벼 直播栽培의 技術的 發展 方向

朴錫洪 · 李哲遠*

Development of Direct Seeded Rice Cultivation in the Future

Seok Hong Park and Chul Won Lee*

ABSTRACT

Recently agricultural situations are being placed in unfavourable socio-economic environment as followed by rapid decrease of rural population, poor labor quality and high wages of rural society due to high speedy industrialization of social structure in Korea. In addition to those circumstances, under the UR system to be expected in the early future, free trade of agricultural products will be faced inevitably in Korea. Practically prices of rice as a principle food in this country are expensive about three times compared to those of foreign rice markets, and so how to increase the international competitiveness and food supplies are important problems to be solved rapidly. Accordingly an urgent goal is reduction of agricultural production cost by the improvement of labour productivity as a labour saving and cost down cultivation methods as the direct seeding cultivation in rice. But there are many problems in the direct seeded rice cultivation. The important things to be improved in that cultivation are development of rice varieties with lodging tolerance, effective seedling stand, weed control, irrigation management and fertilizing and so on. Moreover agricultural basis as irrigation facilities, land consolidation and farm machineries must be improved for the stability of rice cultivation in the future.

緖 言

農事直說에서 種稻條의 벼栽培法에는 무삶이(湛水直播), 건삶이(乾畓直播) 그리고 모종法(移秧法)의 세가지 樣式이 있고, 이것은灌漑, 氣候, 地勢 및 其他 便宜條件에 따라 發達하였으며, 水源이 가깝거나 降水의 時期와 量이 풍부한 곳에서는 무삶이나 모종法이, 그리고 봄에 旱魃이 심한곳에서는 건삶이가 適用되었다.[24]

直播栽培가 成立하는 要件은 氣象, 土地, 經營經濟 및 社會的條件에 따라 다르지만[24,26,27] 우리나라를 포함한 아시아 地域에서 直播栽培보다 移秧栽培가 발달된 理由는, 아시아 모순 地域은 여름철 降水量이 많고, 高溫, 多濕하며 登熟期때 日照가 풍부하여 移秧栽培에 적합했기 때문이다.[24]

乾畓直播栽培는 播種期때 降水量이 적은 지역이나 旱魃對策(朝鮮時代부터 8.15光復까지는 平安道를 중심으로 乾稻法[16,24]이 많이 適用되었고, 南韓에서도 水利施設이 부족했던 1960代까지는 旱魃對策의 一環으로 많은 試驗이 遂行[21]되었음)으로 많이 利用되었으나, 立苗의 不安定, 雜草防除의 어려움, 倒伏의 多發 그리고 收量의 不安定등으로 定着하지 못하였고, 水利施設이 개선된 現在에도 農林水產部의 統計[20]에서 조차 기록되지 않을 정도로 쇠퇴하였다.

湛水直播栽培도 오래된 栽培法이기는 하지만

* 作物試驗場 Crop Experiment Station

播種後 藻類에 의한 피해와 浮苗에 의한 立苗의 不安定, 雜草防除의 어려움, 그리고 出穗期이후의 심한 倒伏 등으로 收量이 不安定하여 발전하지 못하였다.

그러나 최근 우리나라의 農業은 國家產業의 工業化戰略에 따라 農村勞動力의 都市流出에 의한 勞動力의 急激한 減少와 質的低下, 그리고 賃金上昇[20] 등으로 매우 어려운 實情에 놓여 있다.

또한 지금 세계는 自由貿易主義에 입각한 UR 協商이 추진되므로써 農產物의 輸入開放化는 불가피한 國際的인 추세가 되어가고 있고, 國際市場에서의 쌀값은 우리나라의 약 1/3에 불과하여 이에대한 國際競爭力 대응은 시급한 과제가 되고 있다.[22,23,34]

이와 같은 우리의 社會的, 經營經濟的 그리고 國際的 環境要因에 따라 쌀의 勞動生產性 향상에 의한 生產費節減 問題는 시급히 해결해야할 當面課題가 된다. 移秧栽培에서 單位面積當 育苗·移秧作業 投下勞動時間의 점유율은 13~15%[22]이고, 農繁期의 勞力피크 緩和를 위해서는 直播의 安全栽培技術 確立과 보급이 불가피한 실정에 와 있고, 農民이 收量은 多少 減少하여도 勞力이 節減되므로 直播栽培를 하겠다는 意向이 있게되면 直播栽培는 어느 정도 擴大될 展望이다.

물론 우리나라는 經營構造가 영세하고 農地基盤造成이 未備하여 直播栽培의 효율성은 한계가 있을것으로 생각되지만, 이러한 취약점은 政策的으로 해결해야 할 문제이다. 그리고 直播栽培의 安定化를 위해서는 適應品種의 早期開發, 立苗의 安定技術確立, 合理的인 施肥, 雜草의 安定防除, 倒伏防止 그리고 作業機의 開發 및 改良 등 解決해야할 많은 문제가 있다.

따라서 筆者들은 이상과 같은 우리나라 農業·農村의 어려운 실정에 대응하기 위하여 直播栽培의 필요성을 인식하고 이에대한 現況과 問題點을 도출하면서 앞으로의 技術的 發展方向을 檢討하였다.

直播栽培의 成立要件

1. 氣象環境

1) 氣 溫

乾畓直播가 가능한 지역은 年平均氣溫이 12~13℃이상[18,26] 이어야하며, 봄의 氣溫上昇狀態는 地域에 따라 차이가 있으므로 播種期의 氣溫條件을 地域에 따라 잘 검토해야한다.

湛水直播는 물에의한 保溫效果를 기대할 수 있으므로 乾畓直播에 비하여 氣溫이 낮은 地域에서도 導入이 가능하며, 平均氣溫이 8℃이상[18,26]인 곳에서는 實用的 栽培가 될 수 있다. 直播栽培는 出芽·立苗의 촉진이 매우 중요하며 播種期의 수온이 15℃이하가 되면 出芽·立苗가 떨어지고, 水溫은 氣溫보다 3~4℃가 높은것이 보통이므로 日平均氣溫이 11~12℃[18,26]가 되는 시기가 播種의 早限이 된다.

2) 降 雨

乾畓直播에서는 播種直後부터 湛水立苗後 이전의 多雨는 致命的인 惡影響을 미치며 가끔 作況의 성패를 左右한다. 파종기의 降雨로 土壤水分이 과다 하면 碎土, 均平의 精度 低下, 出芽·立苗의 惡化, 除草效果의 저하 등으로 生育·收量에 크게 영향한다.

湛水直播에서 播種期의 降雨는 乾畓直播에서와 같이 큰영향은 없으나, 모그누기 時期와 除草劑處理時期의 降雨는 그 效果를 低下시킨다. 또한 發芽後 立苗가 安定하기 前에 强風이 불면 浮苗가 발생하고, 특히 區劃이 큰 논에서는 그 위험이 매우 크다.

2. 土地條件

乾畓直播는 土壤의 通氣性, 透水性이 좋고, 土壤中의 養分溶脫, 流失이 많아서 지력의 發現도 적으므로 砂質土壤이나 漏水가 심한 논에서는 不適合하다.[2,25,26] 砂壤土나 埴壤土 범위에서 지력이 높고, 乾畓期間의 地下水位가 낮으며, 배수가 좋고 湛水後 漏水가 잘되지 않은 논이 適地이다.[25,26] 또 乾畓期間中에는 주위의 논도 乾畓狀態이고, 用水浸透에 의한 土壤의 多濕이나 冠水가 없어야 하고 湛水期間에는 손쉽게 湛水할 수 있어야 한다.

湛水直播의 土壤條件은 碎土의 精度가 乾畓直播와 같이 요구되지는 않으며 地力維持, 肥效의 維持 發現面에서도 乾畓直播보다 유리하다. 다만 湛水期間이 길어서 土壤의 還元化가 되기 쉬우므로 還元性이 강한 논에서는 障害 發生이 나타날 우려가 있다.

3. 經營經濟的 條件

直播栽培는 本畓 생육기간이 이앙재배에 비하여 길고, 논의 高度利用에 의한 綜合生產性 向上이라는 점에서는 불리하다. 直播栽培의 經營經濟的 관점에서 본 특징은 機械化省力에 의한 經營規模의 擴大, 또는 經營의 複合化에 의해서 소득을 증대하는데 있다고 할 것이다. 그리고 經營의 安定化를 위해서는 作業機의 능률을 높여 作業의 負擔面積을 확대함과 동시에 농기계 비용의 부담을 줄이고, 收量을 향상하여 生產物 收入을 증대시킬 필요가 있다.

直播栽培에 의한 省力化는 겸업의 기회를 많게 하지만 作業의 粗放的 개념으로는 直播栽培는 성립할 수 없다. 移秧栽培와는 다른 直播벼의 生育相에 대응하여 성립한 高度의 기술이므로 이 기술을 사용하여 安定栽培를 하려면 숙련된 기술이 필요하다. 直播栽培를 面積擴大技術로 또는 複合經營成立의 技術로써 살릴 수 있는 것은 專業指向의 농가라고 생각된다.

