

벼 품종 密陽 23號와 고시히카리의 幼穗 및 穎花 발달 비교

姜始龍* · 和田富吉** · 武岡洋治**

Comparison of Panicle and Spikelet Development in Rice Cultivars Milyang 23 and Koshihikari

Si-Yong Kang*, Tomikichi Wada** and Yoji Takeoka**

ABSTRACT : The morphogenesis of panicle and spikelet in paddy rice has been studied in high yielding Indica×Japonica hybrid cultivar, Milyang 23 and a Japonica type cultivar, Koshihikari. Germinated seeds planted in 5000⁻¹ a pots filled with submerged soil and cultured under natural conditions. The young panicle of main stem were continuously dissected and observed by Cryo-SEM from the panicle initiation stage until heading stage. Although the date of panicle differentiation and heading in Koshihikari earlier than those of Milyang 23, the sequence of panicle development in two cultivars begins when first bract primordium at opposite side of flag-leaf primordium differentiated, synchronously followed by growth of the primary branch primordia (PBPs) and secondary branch primordia(SBPs), spikelet primordia(SPs), glumes as lateral organs on rachilla and organs composing single floret, and successive sporogenesis in the young spikelets continue after the enclosure by lemma and palea. The PBPs are acropetally initiated from the base of the panicle primordium, and the SBPs alternately differentiate from the base of upper PBP which differentiate later than the lower PBP. Spikelet development starts at the top of upper side PBP of the young panicle and continue basipetally even though SBPs continue to develop at the lower primary branch. Each PBP, SBP and SP differentiate with differentiation bract or bract hair cell around the base of each their primordia. The observation could confirm that Milyang 23 has not only 2~3 more defferentiated PBPs, but also more SBPs and SPs especially from middle-lower primary branch, at end of their differentiation stages, as compared to those of Koshihikari.

Key words : Cryo-SEM, High yielding, Morphogenesis, *Oryza sativa* L., Panicle, Reproductive organ, Rice, Spikelet.

벼의 다수확재배에서는 단위면적당 많은 粒數를 확보하고 등숙 정도를 높이는 것이 기본요건으로 되어 있는데, 단위면적당 粒數는 1穗당 粒數가 큰 변동요인이다¹²⁾. 다수성인 통일계품종이나 F₁

잡종 벼의 경우는 특히 1수당 粒數가 많은 것이 중요한 다수 요인으로 알려져 있어^{8,14,19)}, 다수성 품종육성에서도 1수당 粒數형성이 많은 穗重型벼의 개발이 주요 목표로 되었다.

* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea)

** 日本 名古屋大 農學部(School of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan)

〈'97. 8. 23 接受〉

1수당 粒數는 穗에 형성되는 穎花(小穗)의 分化數와 생육의 良否에 의해 크게 좌우된다¹³⁾. 그리고 幼穗와 영화의 발육시기는 환경요인에 의한 장해에 감수성이 높은 시기로 벼 재배관리상 매우 중요한 시기이다^{4,7,15,17)}. 그래서 벼 幼穗와 穎花의 분화발달 과정에 관한 연구는 수량형성을 구명함에 있어 매우 중요하다. 특히 1수당 粒數 형성을 규정하는 1, 2次 枝梗과 어린 穎花의 분화 발달 및 퇴화 등의 과정과, 이에 관여하는 생리생태적 요인과 유전적 특성을 구명하는 것은 다수확 재배기술 및 품종을 개발하는데 중요한 기초적 자료가 될 것이다.

벼의 穎花나 粒數의 형성에 관여하는 시비, 환경, 재식밀도 조건 등의 요인에 관한 연구는 적지 않게 이루어져 왔으나^{1,2,7,9,11,15)}, 벼의 유수와 영화의 분화발달에 관한 형태형성학적 연구는 부족하다. 또한 기존의 연구는 주로 일본형 벼품종에 관하여 이루어져 통일계 등 다수성 품종에 관한 비교 검토는 거의 이루어지지 않았고, 대부분 광학현미경을 이용한 것이어서 전자현미경을 이용한 세밀한 관찰사례^{3,16)}는 매우 부족하다. 그래서, 본 연구에서는 벼 통일계 다수확 품종의 유수와 영화의 분화발달 과정을 일본형 품종과 세밀히 비교 검토하기 위해서 크라이오 走査型電子顯微鏡(Cryo-SEM)을 이용하여 관찰하였다.

材料 및 方法

水稻 다수성 統一系 品種 密陽 23號와 日本型 品種 고시히카리를 공시하여, 1993년 5월 19일 토양을 채운 1/5000a 포트에 催芽種子를 파종하였다. 파종 전 화성복합비료(N:P:K, 14:16:14)를 각 포트당 2g씩 기비로 전충혼합하여 주었다. 第4葉 伸長期부터 1포트당 3個體씩 3株로 하여 湛水 조건으로 나고야대학 구내 포장의 망실 하우스 내에서 재배하였다. Cryo-SEM 관찰시료는 각 품종의 幼穗始原體 分化期의 전후부터 엽령이 거의 같은 주경을 선택하여 품종별로 2~3개씩 1~2일 간격으로 연속 채취하였다. 채취한 시료는 실체현미경 하에서 莖頂部 및 幼穗 등을 摘出하였다. 이

것들을 재빨리 試料臺에 固着시켜 히타치 S-2300형 SEM에 부착된 히타치 Cryo 裝置內에 搬入하여, 액체질소로 급속 凍結시킨 다음, 1.5~2.0KV의 低加速電壓下에서 SEM 관찰을 하고, 사진을 촬영하였다.

結果

1. 1次 枝梗 始原體(原基)의 분화 발달

유수분화 전의 營養生長期 莖頂은 손상없이 摘出해내기도 매우 어려우며, 半球型으로 비교적 작은 편이었다(그림 1).

幼穗始原體의 분화개시와 유수 및 영화의 발육 단계는 고시히카리가 밀양 23호보다 5~6일 정도 빨랐으며, 主莖의 止葉葉位도 대부분 고시히카리가 15, 밀양 23호는 16이었다. 분화 직후의 유수는 두 품종 공히 발달 중인 止葉始原體(fl)가 감싸고 있고, 반대편 안쪽에 第1苞始原體(b)가 분화되었으며, 그 上部에 1次枝梗 始原體의 분화에 의한 것으로 보여지는 작은 細胞層의 隆起가 보여졌다(그림 2).

