

水稻의 乾物生産 및 配分の 數理的 研究**

Ⅲ. 栽植密度에 따른 部位別 乾物配分

趙東三* · 鄭丞根* · 許 燁* · 陸昌洙*

Quantitative Analysis of Dry Matter Production and its Partition in Rice*

Ⅲ. Partitioning of Dry Matter Affected by Planting Density

Dong Sam Cho*, Seung Keun Jong*, Hoon Heo* and Chang Soo Yuk*

ABSTRACT: In developing dynamic growth model of a crop, it is important to estimate accurate dry matter partition to different parts of crop plants. Two rice varieties, Samkang and Chucheong, were transplanted with three planting densities of 72, 90 and 120 hills per 3.3m² on May 30 and June 15 in 1988 to study the effect of planting density on dry matter partition in rice plants. Total dry weight per square meter of two varieties in May 30 transplanting were greater than those in June 15 transplanting. Total dry weights were increased as planting density was increased. The response of dry weights of different parts of rice plants per hill were decreased as the density was increased. Although the difference in dry weights of leaf blade and stem and sheath between two varieties was not great, greater ear weight of Samkang resulted in greater total dry weight than that of Chucheong. Despite of transplantin date and planting density on dry weights, the ratio of dry matter partition to different parts of rice plants at a certain growth stage remained constant. Estimated dry weights of different parts at two stages of growth based on average ratio of dry matter partition over two transplantation dates and planting densities agreed well with those observed.

水稻의 生長模型 개발을 위해서는 각종 栽培條件의 변화에 따라 水稻의 乾物生産과 部位別 乾物의 配分이 어떻게 달라지는가를 보다 정확히 推定할 수 있어야 한다.

일반적으로 水稻의 總乾物生産量은 栽培時期나 栽培條件의 영향을 크게 받지만 각 部位別 乾物의 配分率은 비교적 일정한 경향을 보이는 것으로 보고되고 있다. 崔³⁾는 栽培時期가 늦어질수록 總乾物生産量이 적어지며 각 기관별 乾物의 配分率은 品種과 栽培時期를 막론하고 생육초기에는 根重과 葉鞘의 비율이 높고 시기가 경과됨에 따라 根重은 감소하고 葉鞘重의 비율이 높아지며 移秧期에는 葉身重比率이 높아지고 出穗期에는 葉鞘重의 비율이 다시 높아지다가 成熟期에는 이삭重의 비율이 전체 중량

의 50% 이상을 차지한다고 하였다. 趙 등¹⁾도 移秧期가 늦어질 수록 總乾物重이 저하하는데 특히 6월 1일 이후의 移秧에서 그 정도가 심하다고 하였다. 또한 葉鞘와 稈의 乾物配分率은 移秧後 60~70일까지는 계속하여 증가하다가 出穗後에는 저하하여 收穫期에는 27~33%였으며, 葉身の 乾物配分率은 移秧後 계속 저하하여 收穫期에는 11~17%로 낮아졌으며, 이삭의 乾物配分率은 出穗後부터 급격히 증가하여 52~62%에 달하였다고 하였다. 崔 등³⁾도 유사한 결과를 보고한 바 있다.

金과 李⁵⁾ 그리고 李와 賚⁷⁾은 栽植密度가 증가될수록 단위면적당 葉面積, 葉重 그리고 葉鞘重이 증가한다고 하였다. Yamada 등¹⁰⁾은 3.3 m² 당 本數를 180개로 일정하게 하고 株數를 15~180주

* 忠北大學校 農科大學 (College of Agriculture, Chungbuk National Univ., Cheongju 360-763, Korea).

** 本 研究는 1987-'89年度 文教部 學術研究助成費에 의하여 遂行된 것임. <'90. 6. 29 接受>

로 移秧하였을 때 密植할 수록 同化部分에 대한 非同化部分의 비율이 높아지고, 出穗期 이전의 乾物生産에 대한 出穗期 이후의 乾物生産 비율이 감소된다고 보고한 바 있다. 栽植密度가 높아지면 葉面積指數가 커지므로 光合成이 증가하지만, 生育後期로 갈수록 群落内の 相互遮蔽 때문에 下層葉은 補償點 이하의 光條件이 되어 고사하여 葉面積이 일정한 수준으로 유지되므로 密植할 수록 非光合成 부분의 비율이 높아진다고 한다.^{7,9)} Heemst⁴⁾는 감자의 경우 환경조건이나 재배관리의 차이가 乾物の 配分樣式에 미치는 영향이 적지만 品種間의 乾物配分樣式은 서로 다르기 때문에 生長豫測에서는 品種別 특성이 분명히 밝혀져야 한다고 하였다.