4. 社會的 條件

最近 우리의 農業은 農業從事者의 他 產業 部門으로의 대량 유출로 인하여 農村勞動力이 크게 不足하고, 勞動賃金도 每年 상승하고 있는 한편 農產物의 生產者價格은 상대적으로 낮아 農家所得은 不安定하고 農家經濟의 압박은 더욱 커지고 있는 실정이다.[12,22,24]

이러한 現實下에서 今後 벼農事의 대책으로는 더욱 省力栽培가 要求된다. 따라서 勞動生產性을 향상하여 쌀 生產費를 감소할 수 있는 直播栽培가 重視되고 있고, 農家에서의 栽培的 관심도 높아지고 있다.

勞動力不足과 兼業의 促進으로 벼農事가 粗放化의 경향을 나타내는 곳이 적지 않으나, 現在의 直播栽培技術 수준은 省略, 粗放栽培가 아니고, 높은 技術水準이 要求되므로 이러한 條件下에서는 直播栽培의 안정 보급은 기대하기 어렵다.

금후 直播栽培가 보급 확대되기 위해서는 直播栽培 자체의 安定性 增大와 收量의 安定化가 실현되어야 하고, 機械移秧栽培의 負擔可能面積을 넘는 規模擴大가 필요하다. 또 機械化 省力에서 생긴 잉여 노력은 반드시 다른 분야에서 이용될 수 있어야 直播栽培의 意義를 살릴 수 있는 것으로 생각된다.

現況과 問題點

1. 農村勞動力 不足과 賃金上昇

우리나라가 高度產業社會로 진입하기 시작한 初期段階인 '70年의 農家人口는 1,442萬名으로 우리나라 總人口의 44.7%를 점하였으나, '91年에는 607萬名으로 總人口의 14.0%로 急減[20]하여 農村勞動力 不足은 매우 심각한 실정이다.

또 農林漁業 就業狀況을 보면 '75年에는 總就業者數의 45.7%이었으나 '91年에는 16.7%로 急減(표 1)[20]하여 農林 漁業 모든 分野에서 노동력이 크게 부족함을 알 수 있고, 그중 女性 就業者 비율은 '75年 42.2%에서 '90年에는 45.5%로 오히려 증가하여 農村勞動力이 婦女化되고 있음을 實感할 수 있다.

더우기 農村勞動力의 老齡化現象은 심화하여 50세 이상의 農林 漁業의 就業者比率은 '75年에 26.4%이었으나 '91年에는 59.5%로 農業勞動이 질적으로 크게 저하하였다(표 1). 이와같이 노동

Table 1. Employment status of farm and fishery workers in korea, 1991.

(unit : 1,000 persons)

Classification	Year				
	'75	'80	'88	'90	'91
A. Total number of employee	11,692	13,683	16,870	18,036	18,576
B. Farm and fishery workers(% to A)	5,339 (45.7)	4,654 (34.0)	3,484 (20.7)	3,292 (18.3)	3,103 (16.7)
C. Above 50-year-old workers of B(% to B)	1,423 (26.7)	1,499 (32.2)	1,699 (48.8)	1,853 (56.3)	3,103 (59.5)
D. Female workers of B(% to B)	2,253 (42.2)	2,039 (43.8)	1,552 (44.5)	1,499 (45.5)	-

Source : Statistical yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries 1991.

Table 2. Changes in wages per day for agricultural and non-agricultural job.

Year	Wages per day(won)		Annual rising ratio	
	Agricultural	Non-agricultural	Agricultural	Non-agricultural
1985	12,971	9,695	9.2	6.1
1987	15,461	10,568	10.1	4.2
1989	21,624	15,162	21.1	23.5
1991	29,040	24,444	13.0	31.7

Source : Korea Statistical year book, Economy Planning Board 1991.
Monthly review, national agricultural cooperative federation 1992.

력의 老齡化는 작업능율이 크게 떨어지고 아울러 새로운 技術의 受容能力不足으로 科學營農의 실현에도 어려움이 따를것으로 보인다.

이와같이 農村勞動力 부족에 부응하여 農村勞賃은 他產業에 比해 크게 상승(표 2)하였을 뿐만 아니라 勞動力 확보가 극히 어려운데 그 심각성이 있다.

2. 經營規模의 零細性

우리나라의 農家 平均 논面積을 주요 쌀生產國과 비교해보면(표 3) 그 零細性을 알 수 있다. 日本은 0.7ha로 韓國과 비슷하지만, 美國은 114ha로 韓國의 163.3倍, 泰國은 7.6倍가 된다. 따라서 韓國은 集約的 農業에 의한 土地生產性은 높일 수 있으나, 勞動生產性 제고에는 매우 불리하다. 뿐만 아니라 農地가 분산되어 있어 作業能率이 낮고 農地의 集團化는 勞動生產性 提高를 위한 중요한 과제로 되어있다.

Table 3. Comparisons of paddy field area per household in the four countries.

(unit : ha)

Nation	Year			
	1972	1977	1982	1987
Korea	0.5	0.6	0.7	0.7
Japan	0.7	0.7	0.7	0.7
U.S.A.	95.5	112.1	114.3	-
Tailand	5.4	5.3	5.3	5.3

Source : Statistics of ministry of Agriculture, Forestry and fishery 1991.
International comparisons of rice farm household(Kamegai 1991).

Table 4. Distribution of rice farms by size in korea.

Size(ha)	No. of rice farms (1,000 household)	Percent (%)
Less than 0.1	14.0	1
0.1-0.2	110.1	7
0.2-0.3	199.3	12
0.3-0.5	390.4	24
0.5-1.0	592.4	36
1.0-1.5	229.4	14
More than 1.5	106.9	6
Total	1,646.3	100

Source : Agricultural census, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Korea 1985.

Table 5. Distribution of U.S. rice farms by size.

Size(ha)	No. of rice farms
Less than 4	11
4- 28	440
28- 57	687
57- 89	897
89-105	416
105-202	2,309
202-405	3,517
405-409	2,530
More than 409	1,206
Total	12,013

Average size of rice farm houshold in U.S. : 82ha
Source : Rice, situation and outlook yearbook, USDA 1991.

또한 韓國의 벼栽培 勞動規模別 農家戶數 分布를 보면(표 4) 0.5ha미만이 44%나 되고, 0.5~1.0ha가 36%, 1.0ha이상이 20%, 1.5ha이상 農家는 6%에 불과하다.

한편 美國은 쌀 輕營農家의 戶當耕地面積이 105ha 미만이 17.0%이고, 202~405ha의 農家比率이 46%, 409ha이상 栽培農家도 1,206戶로서 약 10%나 되어 大型機械化栽培체제로 자연스럽게 발전하였다.

3. 벼 農事의 勞動時間

韓國의 10a當 벼栽培勞動時間은 '70年 128.4時間[20]이었으나 機械化의 진전으로 '90年에는 약 50%(59.4時間)가 단축되었으나 日本의 44時間('90)에 비하면 아직도 단축시킬 可能性이 있다.

Table 6. Changes of the labor hours per 10a for rice cultivation in korea.

Year	Input labor hours(hr.)
1970	128.4
1975	117.6
1980	92.8
1985	85.5
1990	59.4
1991	51.6

Source : Agricultural management report, RDA 1992.

그러나 美國의 약 2~3時間에 비하면 너무나 큰 차이가 있다.

한편 벼栽培方法에 따른 10a當 勞動時間을 보면(표 7)[22] 손移秧 106.3時間에 비하여 中苗機械移秧은 60%, 어린苗 이앙은 57% 그리고 直播栽培는 31%로 단축된다. 즉 直播栽培는 育苗管理 및 移秧作業의 생략으로 크게 단축이 되는 셈이다. 그러나 10a當 投下勞動時間에서 본다면 單一作業에서 刈取乾燥作業이 큰 비중을 차지하므로 이에 대한 機械化 對策이 중요한 과제가 된다.

한편 日本에서 벼 栽培樣式 및 經營規模에 따른 勞動時間을 보면, 直播栽培는 移秧栽培에 비하여 25%를 단축시킬 수 있고(표 8) 經營規模가 커질수록 勞動時間이 크게 단축된다는 것을 알

Table 7. Comparisons of labour hours per 10a for the four rice cultivation methods.

(unit : hour)

Farm Works	Hand transplanting	Machine transplanting of semi-adult seedling	Machine transplanting of infant-seedling	Direct seeding
Rasing seedling	9.0	6.1	3.0	-
Plowing and harrowing	7.0	8.1	8.2	4.6
Seeding	-	-	-	1.7
Transplanting	24.3	8.4	8.4	-
Fertilizing	5.2	4.0	4.0	2.0
Irrigation & protection	21.0	27.1	27.1	18.4
Harvesting	39.8	10.1	10.1	6.4
Total	106.3	63.8	60.8	33.1
(percent)	(100)	(60)	(57)	(31)

Source : Crop Experiment station(1989)

Table 8. Comparisons of labour hours per 10a as followed by rice cultivation methods and farm size in Japan.