1차지경 시원체 분화 중기의 幼穗는 비대 및 신장을 계속하면서, 5~6개의 1차지경 시원체와 포시원체 세포층이 2/5開度로 向頂的으로 분화하여 융기하였다(그림 3). 이보다 조금 더 유수 발달이 진행되면, 1차지경 시원체의 수가 증가하면서 융기가 더 크게 발달하고, 1차지경 시원체 기부의 포시원체 세포층에서는 苞葉대신 장래 苞毛가 되는 세포 각자의 융기가 보여졌다(그림 4).

그림 5는 1차지경 시원체 분화 후기의 밀양 23호로서 약 10여개의 1차지경 시원체 융기가 발달하고, 각 시원체 기부의 포시원체 세포층에서는 포모가 신장하고 있는 것이 보였다. 그림 6은 1次枝梗 始原體 분화종료기의 고시히카리 유수를 頂端方向에서 바라본 사진으로, pb가 最上位의 1차지경 시원체이고 am은 頂端分裂組織으로 보여지는데, pb는 신장하여 융기가 커지는데 비교하여 am은 생장이 정지되어 이후 퇴화하게 되는 것으로 보여진다. 그림 7은 1차지경 시원체 분화종료기의 밀양 23호로서 생육정지된 am은 확인되지 않았다. 즉 이 단계에서 1차지경 시원체의 분화수

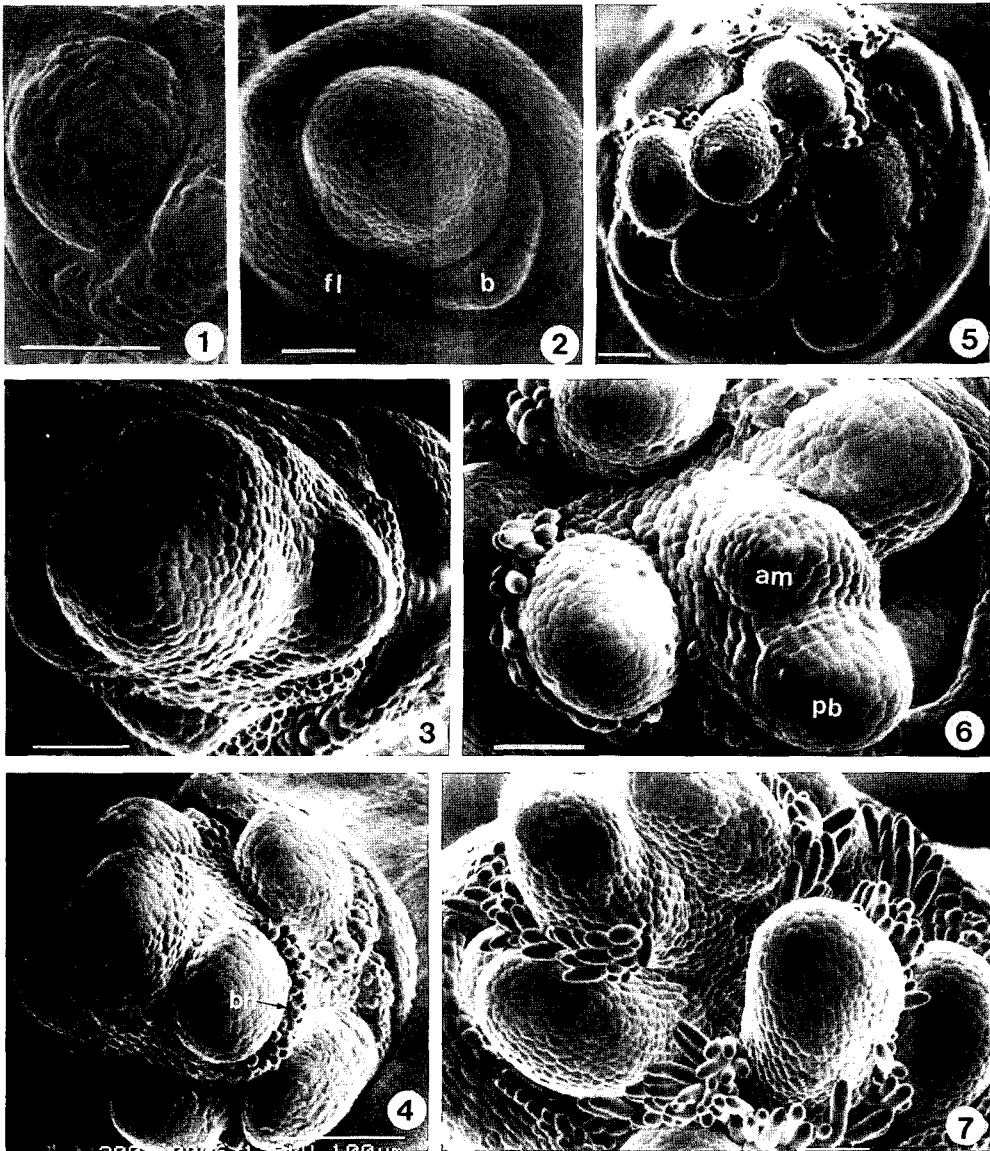


Fig. 1. SEM view of developmental vegetative shoot apex before transition to reproductive stage. Fig. 2. SEM top view of a rice panicle primordium at differentiation stage of the flag-leaf primordium(fl) and first bract primordium(b). Fig. 3. Mid-stage of development of primary branch primordia. Four~five primordia begin to initiate. Figs. 4, 5. Slightly oblique top views of continued initiation of bracts and primary branch primordia in two-fifths phyllotaxis. At the basal portion of each primary branch, 4~6 layers of bract hair cells(bh) differentiate and elongate around the base. Figs. 6, 7. Top views of late stage of primary branch differentiation stage. Differentiated primordia of primary branch(pb) are rapidly develop, and apical meristem(am) of panicle stops its growth and degenerate. Figs. 1, 2, 4, 6 : cv. Koshihikari, Figs. 3, 5, 7: cv. Milyang 23. Bar sizes for figs. 1~3 and figs. 5~7: 50 μ m, bar size for fig. 4: 100 μ m.