本 研究에서는 栽植密度를 달리하여 水稻를 栽培하였을 때 生産된 乾物의 部位別 配分比率이 어떠한 影響을 받는가를 檢討하므로써 水稻의 生長模型 開發에 필요한 基礎資料를 얻고자 하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1988 년에 統一系의 三剛벼와 一般系 Samkang

의 秋晴벼를 供試하여 실시하였다. 栽植密度는 3.3 m²당 72주(30×15cm), 90주(30×12cm) 및 120주(30×9cm)의 세 수준이었으며 忠北農村振興院 畜作圃場에 5월 30일과 6월 15일에 40일묘를 1株3本씩 移秧하였다. 施肥는 N-P₂O₅-K₂O를 三剛벼는 15-9-11 kg/10 a, 秋晴벼는 12-7-8 kg/10 a의 비율로 尿素, 溶過燐 및 鹽化加里로 施用하였는데, N의 50%와 P₂O₅ 및 K₂O는 基肥로, 그리고 N의 50%는 2회 追肥로 施用하였다. 試驗區配置는 移秧期別로 品種을 主區, 그리고 栽植密度를 細區로 한 分割區配置 3反復으로 하였다.

乾物의 部位別 配分率을 조사하기 위하여 出穗前 20일과 出穗期에 試驗區別로 5개체씩 標本으로 採取한 후 葉身, 葉鞘와 稈 및 이삭으로 구분하여 80℃의 乾燥器에서 48시간 乾燥한 다음 乾物重을 秤量하였다. 統計分析은 單位面積當 乾物重 및 株當 乾物重을 이용하여 실시하였다.

結果 및 考察

移秧期別 栽植密度에 따른 部位別 乾物重의 變化는 그림 1과 같다. 供試品種 모두 出穗 20일 전

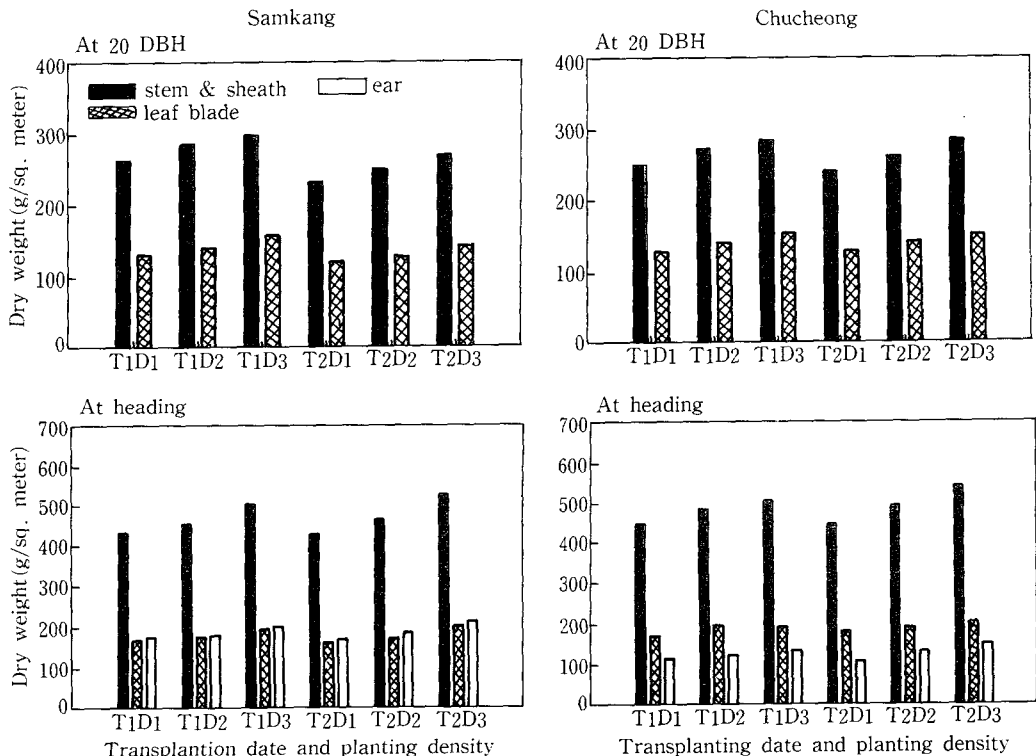


Fig. 1. Effects of transplanting date and planting density on the dry weights of different parts per square meter at 20 days before heading (DBH) and heading in two rice varieties.