Operation	Farm size(a)					
	<30	100-150	200-250	300-400	500<	Average
Machine transplanting						
Preparing seedbed	6.7	7.0	7.3	8.4	6.7	7.2
Plowing and harrowing	14.5	9.8	7.7	6.7	3.1	10.4
Transplanting	11.0	8.1	7.3	8.2	5.5	8.5
Fertilizing, weed control and irrigation	21.7	17.7	15.7	16.8	11.2	19.0
Harvesting and drying	27.8	15.6	12.8	12.3	6.3	18.1
Total	87.1	58.2	50.8	52.4	32.8	63.2
Direct seeding						
Preparing seedbed	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Plowing and harrowing	14.5	9.8	7.7	6.7	3.1	10.4
Seeding	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
Fertilizing, weed control and irrigation	21.7	17.7	15.7	16.8	11.2	19.0
Harvesting and drying	27.8	15.6	12.8	12.3	6.3	18.1
Total	70.1	43.8	36.8	36.8	21.1	48.0

Source : Agricaltural statistics in Japan 1981

수 있다.[37,42] 直播栽培의 경우를 보면 經營規模가 30a未滿에서는 10a當 70時間이 소요되나 200a가 되면 52%로 단축되고, 500a 이상이 되면 30%로 단축이 되는 것을 볼 때 經營規模의 확대는 勞動生産性 向上에 매우 큰 요인이 된다.

4. 直播栽培 現況

과거 水利施設이 미비했던 시기에는 旱害對策으로 直播栽培試驗을 많이 수행[16,21]하였으나 年次에 따른 作況의 변이가 크고, 栽培法의 未確立으로 收量이 불안정하여 보급되지 못하였고, 다만 밭벼가 1,800ha('91) 남아 있다.

그러나 最近 農村人力 不足과 勞賃上昇 그리고 UR對應을 위한 省力栽培 등 農村社會의 與件變化에 따라 直播栽培의 필요성이 확대되고 있다. 따라서 1986年부터 作物試驗場을 중심으로 關係試驗場에서 直播栽培試驗이 再開되어 安定栽培를 위한 여러가지 시험이 遂行되었으며, 農家示範栽培로 '91年에는 약 900ha가 展示栽培되었고, '92年에는 그 3倍가 栽培된 것으로 집계되고 있다.

한편 瑞山干拓地에서는 埋立面積 15,594ha中 農地面積이 10,050ha이며 '86年에는 1,333ha에서 移秧 및 人力直播(표 9)를 하였으나 '87年에는 우리나라에서는 역사상 처음으로 航空直播栽培를 3,267ha에서 실시하였고, '88年에는 5,948ha, 그리고 '91年에는 약 4,000ha에서 栽培하여 先進的 栽培法을 기록하였다. 瑞山干拓地 農場은 아직 熟畓이 되지 않은 광활한 干拓地로 벼栽培에 부적합한 條件下에서 營農이 되므로 單位面積當 生産量은 낮으나('91 正租 300kg/10a內外) 우리나라에서도 航空播種에 의한 省力栽培가 가능하다는 것을 提示한 것이 큰 뜻이 있고, 今後 이 분야의 연구와 技術開發로 國際競爭力을 강화하는데 하나의 技術이 될 수 있는 事例라고 생각된다.

한편 日本의 벼直播栽培 面積의 推移를 보면 (표 10) '74年 약 54천ha를 정점으로 하여 매년 그 보급면적이 감소하였고, '85年에는 약 12천ha, '91年에는 약 7.4ha로 減縮되었다. 이렇게 直播栽培가 보급되지 못한 것은 여러가지 이유가 있겠으나 주된 원인은 크게 省力化된 機械移秧의 安定栽培技術과 動力移秧機의 擴大普及('90年 1,904千台 : 農家 100戶當 65台) 그리고 乾畓直播나 湛水直播 모두 2項에서 언급한 여러가지 문제점이 있어 많은 시험은 遂行하였으나 土地, 氣象條件에 制限을 받고 安定栽培技術確立에도 미흡하

Table 9. Rice cultivation practices of the reclaimed area at seosan in korea.

Item	Year		
	1986	1988	1991
Rice cultivation area (ha)	1,333	5,948	4,000
Cultivars	Seonambyeo, Donginbyeo, Akibare	Seonambyeo, Akibare	Namyangbyeo, Akibare
Seeding date	5.3-6.10	4.29-6.11	4.26-5.28
Seeding rate (kg/ha)	5-6	11-12	10-13
Seeding method	Transplanting, direct seeding by man	Direct seeding by Airplane	Direct seeding by airplane Drill seeding in dry soil
Fertilizer (N-P-K kg/ha)	20-5-6	10-3-4	10-4-7
Salt concentration (%)			
Section A	0.29-0.44	0.32-0.38	
Section B	0.47-0.57	0.28-0.38	

Source : "The status, Problems and Direction for Develoment of Direct seeding in rice cultivation" symposium in RDA (Park and Lee 1989, 1991).

Table 10. Changes on direct seeded rice cultivation area in Japan.

Cultivation method	Year					
	'74	'85	'88	'89	'90	'91
Drill seeding	51,129	9,501	6,601	6,052	5,639	4,945
Water seeding	3,151	2,822	2,587	2,628	2,388	2,495
Total	54,280	12.323	9,188	8,680	8,027	7,440

Note Seeding area on water seeding by airplane in 1991 : 211 ha, Area of water seeding in 1990 : 67ha.

Table 11. Outlooks of cultivation area of direct seeded rice by 2,000 year in Japan.

Location	1991	2000
Hokkaido	×	○
Tohoku	×	△
Kanto, Tosan	×	×
Hokuriku	×	△
Kinki	×	△
Jugoku	×	△
Shigoku	×	△
Kyushu	×	△
Japan	×	△

Note : ×, △, and ○ indicates 0-3%, 3-10%, and 10-30% as direct seeded rice cultivation area respectively.

Source : 21C scenario of agriculture in Japan. Association of statistics in agriculture and forestry, Japan. 1990.

기 때문이다.

또한 日本이 2,000年代 直播栽培와 보급을 전망한 것을 보면(표 11) 營農規模가 비교적 큰 北海道에서 10~30%, 다른 대부분의 地域에서는 3~10%이고, 關東·東山 地域에서는 0~3%로 추정하였다. 이것은 營農規模의 零細와 농지의 분산 그리고 直播栽培에서 制限條件이 많아서 擴大普及이 어렵기 때문인 것으로 推想된다.

한편 美國의 벼 수확 면적은 '89년 현재 1,087천ha이며 대형기계화에 의한 直播栽培로 이루어지고 있고 直播栽培方法은 州에 따라 다소 다르다(표 12)[36]. 캘리포니아와 루이지애나 및 텍사스州에서는 浸種한 種子를 航空湛水直播하고 아칸소州에서는 乾畓細條播와 散播 播種을 主로 한다.

直播栽培를 하는 美國의 米穀(벼) 生産量은 ha 當 全國 平均이 6.4톤('89年)으로 매우 높고, 캘리포니아는 8.9톤, 루이지애나는 5.0톤이다. 美國의 쌀 農事가 시작된 것은 1,600年代初 버지니아州이었고, 이때부터 쌀이 商品으로 生産되기까지에는 75年이 소요되었고(1,686年), 쌀 産地는 比較優位의 원칙에 의해서 最大利益을 낼 수 있는 産地로 移動하였으며, 單位收量이 높고 大型機械化를 할 수 있으며, 排水시스템, 灌漑方法을 改善할 수 있는 平坦地 등의 新天地로 市場競爭을 통해서 發展[36]하였으므로 지금의 直播栽培가 安定化되어 세계에서 가장 높은 土地 및 勞動生産性 國家로 發展된 것으로 생각된다.

5. 直播栽培 樣式에 따른 長短點

1) 乾畓直播栽培

乾畓直播栽培의 장점은 立苗中 灌漑用水가 절약되고, 大型機械化 作業에는 유리하지만, 단점으로서 播種期에 降雨가 있게되면 計劃的인 파종이 어려워 자칫하면 生育의 지연으로 冷害를 받을 우려가 있고, 收量이 不安定한 단점이 있다. 또 雜草防除가 어렵고, 窒素의 流失로 增肥가 필요하다.

乾畓直播時 覆土條件은 出芽 및 出芽日數에 크게 영향하므로 精度높은 覆土를 해야한다. 그림 1에서와 같이 覆土가 깊어질수록 出芽日數가 길어지고 出芽率이 떨어지며 가장 適當한 복토깊이는 2~3cm 정도이다. 移秧栽培에 비하여 乾畓直播는 地表面部位(0~3.3cm 깊이)의 뿌리分布가 60%

Table 12. Rice cultivation practives in America, 1984.

(unit : % of acreage)

Seeding method	Arkansas	California	Louisiana	Mississippi	Texas
Seeded from					
○ Airplanes					
−Flooded land					
· Wet seed	0	94	52	2	9
· Dry seed	0	1	22	2	26
−Dry land	3	2	4	9	30
○ Drill seeders	41	1	16	71	26
○ Broadcast seeders	56	2	6	15	9

Source : U.S. Rice production costs workshop proceedings, 1988 ERS, USDA.

Table 13. The advantage and disadvantage of different cultivation methods of direct seeded rice.