가 결정되는데, 그 수는 密陽 23號가 고시히카리보다 2개 정도 많았다.

2. 2次 枝梗 및 小枝梗 始原體의 分化發達

그림 8은 2차지경 분화기의 유수 전체 모습으로 각 1차 지경의 기부로부터 신장한 포모에 의하여 거의 유수 전체가 뒤덮히게 되며, 제1포엽 기부에는 穗首節이 형성되는데 이로부터 정단까지의 크기는 약 0.5~0.7mm 정도가 되었다. 각 1次枝梗 始原體는 분화 종료 후 늦게 분화한 정단측의 1차 지경부터 빠른 속도로 신장하였고, 각 2차지경 시원체 기부측의 포시원체 세포층에서는 포모 세포의 용기가 보여졌다(그림 9). 그림 10에서는 1차 지경 시원체의 기부측에서부터 2차지경 및 소지경 시원체가 2列 互生으로 분화 용기하였는데, 그 開度는 인접하는 다른 지경의 영향인지 기부로 갈수록 背軸面 안쪽으로 좁아졌고, 각 시원체 기부의 苞始原 細胞層에서 포모의 신장이 관찰되었다.

그림 11, 12(밀양 23호)와 그림 13(고시히카리)은 1차지경으로부터 2차지경 시원체가 분화 발달하는 시기의 유수의 사진인데, 각 1차지경 시원체의 정단측에는 양 품종 공히 5~6개의 소지경 시원체가, 그리고 1차지경의 기부에서는 2차지경의 시원체가 분화 발달하였다. 그런데, 이전의 1차지경 시원체의 용기는 유수의 기부로부터 向頂的으로 분화하였는데, 1차지경으로부터의 2차지경 및 소지경 시원체의 분화시에는 늦게 분화한 上位의 1次枝梗 始原體 기부로부터 向頂的으로 진행하여, 점차 下位 1次枝梗으로 발육이 진행하였다. 그리고 품종별로는 고시히카리가 한개의 1차지경당 약 두 개의 2차지경 시원체를 분화하는데 비교하여, 밀양 23호에서는 중하위 1차지경에서 고시히카리보다 많은 2차지경을 분화하였고 유수전체의 크기도 컸다(그림 12, 13).

3. 穎花의 分化 發達

幼穗의 발육이 좀 더 진행되면 먼저 분화한 상위 1차지경 시원체와 정단측의 소지경 시원체로부터 副護穎, 外穎, 內穎 등의 영화 구성기관이 분화하고, 계속하여 각 1차지경의 기부측에서도 2차지경이 발육하여 영화시원체가 분화발달하였다

(그림 14~16). 그림 17은 雄蕊 시원체 분화 직전의 외내영 시원체가 분화발육 중인 전형적인 영화시원체이다.

穎花구성 기관이 분화, 발달함에 따라 영화시원체의 안쪽에서부터 雄蕊와 雌蕊시원체가 발생하였다(그림 18, 19). 그런데, 이러한 穎花 構成器官의 발달은 각 1次枝梗 頂端 영화시원체의 바로 하부 영화시원체, 즉 두번째 소지경 시원체가 발육해서 형성되는 영화시원체의 것이 그 주위의 다른 영화보다 발육이 느렸고, 이러한 착생위치에 따른 영화의 발육 차이는 2차지경에서 분지착생하는 영화의 경우에서도 인정되었다.

4. 밀양 23호의 영화형성의 특성

그림 20은 유수 정단부의 穎花들에서 雄蕊시원체가 발달하는 시기의 밀양 23호 유수의 中上端 부분의 사진이다. 그림 21은 그림 20과 거의 같은 시기에 유수의 中下端部의 1차지경과 그의 소지경 및 2차지경 시원체들의 발달 상태이다. 이 시기 이후로 유수 중하단부의 1차지경에서 2차지경 및 영화시원체의 분화발달 양상이 두 품종간에 큰 차이를 나타냈다. 즉 밀양 23호는 중하단부 1차지경으로부터의 2차지경 분화수와 2차지경으로부터의 영화 분화수가 고시히카리보다 월등히 많았다. 그림 22은 그림 20, 21과 같은 시기의 밀양 23호 유수의 기부측에서 1차지경 하나를 摘出하여 본 것이다. 1차지경의 정단부에는 소지경시원체 및 영화시원체가, 기부측에서는 2차지경시원체가 발달하는 것이 보여졌다.

그림 23은 좀 더 발육이 진행된 단계에서 밀양 23호의 하단부쪽 1차지경 하나를 摘出하여 본 것이다. 정단부에는 응예를 분화 중인 1차지경의 穎花가 발달하고, 그 아래에서는 2차지경의 穎花가 발달하며, 기부측의 일부 2차지경에서는 3차지경 시원체와 영화의 분화가 보여졌다.

그림 23보다 영화의 발육이 진행되면 外穎과 內穎이 발육하여 交合하게 된다. 그림 24는 밀양 23호의 하위 1차지경 중상단부에서 착생하는 1차 및 2차지경 영화이고, 그림 25는 좀 더 발육이 진행된 상태로 고시히카리의 1차지경 중앙부에서 착생하는 1차 및 2차 지경의 영화이다.