의 總乾物重은 移秧期에 관계없이 栽植密度가 증가함에 따라서 계속 증가하였으며, 5월 30일 이양에 비하여 6월 15일 이양에서는 品種에 관계없이 總乾物重이 감소하였는데 그 정도는 秋晴벼가 다소 적었다. 三剛벼의 경우 5월 30일 이양했을 때 出穗 20일 전의 總乾物重이 栽植密度가 3.3 m²당 90주 에서는 343 g였는데 비하여 120주에서는 490 g으로 증가하였으며, 6월 15일 이양에서는 333 g에서 442 g으로 증가하였다. 秋晴벼의 경우 5월 30일 이양에서는 栽植密度가 증가함에 따라서 總乾物重이 335 g에서 442 g으로, 그리고 6월 15일 移秧에서는 351 g에서 457 g으로 증가하였다. 5월 15일 이양에서는 三剛벼가 秋晴벼보다 乾物重이 더 많았으나 6월 15일 移秧에서는 秋晴벼의 乾物重이 더 많았다.

出穗期의 總乾物重은 三剛벼의 경우 5월 30일 이양에서는 778, 813 및 902 g, 6월 15일 移秧에서는 763, 817 및 940 g, 그리고 秋晴벼의 경우 에서는 5월 30일 이양에서는 744, 805 및 834 g, 6월 15일 이양에서는 739, 812 및 893 g으로 栽

植密度가 높아질 수록 乾物重이 증가하였다. 出穗期의 總乾物重은 移秧期과 栽植密度에 관계없이 三剛벼가 秋晴벼보다 더 많았다.

葉身 및 葉鞘와 稈의 乾物重 변화도 總乾物重과 같은 경향이었다. 出穗 20일 전의 部位別 乾物重이 三剛벼에서는 5월 30일 移秧의 경우 栽植密度가 높아짐에 따라서 葉身重은 131, 142 및 159 g으로, 葉鞘와 稈重은 263, 287 및 300 g으로 증가하였으며, 6월 15일 이양에서는 葉身重이 122, 128 및 143 g으로, 葉鞘와 稈重은 234, 251, 272 g으로 증가하였다. 秋晴벼에서는 5월 30일 移秧의 경우 葉身重은 129, 142 및 155 g, 그리고 葉鞘와 稈重은 250, 273 및 285 g으로 증가하였으며, 6월 15일 移秧에서는 葉身重이 129, 143 및 151 g, 그리고 葉鞘와 稈重은 241, 262 및 287 g으로 증가하였

다. 出穗期의 部位別 乾物重은 出穗 20일 전에 비하여 절대치의 증가는 이루어졌으나 경향은 비슷하였다. 葉身, 葉鞘 및 稈의 경우 동일한 移秧期과 栽植密度에서는 品種間 차이가 적었다. 그러나 穗重은