Direct seeding methods	Advantage	Disadvantage
Drill seeding into dry soil	○Saving irrigation water during seedling stage ○Advantageous bulk mechanized operation	○Unstable seedling stand due to different water conditions, especially rainfall ○Difficulty in weed control ○Higher nitrogen loss ○Rats and birds damages before seedling stand
Water seeding	○Thermokeeping irrigated water during seedling emergence ○Advantageous bulk mechanizeed operations, especially, for airplane seeding	○Unstable seedling stand due to floating seedlings and algaes ○Lodging by root distribution on soil surface ○Required much irrigation water ○Rats and birds damages after seeding
Drill seeding into submerged paddy	○Thermokeeping irrigated water during seedlig emergence ○Reducing rice lodging due to seeding into submerged soil ○Reducing the damages by rats and birs	○Necessary a chemical for O_2 supply to rice seeds ○Required a specific machine seeder ○Unstable seedling stand by algaes ○Required much irrigation water

나 되고, 土壤深層의 分布比率이 낮아 倒伏하기 쉽다.(그림 2)[41]

乾畓直播의 播種方法에 따른 쌀 生産性은 散播하는 것 보다는 細條播하는 것이 유리하며(표 14), 灌漑用水가 충분하고 灌排水가 편리한 곳에서는 畦立 細條播가 유리하지만 溝內 灌水를 해야할 불편한 점이 있고, 平面細條播는 播種後 多雨時 배수가 불량할 경우 立苗의 不安定 원인이 될 수 있으므로 배수에 유의해야한다.

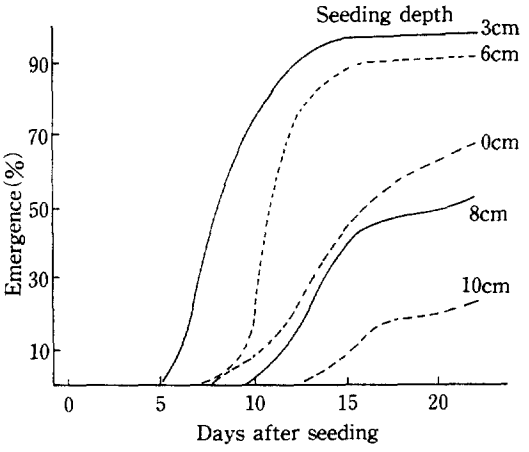

Fig. 1. Changes in Seedling emergence as affected by different seeding depth in direct seeded rice(Miyazaka 1974).

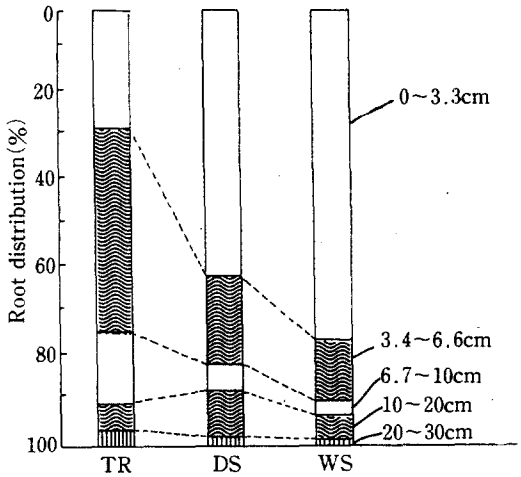

Fig. 2. Root distribution in soil profiles as affected by rice cultivation methods(Miyazaka 1974).
TR : Transplanting WS : Water seeding
DS : Drill seeding in dry soil

2) 湛水表面直播

湛水直播는 出芽時에 물의 保溫效果가 있고, 航空直播와 같은 營農規模가 큰 條件下에서는 유리하다. 湛水表面直播는 播種後 浮苗나 괴불의 발생으로, 立苗가 어렵고(표 13) 특히 뿌리가 表層部位에 많이 (0~3.3cm 土壤層에 약 80% 分布)[41]하여 등숙기간에 强風이 내습하면 倒伏의

Table 14. Yields of direct seeded rice as followed by the different cultvation methods at Milyang, korea (YCES, 1990).

Operating machine	Seeding method	Seeding rate (kg/10a)	Polished rice yield(kg/10a)	Yield index
Power tiller	Rotary after broadcasting	4	448	98
	High ridged broadcasting	6	452	98
Tracter	High ridged drill seeding	4	491	107
	Drill seeding	4	445	97
Machine transplanting		4	495	100

Variety : Palgongbyeo, Seeding date : May 24
Machine transplanting date : June 15
YCES : Yeongnam Crop Experiment Station

피해가 심하다. 湛水直播는 本畓生育期間이 길므로 灌漑用水가 많이 소요되며 播種後 쥐나 鳥類의 피해를 받기 쉽다.

3) 湛水土壤中直播

湛水表面直播에 비하여 土壤中直播는 土中 2~3cm에 播種하므로 뿌리가 土壤下層에 분포하여 도복이 경감되고 鳥類의 피해도 감소된다.

湛水土壤中直播는 土中에 播種되어 酸素不足條件下에서 출아시켜야 하므로 酸素 發生劑인 過酸化칼슘(CaO_2)를 粉衣해야할 불편함과 材料費가 첨가되는 경제적 부담이 증가한다. 그리고 기존 移秧機를 사용할 수 없고 專用播種機를 구입해야 할 資本投資가 필요하다.

앞에서 기술한 바와 같이 湛水土壤中直播는 CaO_2의 粉衣處理로 出芽率 및 立苗率이 향상되고 그 효과는 品種에 따라 차이가 있다(표 15).[34] 湛水下에서 播種된 벼種子는 水中溶存酸素를 이용하여 發芽하고 初期生育期間을 경과하므로 灌漑水의 溶存酸素含量은 發芽 및 立苗에 크게 영향하기 때문이다.

표 15에서 보면 出芽率에서 種子 粉衣한 것이 無處理에 비하여 어느 品種이나 큰 효과가 認定되고 立苗率도 크게 향상된다. 이 試驗結果에서 種子粉衣 處理效果는 秋晴벼, 洛東벼 天摩벼의 順으로 좋았고, 大成벼가 낮은 편이었다. 그러나 今後 種子粉衣處理가 필요치않는 直播栽培用 品種開發이 要望되며 粉衣處理가 필요없는 栽培方法이 개발되어야 할 것이다.

우리나라에서 '92年부터 시험을 시작한 濕潤土作溝直播(假稱)는 앞으로 發展시켜야 할 課題로 생각된다. 日本에서는 이 直播栽培法도 CaO_2粉衣를 하여 播種하는 것을 원칙으로 하고있으나 더 硏究하게 되면 種子粉衣處理를 하지않고 파종가능할 것 같고, 播種溝의 점진적인 埋沒에 의해서 種子가 被覆이 되어 倒伏을 경감시킬 수 있기 때문이다.

그림 3에서 土壤條件에 따른 播種溝埋深의 經時的 變化를 보면, 軟土(錐의 慣入深 11cm) 條件

Table 15. Seedling emergence and stands of direct seeded rice as affected by with and without CaO_2 seed coating under the submerged soil(Park et al 1986).

Variety	Seedling emergence(%)		Seedling stand(%)	
	With CaO_2	Without CaO_2	With CaO_2	Without CaO_2
Cheonmabyeo	43.7	16.3	36.2	13.5
Daeseongbyeo	25.7	8.8	19.4	5.0
Namyangbyeo	32.9	24.0	23.4	17.9
Akibare	75.7	25.6	69.4	23.6
Nagdognbyeo	46.9	18.5	40.6	17.5

Seeding date : May 1 Seeding depth : 3cm

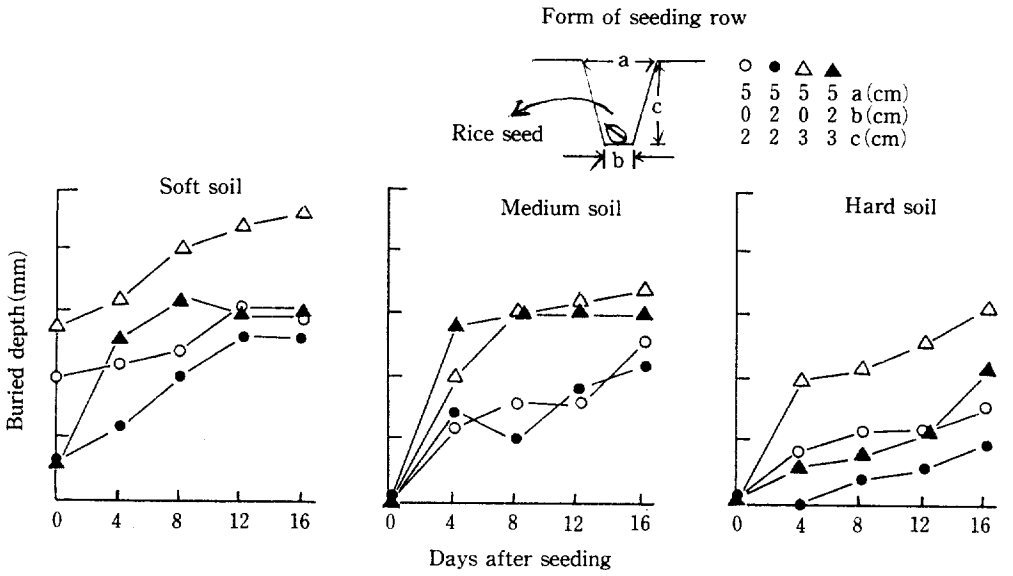

Fig. 3. Changes in the degree of buried soil in three soil hardness after seeding in rice(Shoubash 1988).

