

## 벼 등숙기 엽노화의 품종간 차이 및 수량과의 관계

박재홍 · 이변우<sup>†</sup>

서울대학교 농업생명과학대학 식물생산과학부

### Genotypic Difference in Leaf Senescence during Grain Filling and Its Relation to Grain Yield of Rice

Jae-Hong Park and Byun-Woo Lee<sup>†</sup>

School of Plant Science, College of agriculture and Life Science, Seoul National University; Suwon 441-744, Korea

**ABSTRACT :** This study was conducted to investigate the varietal differences in leaf senescence during ripening stage and its relation to grain yield of rice. During grain filling period leaf senescence was evaluated by SPAD readings (an indirect indicator of chlorophyll content) for 74 varieties including local, improved domestic, and introduced varieties in the field condition. Leaf senescence was varied greatly among 74 varieties. Jodongji and Dadajo known as local rice varieties had significantly lower SPAD value than the other varieties and became senescent rapidly. However, SPAD value of the flag leaf and 2nd leaf of SNU-SG1 were much higher than the other varieties and leaves of SNU-SG1 also showed a tendency of delayed senescence compared to the other varieties. There were significantly positive correlation between cumulated SPAD value of upper leaf (flag leaf and 2nd leaf) during 35 days after heading and grain yield divided by sunshine hour during 40 days of grain filling and compensated for temperature effect, and cumulated SPAD value of the 4th leaf showed negative correlation with the yield. That is, the delayed senescence of the upper leaves and the rapid senescence of lower leaves were positively associated with grain yield increase.

**Keywords :** leaf senescence, SPAD-value, yield, grain filling, rice.

국제미작연구소(IRRI)에서 1965년에 육성한 단간 직립형 초형의 IR8은 수량성이 당시 재래종 품종의 2배로 증대되어 녹색혁명의 기틀을 마련하였다(IRRI, 1997). 우리나라의 경우 종래 주종을 이루어 왔던 자포니카 품종간의 近緣交雜 대신에 IR8을 이용한 日印遠緣交雜에 의하여 단간, 직립, 내비성인 통일을 1971년에 육성하여 획기적인 수량 증대를 가져왔으며 만성적인 쌀 부족에서 벗어나 1976년부터 자급을 달성하게 되었다. IR8과 통일은 반왜성 유전자를 도입하여 기존의 품종에

비하여 단간, 직립 초형이 되었다. 이에 따른 내비성의 향상으로 다비재배가 가능하여 겹고 군락의 수광능율이 향상되었으며, 그리고 비동화기관인 줄기의 생장은 억제된데 반하여 엽면적과 영화수가 증대되어 포장동화능력과 물질수용능력의 동시 증대로 수확지수가 증대된 것은 반왜성 품종이 기존의 품종에 비하여 비약적인 수량성 증대를 가져온 주요인이었다(Chandler, 1972; Janoria, 1989; Lee, 1982). 한편 우리나라의 경우 자포니카 품종에도 1980년대 초반부터 반왜성 유전자를 도입하여 단간, 직립화되어 수량성이 크게 향상되었다(Choi, 1999). 그러나 IR8이후 IRRI에서 육성된 품종들은 내병충성, 미질, 단기성 등의 우량형질은 강화되었지만 잠재수량성(yield potential)은 IR8에 비하여 전혀 향상되지 못하였고(Flinn *et al.*, 1982), 우리나라의 경우도 쌀의 생산성이 1980년대 후반 이후 정체되었다. 인구의 증가를 고려했을 때 향후 3%씩 쌀 생산성이 지속적으로 증대되어야만 쌀 수요 증대를 충족할 수 있는 현실을 감안할 때 쌀 생산성의 증대는 매우 중요한 과제로 등장하였다(IRRI, 1997). 이와 같은 수량성의 정체를 극복하기 위하여 IRRI에서는 새로운 형태의 이상초형으로 무효분얼이 발생하지 않고, 분얼은 3~4개(소얼성)이며, 수당영화수는 200~250개인 수증형이고, 줄기는 90~100 cm이고 강대하며, 잎은 직립이고 두꺼우며, 지엽은 진한 녹색을 띠어 광합성 효율이 높고 노화가 지연되며, 수확지수는 0.6정도인 신초형(new plan type, NPT)을 제안하였다(Dingkuhn *et al.*, 1991). 지금까지 벼에서 품종개량에 의한 수량 증대는 주로 반왜성 유전자 도입에 의한 수확지수의 향상에 기인한 바가 크다. 개량 품종들의 수확지수는 0.5이상으로 한계 수확지수 0.6에 육박하여 수확지수향상에 의한 벼 품종의 수량성 증대를 기대하기는 어렵다. 따라서 벼의 수량성을 향상시키기 위해서는 건물생산성을 증대시키지 않으면 안된다. 군락의 건물생산성을 늘리기 위해서는 엽면적기간(LAD, leaf area duration)을 크게 하여 군락의 수광량을 증대시켜야할 뿐만 아니라 군락의 광이용효율(RUE, radiation use efficiency)을 증대시켜야 한다. 이와 같은 관점에서 등숙기에 노화가 지연되는 특성은 LAD 확대뿐만 아