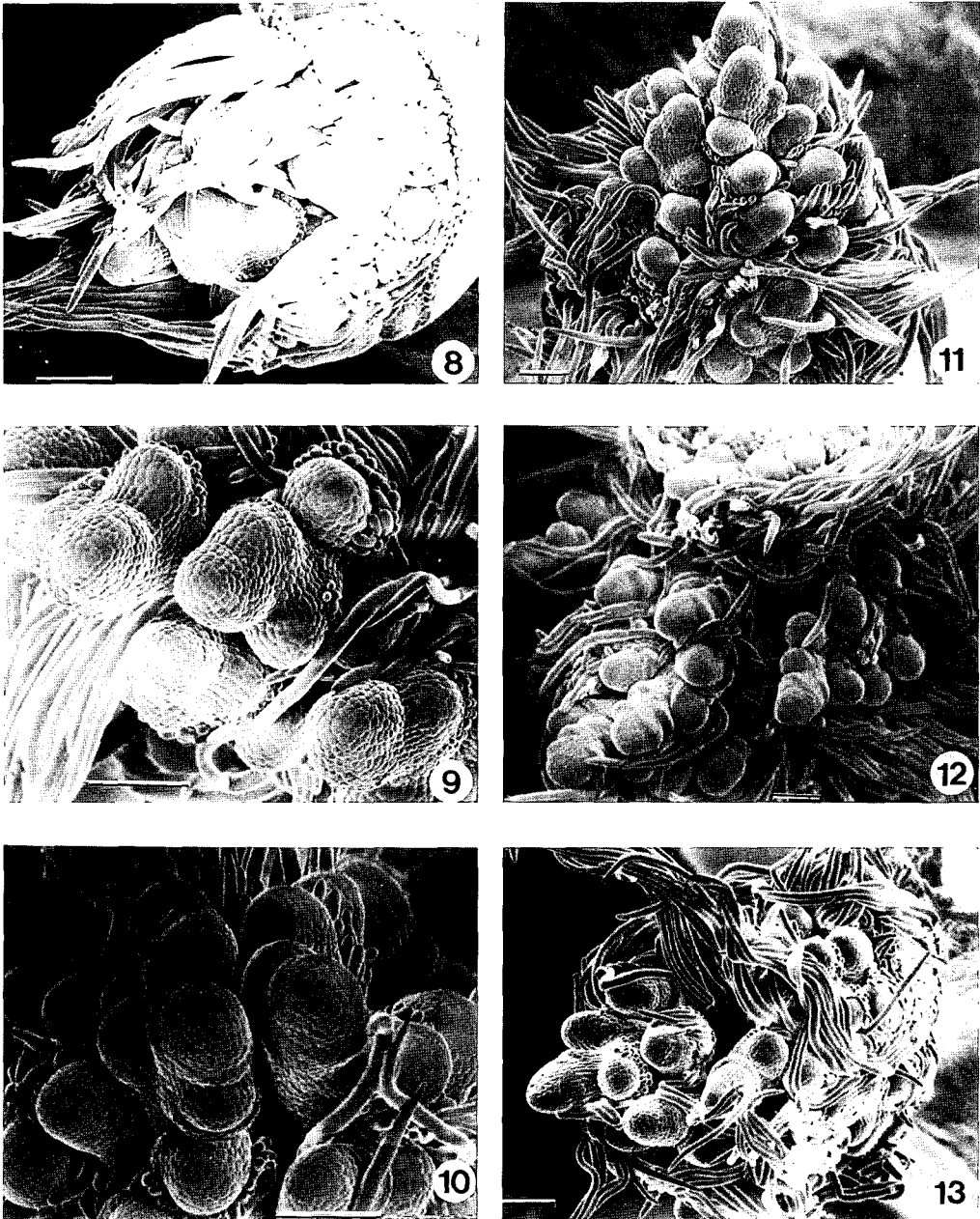


Fig. 8. SEM view of a young panicle which is hardly covered by the bract hairs, at the early differentiation stage of secondary branch primordia. Figs. 9, 10. Differentiation of secondary branch and rachilla primordia from each primary branch. Figs. 11~13. Differentiation and developmental stage of secondary branch primordia from proximal part and spikelets primordia from distal part of each primary branch. Figs. 8, 9, 13: cv. Koshihikari, Figs. 10~12: cv. Milyang 23. Bar sizes: 100 μ m.