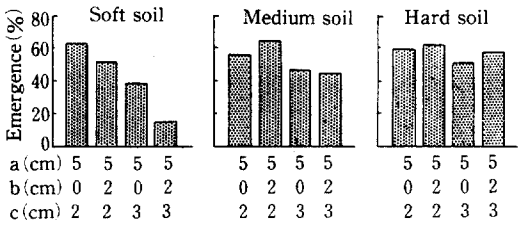

Fig. 4. Changes in Emergence of rice seed as followed by from of seeding row. a, b, c indicates size of form of seeding row in Fig 3. respectively.

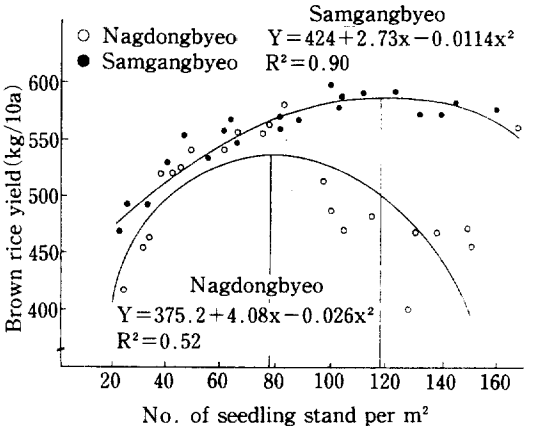

Fig. 5. Relationship between no. of seedling stand per unit area and brown rice yield in direct seeding rice. (Lee et al 1989).

에서는 매몰이 빠르고 埋沒深度도 깊으며, 土壤의 硬度가 강할수록 埋沒日數도 길어지고 埋沒深度도 낮으므로 播種時 土壤의 適正硬度는 播種方法이 중요한 조건이 된다는 것을 알 수 있다.

그리고 土壤條件에 따른 播種溝의 형상과 立苗率 間에는 관계가 깊으며, 그림 4에서와 같이 溝의 形狀은 上幅 5cm, 底幅 2cm, 깊이는 2cm에서 正常立苗率이 높은 것으로 보아 軟土條件 보다는 中~硬土條件(錐의 慣入深度 7.5~5.9)[38]이 좋은 것으로 보인다. 따라서 써레질후 畓面이 굳음 정도를 적당하게 하는 일이 이 直播栽培法의 중요한 기술이라 하겠다.

또한 直播栽培에서는 單位面積當 立苗數의 適正確保가 중요하며 이것은 品種에 따라 그 정도를 달리한다. 分蘖數가 많거나 草型이 直立이 아니고 倒伏하기 쉬운 品種은 單位面積當 適正立苗數가 적은것이 有利하고, 分蘖數가 적고 直立型이며 耐倒伏性인 品種은 많아야 한다. 실제로 그림 5에서 보면 分蘖數가 많고 비교적 잎이 늘어지는 洛東버는 m²當 適正立苗數가 80개 정도이고 莖數가 洛東버보다는 적고 直立型인 三剛버는 120個 정도인 것을 알 수 있다. 따라서 直播栽培適品種은 直立型이라야 한다는 것을 알 수 있다.

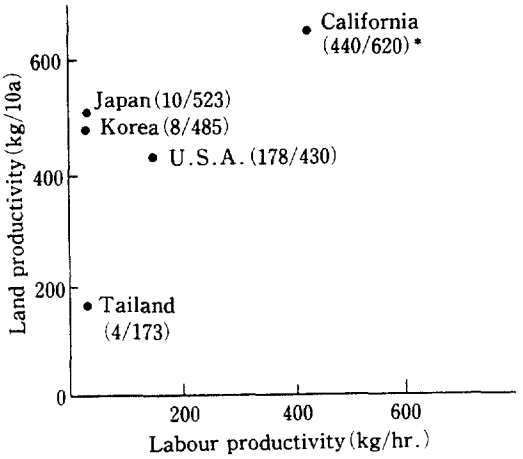

Fig. 6. Relationships between labour productivity and land productivity on the rice cultivation in the four countries(Kamegai 1992).
* indicates productivity(land/labour).

6. 비生産費

앞에서도 기술한 바와 같이 世界는 自由貿易主義에 입각한 UR協商이 推進되면서 농산물의 수입개방화는 불가피한 국제적인 추세가 되어 가고 있어 국제경쟁력 강화를 위해서는 生産費節減이 절실하다.

美國은 쌀이 輸出作物이라는 성격을 갖고 있으므로 국제경쟁력 강화를 하여 海外市場의 유지확대를 도모하는 것이 쌀 産業의 발전을 위해서 중요한 과제가 되고 있다. 美國의 國際競爭力 강화 방안은 기술 진보의 加速化에 의한 生産費節減에 주력하며, 벼 育種目標에도 高品質·多收性에 두어, 近年 그 성과가 나타나 10a當 玄米收量이 '80年의 410kg에서 '89年에는 525kg로 9年間에 28% 증가하여 生産費節減[36]에 크게 공헌하였다.

그림 6에서 쌀主要生産國인 美國을 위시하여

Table 16. Comparisons on rice production costs of korea with those of U.S.A. (unit : ₩)

Item	Korea (A)	U.S.A(B) (in California)	A/B
Intermediate cost[1/]	70,800	46,320	1.53
Hired labour	18,124	7,221	2.51
Self-service labour	63,500	8,403	7.56
Taxes & public charges	1,604	2,971	0.57
Capital service	14,998	12,511	1.20
Land service	191,917	36,215	5.23
Others	2,078	6,671	0.31
Total	360,021	120,312	3.02

1/ Contains seed, fertilizer, pesticide, light and fuel and repair expense.
Source : Korea rural economy institute 1991.

Table 17. Analysis of management expenditures and income per 10a on the transplanted rice and direct seeded rice. (unit : ₩)

Item		Transplanted rice(A)	Direct seeded rice(B)	A-B
Yield(kg/10a)		470	465	△5
Gross profit		566,385	560,360	△ 6,025
Management cost	Fertilizer	15,390	15,390	-
	Agrochemicals	10,687	10,687	-
	Agromachinery	32,602	32,602	-
	Labour	81,624	57,130	△24,494
	Others	18,174	18,174	-
	Total	158,477	133,983	△24,494
Income (Index)		407,908 (100)	426,377 (105)	18,469

Source : Statistical Year books of Agriculture, forestry & Fisheries 1990.
Annual research report of Crop experiment station in 1990.

泰國, 日本 등의 勞動生産性과 土地生産性을 보면,[8] 勞動生産性은 韓國이 8인데 비하여 美國은 178, 日本은 10, 泰國은 4인것을 보면 美國의 높은 勞動生産性을 짐작할 수 있다.

그리고 土地生産性에 있어서도 直播栽培를 하는 美國(특히 캘리포니아州)이 세계 정상 수준을 유지하고 있다는 것은 앞으로 우리의 直播栽培法 發展에 技術導入이 필요하다는것을 제시해주고, 다만 勞動生産性 向上을 위한 經營規模 문제는 美國과의 경쟁이 벅차다는 과제로 남게 된다.

또한 韓美間 쌀 10a當 生産費를 비교해 보면 (표 16) 가장 크게 차이가 나는 費目이 勞力費이며, 다음이 土地用役費이다. 美國의 쌀農事 農家의 평균 논面積은 약 80ha나되고, 栽培技術體系도 大型機械化 一貫作業이며, 播種은 航空直播이므로 10a當 勞動時間이 2~3時間에 불과하여 勞力費가 우리의 약 1/5 밖에 되지않는다. 따라서 우리는 營農規模擴大(매우 어려운 課題이지만)를 점진적으로 발전시키면서, 機械化 一貫作業 體系를 확립해야 할 것이다.

直播栽培의 10a當 經營費와 소득을 보면(표 17) 機械移秧栽培에 비하여 약간의 收量 減少로 粗收益은 떨어지지만, 勞動費의 절감으로 소득은 다소 상승된다. 물론 이 결과는 試驗場의 比較的 安定된 栽培技術로 얻어진 收量을 자료로 하여 분석한 결과이므로, 技術體系가 미흡한 農家에서도 이러한 結果를 얻기에는 아직은 어려운 실정이 아닌가 생각된다.