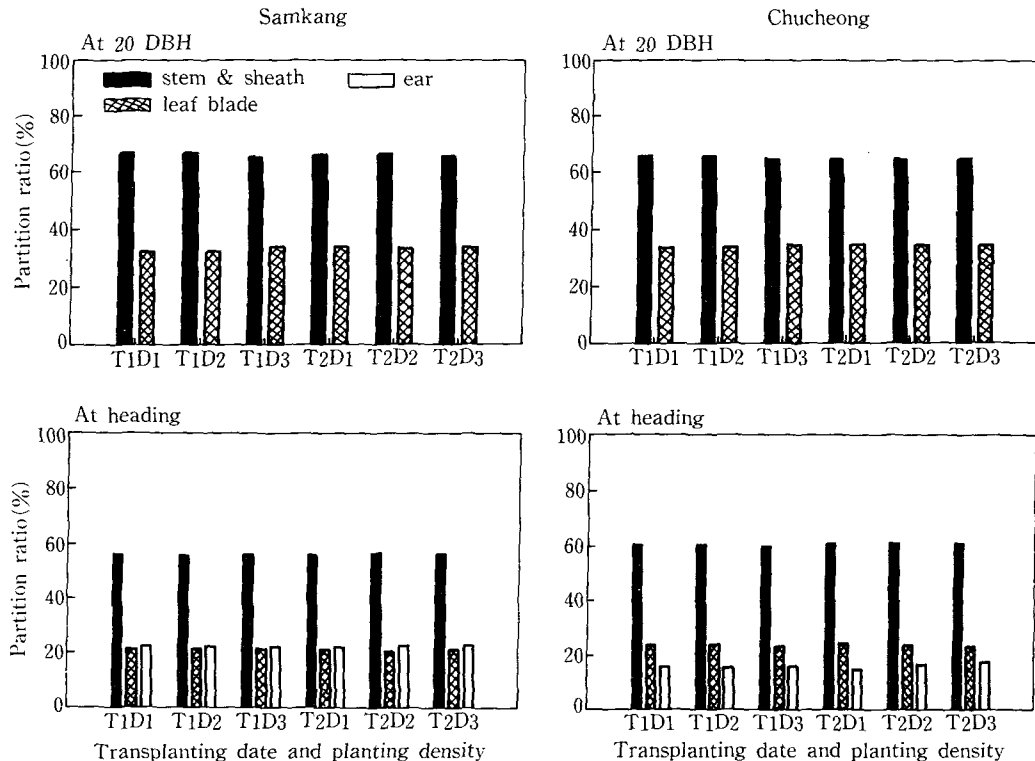


Fig. 2. Effects of transplanting date and planting density on the partition of dry matter to different parts of rice plant at 20 DBH and heading in two rice varieties.

어느 경우에도 三剛벼가 秋晴벼에 비하여 많았다. 즉, 穗重이 5월 30일 이양에서 三剛벼는 174~200g이었는데 비하여 秋晴벼는 117~136g이었으며, 6월 15일 이양에서 三剛벼는 169~211g인데 비하여 秋晴벼는 110~150g이었다. 따라서 品種間에 移秧期가 같고 栽植密度가 같은 경우 葉身 및 葉鞘와 稈의 乾物重의 차이가 적은데도 三剛벼의 總乾物重이 秋晴벼보다 많은 것은 穗重 때문이었다.

위에서 설명한 것과 같이 總乾物重이나 部位別 乾物重은 品種, 移秧期 및 栽植密度에 따라서 차이가 있었으나 部位別 乾物의 配分比率은 그림 2에서 보는 것과 같이 그 경향이 일정하였다. 出穗 20일 전의 乾物 配分率이 三剛벼는 5월 30일 이양에서 葉身に 32.8~34.4%, 葉鞘와 稈에 65.6~67.2%, 그리고 6월 15일 이양에서는 葉身に 33.6~34.3%였으며, 秋晴벼에서는 5월 30일 移秧에서 葉身に 33.9~35.1%, 葉鞘와 稈에 64.9~65.9%, 그리고 6월 15일 이양에서 葉身に 34.5~35.0%, 葉鞘와 稈에 65.0~65.5%였다. 즉, 三剛벼에 비하여 秋晴벼의 乾物은 葉身に 약 1% 정도 더 配分되는 것

로 나타났다.

出穗期の 乾物 配分率은 三剛벼의 경우 5월 30일 移秧에서는 葉身に 21.5~21%, 葉鞘와 稈에 56.0~56.2% 그리고 이삭에 22.1~22.5%였으며, 6월 15일 이양에서는 葉身に 20.6~21.3%, 葉鞘와 稈에 56.4~57.0%, 그리고 이삭에 22.2~22.4%였다. 秋晴벼에서는 5월 30일 이양에서는 葉身に 23.1~23.6%, 葉鞘와 稈에 60.5~60.8%, 그리고 이삭에 15.5~16.4%였으며, 6월 15일 이양에서는 葉身に 22.4~24.1%, 葉鞘와 稈에 60.7~61.0%, 그리고 이삭에 14.9~16.9%였다. 즉 總乾物의 生産量은 移秧期나 栽植密度에 따라서 品種別로 차이가 컸으나 乾物의 配分比率은 1% 내외의 적은 차이밖에 없어서 시기별 乾物의 配分率은 재배관리의 영향을 적게 받는다는 Heemst⁴⁾의 보고와 일치하였다. Yamada 등¹⁰⁾이 栽植密度의 증가에 따라서 非光合成部位의 乾物 配分率이 증가한다고 보고한 것과 차이가 있는 것은 이들이 일반적인 栽植密度의 범위를 벗어난 株内の 개체간 경쟁상태에서 조사된 때문인 것으로 생각된다.