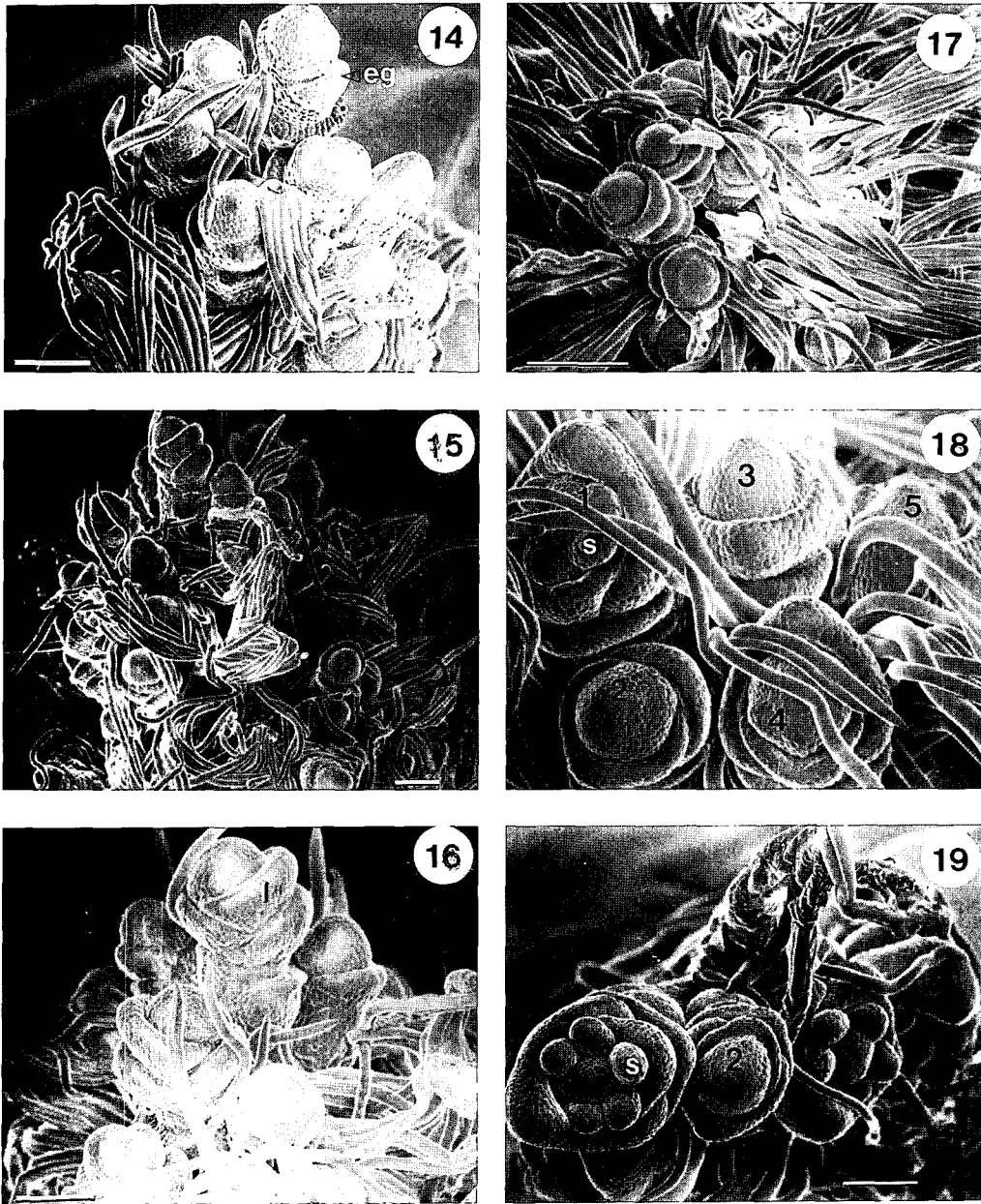


Fig. 14. Side view of spikelet primordia of distal part of primary branch primordium at the empty glume(eg) primordia differentiation stage. Figs. 15, 16. Side view of spikelet primordia of differentiation stage of the lemma primodium(l). Fig. 17. Top view of typical spikelet primordia at the differentiation stage of palea and lemma primodium just before differentiation stage of stamen primordia. Figs. 18, 19. Spikelet primordia at the stage of stamen primordia (s) differentiation. The numbers are spikelet formation order from tip of primary branch.
 Figs. 14~19: cv. Koshihikari, Bar sizes: 100 μ m.

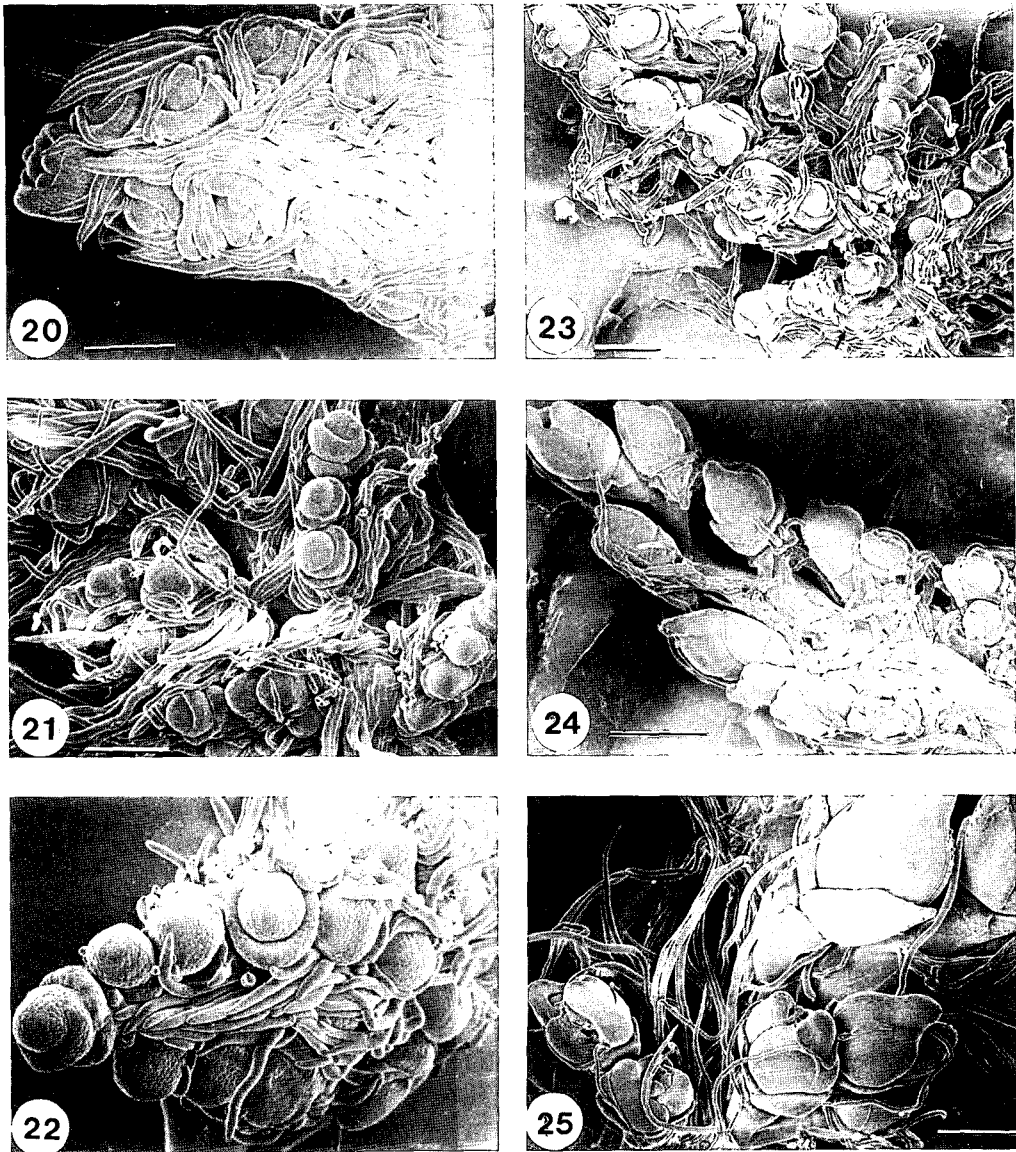


Fig. 20. SEM side view of distal part of young panicle at stamen differentiation stage. Fig. 21. Development of spikelets and secondary branch primordia of each primary branch at middle-proximal parts of young panicle. Fig. 22. A dissected primary branch of proximal part and their differentiated spikelets and secondary branch primordium. Fig. 23. More developed primary spikelets and secondary spikelets of one primary branch from proximal parts of young panicle. Arrow seems thirdly spikelet (rachilla) primordium from secondary branch. Figs. 24, 25. Young spikelets of closing stage by the lemma and palea, middle-distal part of a primary branch of Milyang 23 in Fig. 24 and proximal part of a primary branch of Koshihikari in Fig. 25. Figs. 20~24: cv. Milyang 23, Fig. 25: cv. Koshihikari. Bar sizes: 200 μ m.