直播栽培의 技術的 發展方向

'77年 移秧機械가 농가에 보급되기 直前인 '75年의 10a當 벼栽培 勞動投下 時間은 117.6時間이었으나 '90年에는 59.4時間(耕耘, 移秧, 收穫作業의 機械化로)으로 단축되었으며, 單一作業으로 所要勞動時間이 가장 많이 소요되는 移秧作業의 기계화율은 '91年 85%(日本, 臺灣 97%)로 移秧作業에 의한 勞動時間 단축은 한계에 와 있는 것 같다. 따라서 農作業의 省力化 方向은 育苗·移秧을 생략하는 直播栽培의 보급이라고 생각할 수 있다. 그러나 直播栽培는 移秧栽培에 비하여 成立條件이 複雜하며, 氣象, 土地, 經營經濟 및 社會的 條件에 따라 영향을 받는다. 특히 우리나라와 같이 土地基盤整備의 미비와 營農規模의 零細性은 直播栽培의 가장 큰 잇점인 機械化作業의 능률 향상에 障害 要因이 된다.

또한 直播栽培의 문제점은 適品種의 未具備, 出芽·立苗의 不安定, 雜草防除體系(特히 乾畓直播)의 未確立, 倒伏의 多發 등을 들 수 있으며 이에 대한 技術體系確立이 되지 못하면 安定生産을 기대할 수 없다.

따라서 前述한 문제점을 考慮하면서 今後 發展方案을 검토하기로 한다.

1. 土地基盤의 整備

直播栽培에서 機械化作業의 능률과 精度를 향상시키기 위해서는 무엇보다 土地基盤造成이 전제되어야 한다. 政府는 2,001年까지 논 100萬ha를 耕地整理할 계획으로 있고,[12] '91年까지 1段階 耕地對象面積 706千ha에 對比 85%인 599千ha의 논이 耕地整理가 완료되었다.[20] 現在까지의 耕地整理는 1,200坪 規模筆地로 경운기를 위주로 한 耕地整理가 되어있는데 이를 대형트랙터 위주의 大規模耕地筆地 즉 3,000~9,000坪 규모로 再

Table 18. The effect of farm mechanization as affected by land consolidation and field condition.

Farm size of mechanized farming group(ha)	Land consolidation (%)	Degree of difficulty of tracter operation			
		Direct1/	Indirect2/	Impoossible3/	Total
Less than 10	74.8	65.5	24.8	9.7	100
10-20	82.3	80.2	18.2	1.6	100
More than 30	89.6	74.7	20.8	4.5	100
Average	91.3	71.5	24.6	3.9	100

Source : Study on the costing hiring work of farm machinery and their cooperative utilization system RDA 1991.

1/ Entering from farm road directly.
2/ Entering through the other field.
3/ Impossible entering to field.

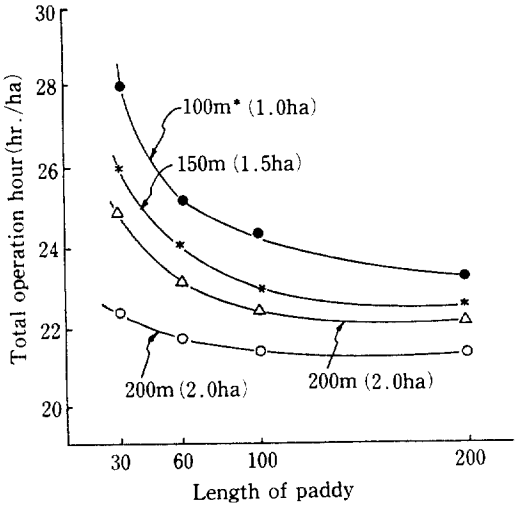

Fig. 7. Relationships between paddy size and total operation hour in rice cultivation (Kawazaki 1990).
* Fixed length of paddy.

整備할 계획을 세우고 있다.[12]

그런데 營農條件이 좋은 營農團地에서의 耕地整理率 및 農機械進入 難易度를 調査(표 19)[4]한 結果를 보면 83.4%가 耕地整理는 되어있지만, 트랙터의 圃場進入 難易度에서, 농로에서 直接進入 可能이 73.9%, 他人耕地經由進入 가능이 21.3%나 되며 進入不可能이 4.8%나 되어 大型農機械가 自由스럽게 드나들 수 있는 農路가 정비되어야 한다.

日本에서 시험한 圃場區劃形狀과 總作業時間과의 關係(그림 7)를 보면 가장 效率的으로 작업할 수 있는 形狀은 100×200m(2ha)이었다. 따라서 耕地整理 筆地의 규모와 형상에 따라 作業能率에 차이가 있으므로 이에 대한 합리적인 검토가 필요하다고 생각된다.

2. 作業機의 開發·改良

直播栽培는 作業機의 開發이 併行되어야 한다. '90年부터 乾畓直播에서 試驗栽培하고 있는 麥類細條播機는 作業能率이 좋고 精度높은 作業을 할 수 있어 벼直播栽培에서도 좋은 評을 받고 있다.

3. 適品種 育成

直播栽培는 移秧栽培보다 本畓占有期間이 길고, 播種時期에는 低溫으로 出芽·立苗에 요하는

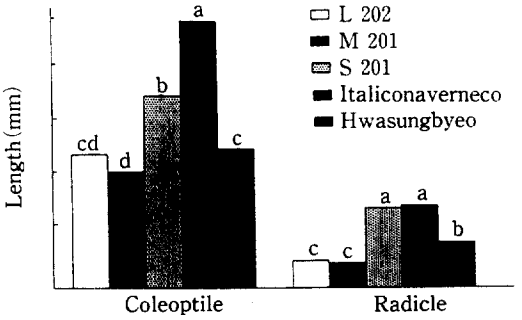

Fig. 8. Length of the coleoptile and the radicle of 5 rice cultivars 4 days after water seeding at 25℃. Bars labeled with a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. (LEE 1992).

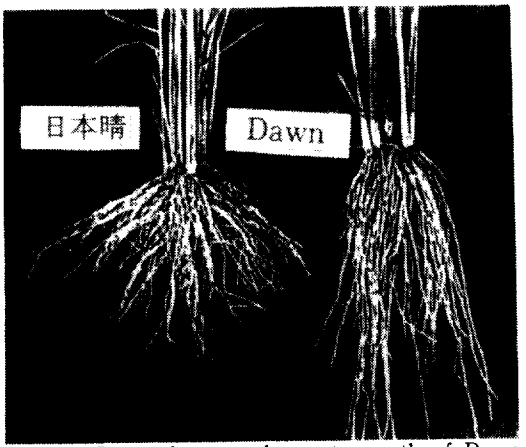

Fig. 9. Comparison on the root growth of Dawn and Nihonbare in rice (Takida 1983).

日數가 길므로 立苗의 不安定 雜草의 多發, 倒伏이나 縞葉枯病의 발생의 우려가 있다. 현재 국내에서 육성된 품종은 直播栽培用 품종으로 육성되지 아니하였으므로 直播栽培에 적합하다고는 할 수 없다.

直播栽培 適應品種 開發目標는 少蘖(4~5個)種重型草型, 短期生育性(80~100日), 低溫發芽(出芽)性과 初期伸長性이 좋고, 短稈 直立(葉)耐倒伏性 그리고 良質 耐病蟲性이라 할 수 있다.

直播栽培는 土中에서 出芽되므로 初期伸長性은 중요한 특성이 되며, Italiconaverneco品種은 鞘葉伸長이 빠르고 鞘葉長이 길며, 種子根長도 길어 直播栽培에 有利한 形質이므로 이 品種의 遺傳因子의 導入育種은 有望視된다(그림 8).

直播栽培는 種子가 土壤의 表層에 파종될 경우 뿌리의 地際部의 支持力이 약하므로 벼의 地際部

에서 부터 쓰러지는 현상이 있다. 따라서 根系의 發達狀態가 倒伏의 큰 원인이 되므로 根系의 形態에 의한 선발은 중요하다고 생각된다. 그림 9에서 보면 Dawn品種은 日本晴에 비하여 深根性이므로 耐倒伏性 形態를 갖은 특성이 되므로 耐倒伏性 品種 선발에 하나의 지표가 될 수 있을 것이다.

4. 安定管理技術의 確立

出芽 및 立苗의 安定化는 直播栽培에서 중요한 과제가 되므로 이에 대한 연구가 수행되어야하며, 土壤 中 直播栽培는 原則的(日本에서)으로 過酸化칼슘(CaO_2)를 種子粉衣하고 있으나 이 處理를 하지 않고도 出芽·立苗를 향상시킬 수 있는 技術開發이 遂行되어야 한다. 南部地方에서는 麥後作으로도 導入될 경우를 고려하여 目標立苗率 確保方法을 究明하여야 할 것이다.

栽培管理技術에서는 施肥法 및 물管理方法에 대해서, 地域에 따른 栽培條件이나, 立苗數에 따른 기준이 설정되어야 하고, 施肥法은 緩效性肥料나 側條施肥法을 활용한 省力施肥의 확립도 필요할 것으로 생각된다. 물管理는 모 그누기를 포함하여 初期 물管理法의 확립과, 中期에 있어서 물管理에 의한 生育調整이나 뿌리의 活力維持 등 일관된 물管理 技術 확립이 되어야 한다.

參考로 日本 山形縣에서 湛水直播栽培의 生育指標를 제시한 내용을 보면 표 19와 같다.