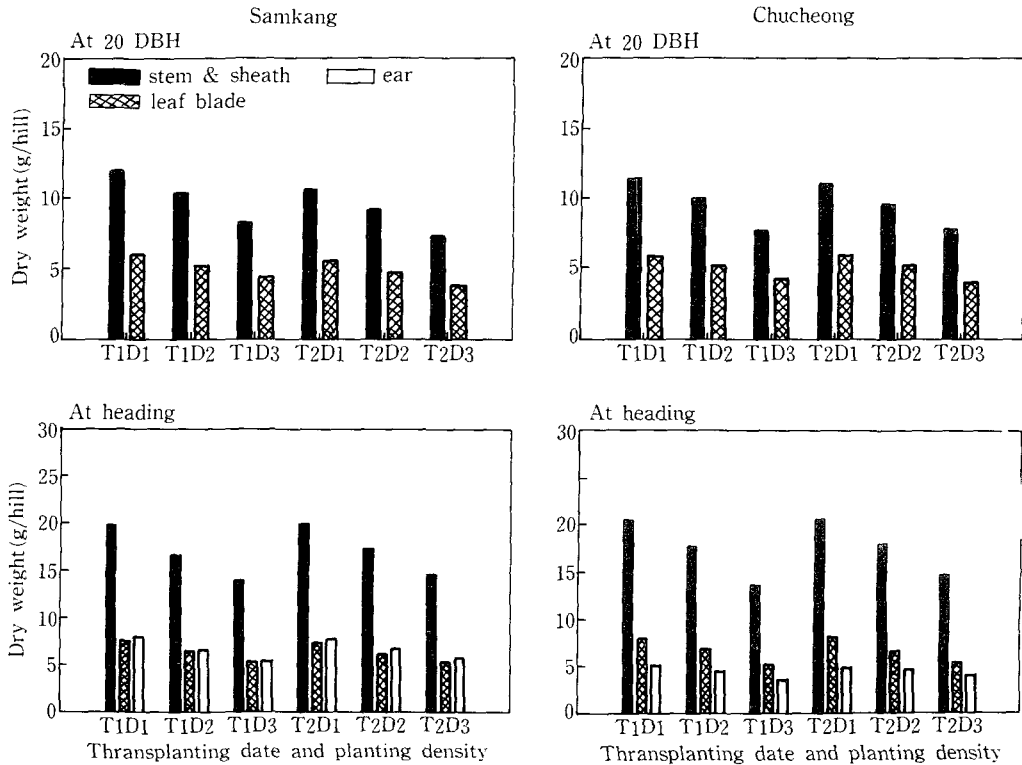


Fig. 3. Effect of transplanting date and planting on the dry weights of different parts per hill at 20 DBH and heading in two rice varieties.

단위면적당 乾物의 생산은 단위면적당 개체수와 개체의 乾物生産量에 의하여 결정되는 것이므로 株當 乾物重 및 部位別 乾物配分을 조사하여 보았다. 그림 3에서 보는 것과 같이 株當 乾物重 및 部位別 乾物重은 供試品種 모두 5월 30일 이앙보다는 6월 15일 이앙에서, 그리고 栽植密度가 높아질 수록 감소하였다. 栽植密度가 3.3 m² 당 72주에서 120주로 높아짐에 따라서 出穗 20일 전의 株當 總乾物重이 三剛벼에서는 5월 30일 이앙에서 각각 18.1, 15.7 및 12.6 g으로, 그리고 6월 15일 移秧에서는 16.3, 13.4 및 11.4 g으로 감소하였으며, 秋晴벼에서는 5월 30일 이앙에서 각각 17.4, 15.2 및 12.1g, 그리고 6월 15일 이앙에서는 각각 17.0, 14.8 및 12.0 g으로 감소하였다. 각 部位別 乾物重의 감소경향도 이와 비슷하였다.

出穗期の 株當 乾物重을 보면 三剛벼는 栽植密度가 높아짐에 따라서 5월 30일 이앙에서는 36.7 g에서 24.8 g으로, 그리고 6월 15일 이앙에서는 35.0 g에서 25.9 g으로 감소하였으며, 秋晴벼는 5월 30일 이앙에서는 34.1 g에서 22.9 g으로, 그리고 6월 15일 移秧에서는 33.9 g에서 24.6 g으로 감소하였다.