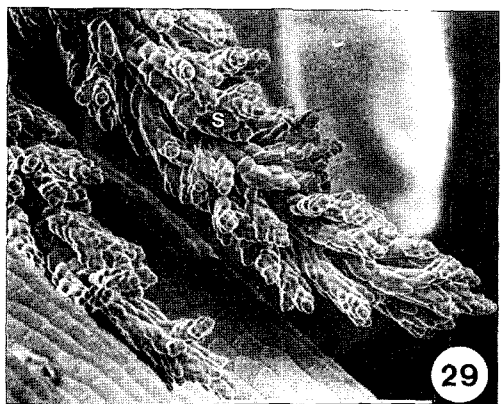
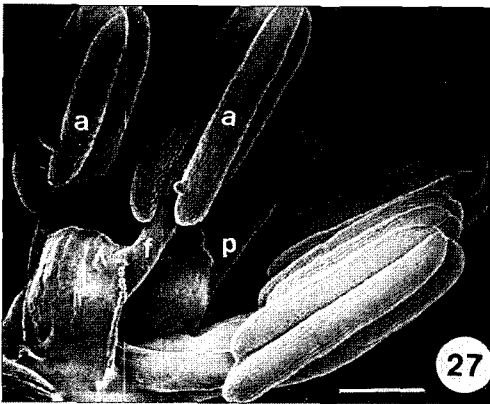
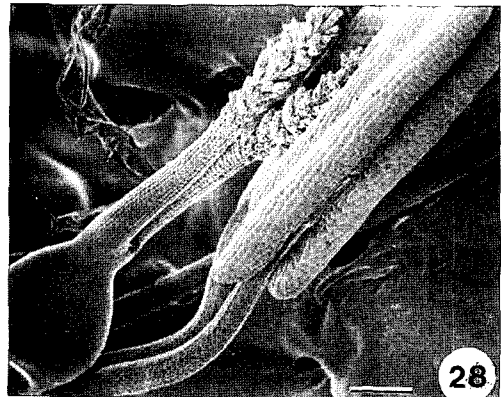
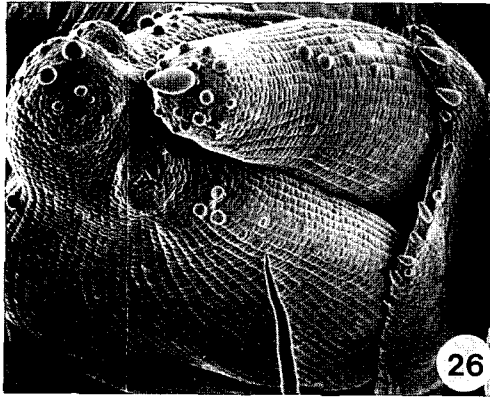


Fig. 26. Typical SEM view of a young spikelet just after enclosure of floral organs by the lemma and palea. Fig. 27. Side view of inside floral organs in young spikelet showing young stamens differentiated anther lobes(a) and filaments and young pistil(p) to have differentiated the ovary and style. Fig. 28. Further development of the anther lobes and filament and differentiation and development of stigma from distal tip of pistil. Fig. 29. Close-up view of young stigma in Fig. 28. Fig. 26: cv. Koshihikari, Figs. 27~29: cv. Milyang 23. Bar sizes: 200 μ m.

5. 雌蕊 始原體의 분화 발달

그림 26은 외영과 내영이 막 갓슨한 전형적인 어린 穎花이다. 이 영화가 갓슨하는 시기에 어린 영화의 外內穎을 벗겨서 안을 들여다 보면, 웅예시원체가 葯과 花絲로 분리되어 분화 발달중이며, 자예시원체가 신장하는 것이 보여졌다(그림 27). 그 다음에 발육이 진행되면, 雌蕊 始原體로부터 子房과 花柱가 분리되어 발달하면서, 柱頭를 발달시켰다(그림 28). 그림 29는 약표면을 따라 발육 중인 주두시원체 사진이다.

考 察

Cryo-SEM을 이용하여 다수성인 밀양 23호와 일본형인 고시히카리의 유수 및 영화를 세밀히 관찰한 결과, 분화발달의 기본적인 과정은 종전에 보고^{3,12,15,16}된 바와 같이 유사하였으나, 두 품종간에는 다음과 같은 특이성이 인정되었다. 즉 다량의 시료에 대한 정량적인 측정은 하지 않았으나, SEM사진상으로 나타난 유수분화 직후와 1차지

경 분화기의 幼穗의 크기는 밀양 23호가 고시히카리보다 크다는 것이다. 그리고 1차지경분화 종료기의 분화된 1차지경 시원체수를 보면 밀양23호가 고시히카리보다 2~3개 정도 많은 것이 인정되었다. 또한 상위 1차지경 정단부로부터 영화의 윤곽이 나타날 시기에 중하위 1차지경의 기부와 중간부위로부터 분화하는 2차지경 및 2차지경으로부터의 영화시원체 분화수가 고시히카리보다 월등히 많았으며, 이보다 좀 더 발육이 진행된 상태에서는 중하위 1차지경에서 분화 발달한 일부의 2차지경에서는 3차지경 시원체의 분화와 3차지경으로부터의 영화 분화도 보여졌다는 점이다. 이러한 밀양 23호의 특성은 일본에서 최근 육성된 다수성 품종에서의 관찰결과⁵⁾와 유사하였다.