Table 19. Guide posts for growth pattern on direct seeded rice in submerged paddy.
(Yoneno 1988)

Chassification	Tarket
Brown rice yield(kg/10a)	660
Seedling emergence	Within 10 days After seeding
Seedling stand ratio(%)	65-70
No. of seedling per m^2	90-120
No. of maximum tillering per m^2	650-700
Effective tillering ratio(%)	70
Flowering date	August 8
No. of panicle per m^2	450-500
No. of spikelets per panicle	80-90
Ripened grain ratio(%)	70
1000 grain weight(brown rice)	21-22

5. 雜草防除의 安定化

乾畓直播의 雜草防除 요점은 乾畓期間의 제초이며 湛水後의 제초는 移秧栽培에 준하면 된다. 除草體系는 播種前處理→播種直後處理→乾畓期間 生育期處理→湛水後處理의 組合이 있으나 雜草의 發生量이나 除草效果의 發現정도에 따라 이중에서 省略할 수도 있다. 파종직후 처리를 잘하게 되면 乾畓期間의 生育期處理를 생략할 수 있으며 湛水後處理와 2回 處理로 마칠 수도 있다. 雜草防除에 대한 구체적인 내용은 별도의 課題에서 발표하므로 여기에서는 省略하기로 한다.

6. 今後 技術開發 課題

1) 乾畓 畦立(平畦) 細條播

트랙터付着 麥類細條播機를 사용하여 파종하며 出芽 立苗가 비교적 좋고 省力效果도 크다. 直播栽培는 氣象, 土地條件에 따라 크게 영향을 받으므로 畦立 또는 平畦細條播의 選擇은 地域 및 灌漑用水의 便宜조건에 따라 결정해야 할 것이다. 畦立細條播는 도랑에 관수를 하므로 出芽·立苗에는 유리하나 도랑에 灌漑해야하는 불편함이 있다. 平畦細條播는 播種後 多雨時는 排水不良으로 立苗가 不安定하므로 이에 대한 對策이 필요하다. 또 乾畓直播는 雜草防除體系 確立이 우선 과제이므로 이에 대한 연구가 시급하다.

今後에는 乾畓點播機의 개발로 點播體系도 검토할 필요가 있다. 日本에서 乾畓直播는 點播가 80%[28]를 점유하고 있으며 點播는 覆土된 흙을 밀어올리는 힘이 커서 出芽·立苗에 유리하다.

2) 濕潤土作溝直播(假稱)

'92年부터 泥土湛水直播, 潤土直播, 湛水直播 등으로 名稱(日本은 湛水溝付直播)하여 試驗하고 있으나 名稱은 統一이 되어야 할 것이다. 乘用移秧機에 作溝機를 부착하여 2cm 정도의 깊이로 골을 타고 種子를 播種하여 覆土하지 않고 播種後 灌水에 의해서 서서히 골이 崩壞되면서 覆土가 되므로 도복이 경감된다. 土壤中直播와 같이 種子粉衣處理(過酸化石灰)를 하지 않고 出芽·立苗를 向上시킬 수 있는 播種方法으로 발전시킬 가능성도 있다. 湛水直播는 乾畓直播에 비하여 藥劑에 의한 雜草防除가 쉬우므로 이 直播法은 出芽·立苗에 유리하고, 倒伏이 輕減되며 安定栽培化 할 수 있는 技術體系로 發展시킬 수 있는 전망이 큰 것으로 생각된다.

3) 潤土直播栽培

써레질후 排水하고 土壤條件에 따라 1~3日 논을 굳힌後 動力移秧機에 播種裝置를 裝着하여 播

種하는 方法이다. 日本에서는 CaO_2 種子處理를 하여 播種하고 있으나 불편하므로 이 處理를 하지않고도 出芽·立芽가 安定한 栽培法으로 발전시킬 필요가 있고, 土壤表面에 播種이 되므로 물管理方法에 의한 浮苗의 방지 및 倒伏輕減 技術對策이 確立되어야 한다.

4) 미스트機(農藥撒布機)利用湛水直播

湛水表面直播時 미스트機(農藥撒布機를 改良)로 種子를 산파하는 방법이다. 이것은 專用播種機를 구입하지 않고 小規模直播栽培에서는 이용할 수 있다. 그러나 大規模營農에서 利用效率이 떨어지고 均一 播種에는 숙련이 필요하고 强風時에는 播種이 어려운 短點이 있다.

5) 로-러 鎭壓 乾畓直播栽培

耕耘機 로-러鎭壓 播種機로 點播하며 비가 온(15~20mm/日정도) 다음날에 播種하면 出芽·立苗에 유리하다.다만 專用播種機의 開發(日本에서 開發 試驗中)과 購入費用이 소요되는 경제적 부담이 있으며, 排水施設이 불량한 논에서는 適用하기 어려운점이 있다.

6) 無耕耘直播栽培

無耕耘直播는 耕耘直播에 비하여 研究結果가 거의없고, 解決해야할 점이 많다. 이 體系는 降雨에 의한 作業制約이 적고 各種作業을 계획적으로 수행할 수 있어 播種·收穫期의 일실이 적다.

無耕耘土壤에서는 通氣性, 透水性이 적으므로 肥料의 溶脫, 유실이 많고, 肥效의 持續性이 짧다. 이 栽培法을 해결해야 할 문제점은 ① 地力維持對策과 省力施肥法의 確立 ② 播種前 雜草의 安定省力防除法確立 ③ 高性能 播種機開發 ④ 지대별 安定栽培技術確立 등 이라고 할 수 있다.

7) 有人航空機 直播栽培

航空直播는 勞動生產性이 높고, 생산비도 절약되는 播種方法이기는 하지만, 航空機의 高價와 專門操縱技術者의 필요, 營農規模의 擴大, 경지의 집단화 등 問題點이 많으므로 우리나라에서의 普及은 長期計劃에 의해서 研究發展되어야 할 것이다.

우리나라에서는 '87年에 歷史上 처음으로 瑞山干拓地(3의 4항 參考)에서 3,267ha의 면적에 航空直播를 하였으나, 品種 및 栽培技術 未確立과 干拓地라는 土壤 環境不良으로 安定栽培에 어려움이 있으며 '91年에도 10a當 벼 生產量이 300kg 內外에 불과하였다(航空直播栽培의 技術的 內容은 여기에서는 언급하지 않기로함). 특히 航空直播에서는 圃場의 均地作業, 出芽·立苗의 安定化, 雜草防除, 물管理 등이 發展시켜야 할 연구과제가 된다.

8) 無人航空直播

지금 農村振興廳에서는 特定研究課題로 無人播種航空機開發(大宇重工業에 의뢰)에 착수하여 成功段階에 있는 것으로 알고있다.

日本에서는 이미 개발하여 '92年부터 農家圃場에서 實用化試驗(播種 및 農藥撒布)을 하고 있으며, 有人航空機에 비하여 低價이고, 事故時 人命 및 經濟的 손실이 적고, 小規模圃場에서도 이용이 可能하고 操作이 簡便하여 發展될 展望이 크다. 現在 保有機體數는 123台이고 操作 要員은 561名으로 알려져 있다.

現在 開發된 無人機의 문제점은 種子搭載重量이 적어(搭載可能種子量 15kg정도) 離着陸 횟수가 많고, 氣象不順時 計劃作業이 어려우며, 事故發生時 經濟的 損失이 크다는 것이다(臺當價格 : 약 650萬엔).

그러나 우리도 長期目標로 無人航空機가 開發될 것을 전제로 栽培法技術을 早期에 확립해야 할 것으로 생각된다. 특히 出芽·立苗의 安定化(湛水表面直播가 되지만 CaO_2粉衣로 土中에 浸入되므로 CaO_2의 種子粉衣의 使用方法 등) 倒伏輕減 對策, 雜草防除體系 등 이며 이것은 有人航空直播에서도 같은 課題가 된다.

結論 및 提言

우리의 農業은 國內的으로는 국가의 공업화전략에 따라 農村勞動力의 대량유출로 農村勞動力이 크게 부족하고, 質的으로도 老齡化, 婦女化가 되었고 임금도 크게 상승하였다. 國際的으로는 UR協商 추진으로 農產物의 輸入開放化는 불가피한 실정에 있고, 國際 쌀값은 우리의 1/3에 불과하다.

土地生產性은 경지가 영세하여 集約栽培로 세계적으로 높은 수준에 있으나, 勞動生產性은 相對的으로 낮아 國際競爭力이 매우 취약한 실정이어서 生產費節減 대책은 중요한 과제가 되며, 育苗와 移秧作業이 생략되는 直播栽培는 신중히 검토되어야 할 단계에 와 있다.

直播栽培는 옛날부터 遂行은 되었으나 이것은

氣象, 土地條件의 制限을 크게받고, 栽培技術도 確立되지 못하여 作況의 不安定, 年次 變異가 커서 한발 대책의 一環으로 이용되었을 뿐 정착되지 못하였고, 直播栽培面積은 農林統計에도 게재할 정도가 되지 못하고 있다('91 밭벼面積 : 1,800ha).