그러나 株當 乾物의 部位別 配分比率는 단위면적당 乾物의 配分比率과 완전히 동일하여 그림 2에서 본 것과 같이 移秧期나 栽植密度에 관계없이 品種別로 일정한 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 移秧期나 栽植密度의 변화에 따라서 總乾物生産量이나 部位別 乾物重

은 일정한 경향으로 증감하지만 部位別 乾物의 配分率은 水稻의 생육단계에 따라서 일정하여 비교적 변화가 적은 것으로 판명되었다. 水稻의 생육단계에 따른 部位別 乾物의 配分率은 趙 등²⁾이 보고한 것과 같이 생육단계에 따라서 部位別로 일정한 경향을 보이고 있다. 따라서 品種의 생육단계별 部位別 乾物配分率이 알려진 경우 總乾物生産量에 의한 部位別 乾物重의 추정은 비교적 용이할 것으로 생각된다. Pennings 등³⁾도 작물의 생육예측을 위한 모델 개발에서 乾物配分率을 이용한 바 있다.

品種別로 移秧期和 栽植密度를 종합한 出穗 20일 전과 出穗期の 部位別 평균 乾物配分率은 표 1과 같다. 三剛벼의 乾物配分率은 出穗 20일 전에는 葉身 33.7%, 葉鞘와 稈이 66.3%, 出穗期에는 葉身 21.4%, 葉鞘와 稈 56.4%, 이삭 22.3% 였으며, 秋晴벼의 乾物 配分率은 出穗 20일 전에는 葉身 34.6%, 葉鞘와 稈 65.4%, 出穗期에는 葉身 23.4%, 葉鞘와 稈 60.7%, 이삭 15.9% 였다. 표 1의

Table 1. Ratios of dry matter partition to different parts of rice plant at 20 days before heading (20DBH) and heading for two rice varieties, Samkang and Chucheong.

| Plant parts | Samkang | | Chucheong | |
|-----------------|---------|---------|-----------|---------|
| | 20 DBH | Heading | 20 DBH | Heading |
| Leaf | 33.7 | 21.4 | 34.6 | 23.4 |
| Stem and sheath | 66.3 | 56.3 | 65.4 | 60.7 |
| Ear | | 22.3 | | 15.9 |

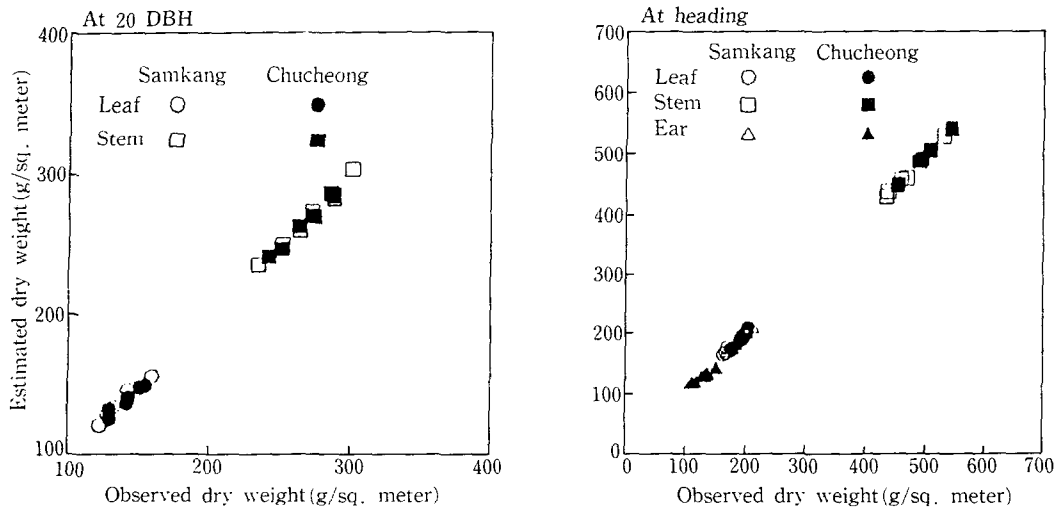


Fig. 4. Relationship between observed and estimated dry weights of different parts of rice plant at 20 DBH and heading in two rice varieties.