통일계 품종의 다수요인으로는 특히 1수당 2차지경수와 2차지경으로부터의 영화수 형성이 많은 것에 의한 것으로 알려져 있다^{8,9,19)}. Kambayashi et al.⁵⁾은 다양한 벼 계통의 穗形質을 조사 비교하여, 穗型을 5종류로 분류하였으며, 밀양 23호는 중하위 1차지경에서 착생하는 2차지경과 2차지경형성 영화수가 일본형보다 현저히 많은 유형에 속한다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 이러한 중하위 1차지경에서 많은 영화를 형성하는 밀양 23호의 특성을 유수분화발달기 즉 유수정단부의 영화가 外内穎을 분화하는 시기에 구성요소별로 관찰할 수 있었다는 것을 나타낸다. 또한 Yamagishi et al.¹⁸⁾은 유수분화 직전의 莖頂 크기와 영화형성수와의 사이에는 정의 상관관계가 있다고 하였는데, 본 SEM 관찰에서도 유수 분화 직후와 발달기의 유수의 크기가 밀양 23호가 고시히카리보다 큰 경향이어서 穗나 영화수 즉 sink 크기의 형성이 유수분화전후의 莖頂部의 크기와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

한편 두 품종의 유수시원체로부터 1차지경 시원체와 1차지경에서 小枝梗 및 2차지경 시원체의 분화는 기부측에서부터 向頂적으로 분화 용기하지만, 분화된 각 시원체로부터 영화 구성기관으로의 발육은 정단부쪽에서부터 向基적으로 이루어졌다. 또한 2차지경으로부터의 小枝梗과 영화 분화 발달에서도 똑같은 방향성이 인정되었다. 이러한 결과는 기관의 분화와 발육 순서가 역전하는 현상

으로 분화는 주축에 대해서 항정적이지만 분화된 기관의 발육은 주축의 정단분열조직으로부터 가까운 것부터 빨리 이루어지는 것을 의미한다. 이러한 발육적 특성은 유수 성장점의 생육정지나 퇴화에 의해 유발되는 것으로 보여져, 頂芽優勢현상의 한가지 유형으로 생각되어진다. 또한 유수발달기 穗內에의 탄수화물 전류가 처음에는 정단부에 우선하지만 점차로 구기적으로 이행한다는 결과⁶⁾, 그리고 穗內 維管束의 분화도 상위 1차지경이하위 1차지경보다 우선한다는 결과¹⁰⁾와 대조해 볼 때, 물질전류상의 생리적 특성과도 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 보여진다.

두 품종의 1穗內위치별 영화의 발육을 보면 상위1차지경 영화가 빠르고 하위의 1차지경일수록 느렸으며, 동일한 1차지경에서도 정단부에 착생하는 1차지경 영화가 빠르고 1차지경의 기부에서 착생하는 2차지경의 영화가 발육이 느렸다. 또한 1차지경의 정단에서 중앙부에 걸쳐서는 1차지경 영화가 5~6개 착생하는데, 정단에서 2번째 영화가 다른 영화보다 발육이 가장 느렸고, 완성된 어린 영화의 크기도 작았다. 이러한 영화의 발육 차이는 2차지경 내에서 착생하는 영화들간에서도 인정되었다. 벼 영화의 분화와 생장에 관해서는 Matsushima¹²⁾와 中山¹³⁾ 등이 빨리 형성된 영화는 늦게 형성된 영화보다도 형태적 발육이 빠르고 생리적 개화과정에 빨리 도달한다고 하였다. 영화의 개화와 등숙특성에 관한 다른 연구 결과^{2,9,12,13)}와 대조해 보면, 분화 발육시기가 빠른 것일수록 強勢穎花가 되어 개화가 빠르고, 발육이 느린 것일수록 弱勢穎花가 되며, 계속적으로 영화의 임실 정도와 米粒의 등숙율, 천립중 및 품질 뿐만 아니라 종자 발아율에까지 영향을 미치는 것으로 사료되는데, 이러한 차이가 영화의 초기 시원 발육단계에서부터 나타나는 것으로 보여진다.

아울러 Cryo-SEM에 의한 본 연구 결과 새로히 밝혀지거나 확인된 사항을 정리해 보면 다음과 같다. 첫번째로 각 1차지경, 소지경 및 2차지경 시원체의 분화가 인정될 시에는 그 기부에서 포시원세포층의 분화 용기가 보여졌는데, 포엽으로 발달하는 최초에 형성된 제일 하위의 1차지경 기부의 것을 제외하고는 포시원세포층은 포모로서 발달

하였다. 이 제일 하위의 1차지경의 기부에 형성되는 포엽은 경우에 따라서는 지엽으로 크게 발육 성장하는 경우가 알려져 있어¹²⁾ 잎과 相同器官이라 할 수 있고, 포모 또한 포엽이나 잎과 상동 관계에 있다고 할 수 있다. 포시원세포층의 융기는 1차지경이나 2차지경시원체의 융기보다도 선행 또는 거의 동시적으로 인정되어져 포엽이나 포모에 1차지경이나 2차지경이 腋生한다³⁾는 것이 확인되었다. 두번째로 최상위의 1차지경을 분화한 유수의 정단분열조직이 생육을 정지하고 퇴화하는 대신에, 늦게 분화된 1차지경시원체가 급속도로 신장하는 것을 관찰할 수 있었으나, 밀양 23호의 일부 시료에서는 퇴화하는 정단분열조직이 관찰되지 않았다. 세번째로 1차지경축에 대한 2차지경과 소지경 시원체의 着生양식에 대해서는 Matsushima¹²⁾는 互生的이라 하고 Hoshikawa⁴⁾는 對生的이라고 하였는데, 본 연구 결과 1차지경에서 2차지경과 소지경 시원체는 1차지경의 기부로부터 背軸面의 양측에 2열 호생적으로 분화 발달하는 것이 명확히 보여졌다.

摘 要

벼 다수성 통일계 밀양 23호와 일본형 품종 고시히카리를 1/5000a 포트에 담수조건으로 재배하여, 유수시원체 분화기의 전후로부터 출수 직전까지 연속적으로 주경을 채취하여 유수와 영화의 발달을 Cryo-SEM을 이용 관찰하였다.