위에서와 같이 國內外의 環境變化에 따라 直播栽培의 당위성은 인식하고 있지만, 農家戶當 논의 營農規模가 약 0.7ha에 불과한 우리의 실정에서는 農家의 所得安定이 전제되어야 하므로, 充分한 연구결과에 의한 安定栽培技術을 확립하여 適地에 제한 보급이 되어야 할 것으로 생각된다.

다음에 直播栽培의 문제점을 생각하면서 今後 發展 課題를 提示하면 다음과 같다.

첫째, 機械化作業의 능률과 精度 向上을 위해서 土地基盤의 조속한 정비와 필지당 面積規模 및 形狀의 適正化 그리고 分散筆地의 集團化가 되어야 한다.

둘째, 直播栽培는 省力機械化가 前提되기 때문에 作業機의 開發이 시급하며, 이의 개발은 農機械製作技術者와 벼栽培技術者가 공동으로 개발할 수 있는 共同研究體制가 되어야 한다.

셋째, 지금 普及되고 있는 벼 品種은 移秧栽培 目標로 育成되어 直播栽培에는 適應性이 낮으므로, 直播栽培 適應品種은 少蘖, 穗重型, 短期生育性, 低溫發芽(出芽)性, 初期伸長性이며, 短稈直立, 耐倒伏性 그리고 耐病蟲性 등 安定性 形質을 지닌 良質品種이 育成되어야 한다.

넷째, 直播栽培의 成·敗는 出芽 및 立苗의 안정화에 있으므로 氣象, 土地條件(특히 乾畓直播)을 고려한 立苗 技術이 확립되어야 하고, 施肥, 물管理에 의한 倒伏輕減對策技術도 體系化되어야 한다.

다섯째, 乾畓直播栽培에서는 특히 雜草發生에 의한 피해가 크고 防除技術이 미비한 현실이므로 耕種 및 藥劑防除를 併用한 방제체계가 확립되어야 한다. 湛水直播에서는 省力을 위하여 日本에서 開發中인 Jumbo劑 開發도 檢討할 필요가 있다.

여섯째, 今後 기술적인 開發 課題는 乾畓直播에서는 트랙터 부착 細條播를 中心으로 綜合的인 安定栽培技術體系 確立이 이루어져야 할 것으로 생각되며, 또한 로러鎭壓 乾畓直播, 無耕耘直播도 檢討되어야 할 課題이다.

湛水直播는 營農規模가 영세한 우리나라 條件下에서는 濕潤土作溝直播(假稱)를 중심으로 體系的인 栽培技術體系를 確立하는 것이 出芽·立苗가 안정되고 倒伏이 輕減되며 雜草防除가 乾畓直播에 비하여 效果的이다.

航空直播는 營農規模擴大가 前提되어야 하므로 이것의 政策的인 對應策이 있어야하고, 有人, 無人航空機를 開發하면서 栽培技術確立이 우선되어야 한다. 航空直播는 湛水表面直播가 되므로 過酸化石灰의 種子粉衣處理와 無處理에 의한 倒伏輕減技術對策도 검토되어야 한다.

引 用 文 獻

1. 天野高久 等. 1988. 北海道における水稻の湛水土中直播栽培, 農及園 63(5) : 603-614.
2. 富民協會. 1983. 低コスト 稻作の新技術, 東京, pp.4-91.
3. 蔡濟天. 1983. 水稻의 直播栽培技術, 韓國農業 技術史, 한국농업기술사발간위원회, pp. 226-230.
4. 崔圭洪 等. 1991. 農機械賃作業 및 共同利用類型分析, 農振廳, pp.1-93.
5. 堀口健浩. 1988. 岡山平坦農村の 大規模經營における 水稻直播の 成立條件. 東京農大農學集報 33(2) : 156-170.
6. 作物試驗場. 1991. 벼 乾畓直播栽培의 新技術.
7. 全國農業協同組合聯合會. 1985. ここまできた 低コスト 稻作, 富民協會, 東京. pp. 223-281.
8. 龜谷是·堀田忠夫. 1991. 米產業の 國際比較, 養賢堂, 東京.
9. 姜正一 等. 1990. 機械化營農團의 效率的인 管理 및 育成方向, 한국농촌경제연구원, pp. 8-24.
10. 川崎 健. 1989. 大區劃畓의 區劃整備와 機械化 技術課題, 21世紀를 向한 日本의 農業機械化, 農振廳. pp.69-88.
11. 木村勝一. 1990. 水稻直播栽培における 超省力 作業技術の 開發, 東北農業研究 43, pp. 93-94.
12. 金榮鎭. 1991. 韓國農業 및 農村問題와 綜合的 對應方案, '91農業科學심포지움 pp.3-19.

13. 甲田 齊. 1985. 水稻乾田直播栽培の 特性と 大規模稻作經營の 課題, 岡山農試研究報告 5 : 37-46.
14. 小林廣美 等. 1971. 生育からみた 湛水直播 水稻の 安定多收の條件, 中國農試報告 A卷 19號 : 1-19.
15. 小林 陽. 1990. 新稻育種講座 16, 機械化栽培 適應農業技術 45(4) : 186-189.
16. 李殷雄 等. 1986. 四訂 水稻作, 鄕文社, 서울 pp.293-297.
17. Mahesh P.Janoria. 1990. Ideotyping rice and breeding of the first protype for direct seeding, Special seminar, IRRI.
18. 宮坂 昭 編著. 1973. イネの直播栽培, 農山漁村文化協會, 東京.
19. 中村喜彰. 1984. 低コスト 增收の 米作り, 湛水土壤中 直播栽培, 家の光 協會. 東京.
20. 農林水產部. 1992. 農林水產主要統計.
21. 農村振興廳. 1983. 農作物旱害對策 試驗成績書 pp.97-228.
22. 農村振興廳. 1990. 農產物輸入開放에 따른 技術 對應方案, 收入開放對策 32, pp44-51.
23. 農村振興廳. 1991. 벼생력재배기술, 표준영농교본 76 pp.118-181.
24. 農村振興廳. 1992. 벼省力機械化栽培의 理論과 實際 pp.256-310.
25. 農業研究センター. 1991. 水田利用高度化のための高品質, 高收量 畑作物の 開發と 高位安定生產技術の 確立, 稻作會部 pp.25-86.
26. 農山漁村文化協會. 1981. イネ栽培技術の 基本(II) : 417-483.
27. 農山漁村文化協會. 1984. 農業技術大系, 作物編 2. pp335-402.
28. 農山漁村文化協會. 1990. 稻作大百科, pp35-36, 205-212.
29. 農林水產技術情報協會. 1985. 低コスト 米麥生產技術 モデル 適用. pp.1-322.
30. 農林水產技術情報協會. 1991. 日本農業の技術開發戰略 第2卷 pp1-25.
31. 農林水產航空協會. 1991. 航空播種による 水稻湛水 土壤中直播栽培 試驗成績書 1-247.
32. 大塚一雄. 1990. ヘリコプター利用による 水稻の 散播湛水栽培, 今月の農業 2月號 : 34-41.
33. 朴錫洪・李善龍. 1988. 벼生產費節減栽培技術, '88 農振廳 심포지엄 pp37-48.
34. 朴錫洪・李哲遠. 1989. 水稻直播栽培의 現況및 問題點과 發展方向, '89 農振廳 심포지엄 7 : 17-29.
35. 朴錫洪. 1991. 農村勞動力不足에 따른 벼營農의 機械化對策, 韓國農村問題研究所, 農漁村 研究 第2輯 pp67-81.
36. Randell K. Smith. 1990. The Market Structure of the U.S. rice industry, University of Arkansas Bulletine 921.
37. 世古晴美 等. 1988. 兵庫縣における 水稻湛水土中 直播栽培研究の 現況と 今後の 普及性, 農業技術 43(7) : 305-309.
38. 諸稿準之助. 1988. 水稻湛水溝付 直播法の出芽, 苗立ちに關する 研究, 第4報. 種子籾の採種方法と 出芽 苗立ち, 日作記(別號) : 227-278.
39. Shouichi Yoshida. 1981. Fundamentals of rice Crop science, IRRI.
40. 田中孝幸. 1989. 水稻湛水土中直播栽培における 最近の動向(3)-栽培技術の 現況と問題點 農業技術 44(6) : 258-261.
41. 瀧田 正・櫛淵欽也. 1983. 直播栽培適用型水稻品種育成における 根の太さの 選拔の意義と 選拔法, 農業研究 センター研報 1號 : 1-8.
42. 東北農業試驗場. 1988. 東北の低コスト 稻作, pp.9-250.
43. 角田公正 監修. 1983. 稻作コスト 低減の 指針, 高民協會, 東京.
44. 鷲尾 養. 1989. 水稻土中直播栽培法における最近の動向(1)-栽培技術の 成立經過と 現況, 農業技術 44(4) : 150-153.
45. 渡部富男. 1988. 湛水土中直播栽培における出芽, 苗立ちの 安定化技術, 農業技術 43(7) : 310-314.
46. 山本隆一. 1990. 水稻直播栽培用 品種開發の道標, 農業技術 45(9) : 385-391.
47. 吉田 博. 1980. 農業 生產共同組織論, 農林統計協會, 東京 pp.97-116, 156-174.