<sup>†</sup>Corresponding author: (phone) +82-31-290-2303  
(E-mail) leebw@snu.ac.kr <Received February 25, 2003>

나라 RUE를 높여 수량을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다. 이미 옥수수(Tollenaar & Daynariol, 1978; Gentinetta *et al.*, 1986; Ambler *et al.*, 1987), 사탕수수(Evangelista & Tangonan, 1990; Zartman & Wayedwodzic, 1979), 수수(Duncan *et al.*, 1981) 등에서 녹색지속성이 종실수량 향상에 기여하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 벼에서는 등숙기 잎의 노화와 수량성과의 관계에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 벼 재래종, 개량품종 및 외국 수집종 등 74개 품종의 등숙기 엽 노화 특성, 수량관련 형질 등을 조사하여 이들 특성간의 상호 관계 및 엽 노화의 품종간 차이를 검토하여 다수성 품종 육성을 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

**재료 및 방법**

본 실험은 2001년 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 수행하였으며, 공시재료는 국내의 보급품종 71품종(Japonica 65 품종, 통일계는 6품종)과 재래품종 2품종, 수집종 1품종을 사용하였다. 2001년 4월 24일 기계이앙상자에 최아한 종자를 파종, 출아, 녹화시킨 후 비닐보온터널식 절충못자리에서 육묘하여, 5월 19일에 재식밀도 25×15 cm에 1주 3본씩 손 이앙하였다. 질소는 성분량으로 13 kg/10a를 기비로 85%, 나머지 15%는 수비(7월 16일)로 사용하였다. 인산과 칼리는 성분량으

로 각각 10a당 4.7 kg, 5.7 kg을 전량 기비로 사용하였다.

등숙기간 중 잎의 노화 정도를 측정하기 위하여 74품종 각각의 출수일을 3일 간격으로 조사하여 출수 직후 5개 분얼에 표찰을 달고 모든 잎에 대해 출수기로부터 7일 간격으로 35 일동안 6차례에 걸쳐 엽록소계(SPAD502, Minolta사)를 이용하여 엽위별로 잎의 엽록도(SPAD value)를 조사하였다. 엽록도의 측정은 각 생엽의 중간 부위에서 3반복 측정하여 평균하였다. 수량은 각 품종당 3주 3반복으로 채취하여 탈립한 후 정선하여 수분함량 14%로 보정하여 구하였다. Hanyu 등(1966)은 등숙기 40일간의 일조시간당 가능최대수량(기후등숙량수, Y/S)은 같은 기간 중의 평균기온에 의하여 다음 식 ①과 같이 나타낼 수 있다고 하였다. 즉,