각 移秧期 및 栽植密度別 總乾物重과 이들 乾物配分率을 이용하여 추정한 각 部位別 乾物重과 실측한 部位別 乾物重의 관계를 보면 그림 4 와 같다. 出穗 20 일 전과 出穗期 모두 실측치와 추정치가 서로 잘 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 品種別로 특정 생육단계의 部位別 乾物配分率을 조사해 두면 總乾物重만 가지고도 각 부위의 乾物重을 추정하는데 별 문제가 없으며, 乾物配分率은 移秧期나 栽植密度的 영향을 거의 받지 않으므로 재배관리의 변화에 따른 차이도 추정치에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

특히 水稻나 麥類와 같이 分蘖이 되는 作物의 葉面積을 推定하는데는 葉身に 配分된 乾物の 양을 정확히 추정하는 일이 필요하다.⁹⁾ 그러나 본 연구에서 밝혀진 것과 같이 乾物の 配分率은 栽培方法의 영향을 거의 받지 않으므로 많은 실험을 하지 않고도 대상 品種의 部位別 乾物配分率을 결정할 수 있고 그로부터 각 部位別 乾物重을 추정하는 것은 용이한 일이다. 따라서 이러한 결과는 앞으로의 生育豫測 모델을 研究하는 데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

摘 要

栽植密度가 水稻의 部位別 乾物の 配분에 미치는 영향을 檢討하고자 統一系인 三剛벼와 一般系인 秋晴벼를 1988년 5월 30일과 6월 15일에 3.3m² 당 72주, 90주 및 120주로 移秧栽培하여 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 供試品種 다같이 出穗 20 일 전과 出穗期の 單位面積當 總乾物重은 5월 30일 移秧이 6월 15일 移秧보다 많았으며, 두 移秧期 모두 栽植密度가 높아질 수록 乾物重이 증가하였는데, 部位別 乾物重의 변화도 總乾物重과 같은 경향이였다.

2. 株當 總乾物重 및 部位別 乾物重도 5월 30일 이양보다는 6월 15일 移秧에서 낮았으나, 單位面積當의 경우와는 달리 栽植密度가 높아질 수록 감소하였다.

3. 동일한 移秧期와 栽植密度에서 葉身, 葉鞘 및 稈의 乾物重은 두 品種間에 차이가 적었으나, 三剛벼는 穗重이 무거워서 總乾物重이 秋晴벼보다 많았다.

4. 두 品種 모두 部位別 乾物配分率은 移秧期나 栽植密度에 관계없이 生育時期別로 거의 일정하였다.

5. 移秧期와 栽植密度를 종합한 部位別 平均 乾物配分率을 가지고 推定한 時期別 각 部位의 乾物重은 實測한 乾物重과 잘 일치하였다.

引 用 文 獻

1. 趙東三·鄭丞根·許 輝·陸昌洙. 1990. 水稻의 乾物生産 配分の 數理的 研究. 2. 移秧期에 따른 部位別時 乾物配分. 韓作誌 35(3) : 273-281.
2. 崔洙日, 盧承杓·金鎮淇·崔京求. 1981. 生育期間의 差異가 水稻 地上部 形質變異에 미치는 影響. 韓作誌 26 : 125-136.
3. 崔鉉玉. 1966. 栽培時期移動에 依한 水稻의 生育變異에 關한 研究. 農試研報 9(1) : 1-102.
4. Heemst, H. and D. J. Van. 1986. The distribution of dry matter during growth of a potato crop. Potato Research 29 : 55-66.
5. 金仁培·李主列. 1979. 水稻晚植栽培에 있어서 栽植密度가 收量構成要素 및 收量에 미치는 影響. 韓作誌 24 : 57-63.
6. 堀江正樹. 1975. 栽植密度, 栽植樣式論. 戶刈義次 監修 1975. 作物の 光合成と物質生産. 養賢堂. pp318-330.
7. 李賢度·賓榮鎬. 1980. 窒素施肥水準과 栽植密度가 벼 品種의 葉形質에 미치는 影響. 韓作誌 33 : 329-335.
8. 武田友四郎·丸田宏. 1956. 作物의 瓦斯代謝作用에 關する 研究. VI. 照度ならびに栽植密度가 移植後の 水稻의 光合成에 及ぼす 影響. 日作紀 24 : 331-338.
9. Pennings de Vries, F. W. T, D. M. Jansen, H. F. M. Ten Bergs and A. H. Bakeman. 1988. Simulation of ecophysiological processes of growth of several annual crops. IRRI.
10. Yamada, M., Y. Ota and H. Nakamura. 1961. Ecological effects of planting density on growth of rice plant. Jap. J. Crop Sci. 30 : 329-333.