1. 생식상으로 이행한 莖頂은 후드상의 止葉시원체 반대편 위쪽에 제1포엽시원체가 분화되었고, 그 상부에 1차지경시원체가 포시원세포층의 분화와 함께 향정적으로 분화 융기하였는데, 최상위의 1차지경시원체가 분화종료 후 유수의 생장점은 발육이 정지하여 퇴화하는 경우가 보여졌다.
2. 1차지경 시원체수가 분화 종료되면, 늦게 분화된 상위 1차지경시원체의 기부로부터 빠르게 신장 발육하면서 背軸面에 2열 호생적으로 2차지경과 소지경 시원체를 분화하였고, 각각의 지경 및 소지경은 발육을 계속하여 영화시원체

를 분화발달시켰다.

3. 1, 2차지경 시원체의 분화 징후는 기부에서 포엽 또는 포모가 되는 포시원세포의 분화융기로부터 시작되었으며, 각 지경시원체는 포모 또는 포엽에 腋生하는 형식으로 착생하였다.
4. 1穗內 위치별 영화의 발육순서는 상위 1차지경의 정단부 영화일수록 빠랐으며, 하위 1차지경의 기부측 2차지경의 영화일수록 느렸는데, 약 7~10일 정도 발육의 차이가 있었다. 또한 각 1차지경 및 2차지경의 영화에서는 정단에서 2번째 영화의 발육이 느리고 그 크기도 작았다.
5. 유수와 영화의 기본적인 분화 발달과정은 두 품종에서 유사한 양상을 나타냈으나, 밀양 23호는 1차지경 시원체수가 고시히카리보다 2개 정도 많이 분화되었고, 중하위 1차지경에서는 많은 2차지경시원체가 분화하는 경향이었는데, 일부의 2차지경에서는 3차지경시원체와 3차지경으로부터 영화 시원체의 분화가 관찰되었다. 또한 유수의 크기는 전 유수발달기를 통하여 항상 밀양 23호가 고시히카리보다 컸다.

LITERATURE CITED

1. Ahn S.B and Lee J.C. 1984. Studies on the climatic influence on spikelet formation and yield of lowland rice. 1. Interaction of temperature and solar radiation for spikelet formation. Korean J. Crop Sci. 29:19-24.
2. Cho D.S, Jong S.K, Son S.Y and Park Y. K. 1988. Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.). 2. Difference between the parts of a panicle. Korean J. Crop Sci. 33:5-11.
3. Hayashi T, Wada Y and Takeoka Y. 1993. Cryo-scanning electron microscopic observations on the structural development of the panicle and spikelet in high-yielding rice cultivars. -Preliminary observations on the process of young panicle for-

- mation—. Jpn. J. Crop Sci. 62(Extra issue 1):256-257.
4. Hoshikawa K. 1989. The growing rice plant. -An anatomical monograph. Nobun-kyo, Tokyo, p. 310.
 5. Kambayashi M, Kumagai Y, Sato T, Baba H and Sasahara T. 1983. Studies on structure and function of rice ear. 5. Changes in ear type as influenced by fertilizer level and planting density. Jpn. J. Crop Sci. 52:266-282.
 6. Kato T. 1995. Changes of sucrose synthase activity in developing endosperm rice cultivars. Crop Sci. 35:827-831.
 7. Kawai T and Takeoka Y. 1989. Effect of gibberellin on spikelet organogenesis in rice plants under different treatment nitrogen top dressing. Jpn. J. Crop Sci. 58:324-330.
 8. Komatsu Y, Kon T, Matsu K, Katayama N and Kataoka T. 1984. Varietal characters of high-yielding foreign rice. Bull. of Shikoku Agri. Exp. Sta. 43:1-37.
 9. Kwon K.C and Park S.K. 1989. Studies on the ripening characteristics, germination speed and quality among different floret of Japonica and Tongil type of rice under different growing season. Korean J. Crop Sci. 34:310-323.
 10. Lai K, Tai K and Lin S. 1996. Physiological studies on the grain development of subtropical rice plant (*Oryza sativa*). In R. Ishii & T. Horie(eds). Crop Research in Asia: Achievements and Perspective. ACSA pp. 173-178.
 11. Lee J.L, Shin J.C, Kim J.K, Kim E.H and Cho D.H. 1995. Effect of temperatures during ripening period on morphological characteristics of rachisgrain in rice. Korean J. Crop Sci. 40:662-669.
 12. Matsushima S. 1957. Analysis of developmental factors determining yield and yield prediction in lowland rice. Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. A5: 1-271.
 13. 中山包 1941. 稻の穂上における穎花の發育と開花順序との關係について.(豫報) 農及園 16:7-8.
 14. Song X, Agata W and Kawamitsu Y. 1990. Studies on dry matter and grain production of F₁ hybrid rice in China. 2. Characteristic of grain production. Jpn. J. Crop Sci. 59:29-33.
 15. Takeoka Y, Mamun A.A, Wada T. and Kaufman P.B. 1992. Reproductive adaptation of rice to environmental stress. Jpn. Sci. Soc. Press, Tokyo, p.226.
 16. _____, Ogawa K, Kawai T and Wada T. 1989. Scanning electron microscopic observations on morphogenesis of the panicle and spikelet in rice plants. Jpn. J. Crop Sci. 58(1):119-125.
 17. Wada G, Matsushima S. and Matsuzaki S. 1968. Analysis of yield-determining process and its application to yield-prediction and culture improvement of lowland rice. 86. Relation between the nitrogenous nutrition and the constituting factors of the number of spikelets per unit area. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 37:417-423.
 18. Yamagishi J, Yajima T, Etoh K, Suzuki H. and Inanaga S. 1992. Relation of number of spikelets per panicle to the characteristics of shoot and the size around growing point an panicle initiation stage in rice varieties. Jpn. J. Crop Sci. 61:568-575.
 19. Yamamoto Y, Yoshida T, Enomoto T and Yoshikawa G. 1991. Characteristics for efficiency of spikelet production and the

ripening in high yielding Japonica-Indica
hybrid and semidwarf Indica rice vari-

eties. *Jpn. J. Crop Sci.* 60:365-372.