$$Y/S = 4.14 \cdot f(T) \tag{①}$$

$$f(T) = 1 - 0.0314 (21.4 - T)^2$$

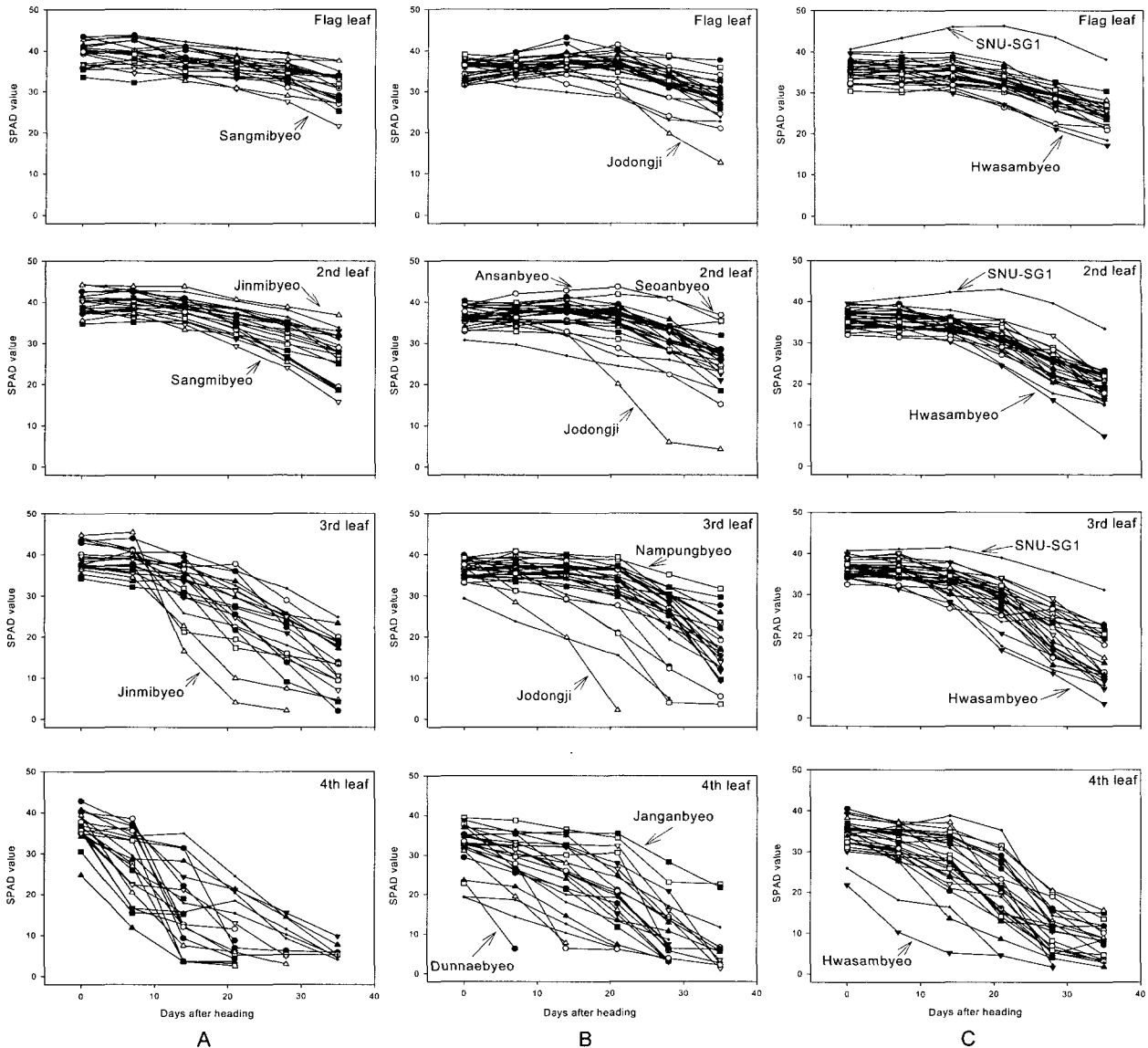
여기서 Y는 수량(kg/10a), S는 등숙기 40일 간의 일조시간(hr), T는 같은 기간의 평균기온(°C)이다. 그런데 이 식은 일본 기후 조건에서 가능 최대값을 나타내는 것으로서 품종과 기후 조건이 달라지면 달라질 수 있다. 따라서 식 ①을 다음과 같은 식 ②로 나타낼 수 있다. 즉,

$$Y/S = f(x) \cdot f(T) \tag{②}$$

여기서 x는 일사와 기온 이외의 기상조건, 등숙기 식물체의

**Table 1.** Rice varieties used for the experiment.

| No. | Variety       | Maturing Character | Ecospeies No. | Variety          | Maturing Character | Ecospeies No. | Variety       | Maturing Character | Ecospeies  |
|-----|---------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|------------|
| 1   | SNU-SG1       | Medium             | Japonica 26   | Bongkwangbyeo    | Medium             | Japonica 51   | Daeyabyeo     | Medium Late        | Japonica   |
| 2   | Daejinbyeo    | Early              | Japonica 27   | Cheongmyeongbyeo | Medium             | Japonica 52   | Donganbyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 3   | Dunnaebyeo    | Early              | Japonica 28   | Donghaebyeo      | Medium             | Japonica 53   | Gyehwabyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 4   | Inweolbyeo    | Early              | Japonica 29   | Gancheonbyeo     | Medium             | Japonica 54   | Hoanbyeo      | Medium Late        | Japonica   |
| 5   | Jinbubyeo     | Early              | Japonica 30   | Hwabongbyeo      | Medium             | Japonica 55   | hwamyongbyeo  | Medium Late        | Japonica   |
| 6   | Jinbulbyeo    | Early              | Japonica 31   | Hwajinbyeo       | Medium             | Japonica 56   | Hwanambyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 7   | Jinmibyeo     | Early              | Japonica 32   | Hwaseongbyeo     | Medium             | Japonica 57   | Hwasmabyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 8   | Joryeongbyeo  | Early              | Japonica 33   | hwayeongbyeo     | Medium             | Japonica 58   | Ilmibyeo      | Medium Late        | Japonica   |
| 9   | Junghwabyeo   | Early              | Japonica 34   | Janganbyeo       | Medium             | Japonica 59   | Ilpumbyeo     | Medium Late        | Japonica   |
| 10  | Keumobyeo     | Early              | Japonica 35   | Juanbyeo         | Medium             | Japonica 60   | Keumnabyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 11  | Mananbyeo     | Early              | Japonica 36   | Keumobyeo #1     | Medium             | Japonica 61   | Mangeumbyeo   | Medium Late        | Japonica   |
| 12  | Namweonbyeo   | Early              | Japonica 37   | Keumobyeo #2     | Medium             | Japonica 62   | Namgangbyeo   | Medium Late        | Japonica   |
| 13  | Obongbyeo     | Early              | Japonica 38   | Kwanganbyeo      | Medium             | Japonica 63   | Nampyeongbyeo | Medium Late        | Japonica   |
| 14  | Sambaegbyeo   | Early              | Japonica 39   | Naepungbyeo      | Medium             | Japonica 64   | Nonghobyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 15  | Samcheonbyeo  | Early              | Japonica 40   | Nonganbyeo       | Medium             | Japonica 65   | Tanjinbyeo    | Medium Late        | Japonica   |
| 16  | Sangjubyeo    | Early              | Japonica 41   | Palpungbyeo      | Medium             | Japonica 66   | Yeongnambyeo  | Medium Late        | Japonica   |
| 17  | Sangmibyeo    | Early              | Japonica 42   | Seoanbyeo        | Medium             | Japonica 67   | Dadajobyeo    | Early              | Local rice |
| 18  | Sangsanbyeo   | Early              | Japonica 43   | Seojinbyeo       | Medium             | Japonica 68   | Jodongjibyeo  | Medium             | Local rice |
| 19  | Sinunbongbyeo | Early              | Japonica 44   | Surabyeo         | Medium             | Japonica 69   | Andabyeo      | Medium             | Tongil     |
| 20  | Sobaegbyeo    | Early              | Japonica 45   | Wonhwangbyeo     | Medium             | Japonica 70   | Baegyongbyeo  | Medium             | Tongil     |
| 21  | Unbongbyeo    | Early              | Japonica 46   | Yeonghaebyeo     | Medium             | Japonica 71   | Dasanbyeo     | Medium             | Tongil     |
| 22  | Undubyeo      | Early              | Japonica 47   | Chucheongbyeo    | Medium Late        | Japonica 72   | Namcheonbyeo  | Medium             | Tongil     |
| 23  | Unjangbyeo    | Early              | Japonica 48   | Daeanbyeo        | Medium Late        | Japonica 73   | Nampungbyeo   | Medium             | Tongil     |
| 24  | Anjungbyeo    | Medium             | Japonica 49   | Daechongbyeo     | Medium Late        | Japonica 74   | Taebaegbyeo   | Medium             | Tongil     |
| 25  | Ansanbyeo     | Medium             | Japonica 50   | Daesanbyeo       | Medium Late        | Japonica      |               |                    |            |



**Fig. 1.** Temporal changes in SPAD readings during grain filling in 74 rice varieties.  
 A : cultivars had heading date between 17 July and 31 July in 2001.  
 B : cultivars had heading date between 1 August and 13 August in 2001.  
 C : cultivars had heading date between 14 August and 21 August in 2001.

생리적 활성 등으로 나타낼 수 있는데 이 연구에서는 등숙기간 중의 엽 노화의 영향을 파악하기 위하여 등숙기간 중 SPAD 적산치를 이용하였다. 즉 식②에서 기후등숙량시수( $Y/S$ )를 온도 효과로 보정한 값( $Y/(S \cdot f(T))$ )과  $x$ , 즉 출수후 35일간의 SPAD 적산값과의 관계를 검토하여 등숙기 앞의 엽록도 및 노화 정도가 수량에 미치는 영향을 검토하였다.

**결 과**

**등숙기 엽노화의 품종간 차이**

출수이후 엽록도(SPAD)는 모든 앞에서 감소를 보였으나 감

소하는 정도와 유형은 품종에 따라 다르게 나타났다(Fig 1). 지엽의 경우 출수이후 14~21일정도까지 대체적으로 증가내지는 유지하는 경향을 보이다 감소하였다. 지엽의 출수기 이후 35일간의 엽색도 감소는 품종평균으로 8.47정도 떨어졌다. SNU-SG1이나 둔내벼 등 일부품종은 출수후 35일의 엽색도와 출수기와 엽록도에서 차이가 없었다. 둔내벼는 출수기 지엽의 엽록도가 36.4였는데 출수후 35일에는 오히려 1.2 증가한 37.62였었고 SNU-SG1은 출수기 엽색도가 40.7이었고 출수후 35일에는 38.2였다. 둔내벼 지엽의 엽록도는 출수기 엽색도의 수치가 출수후 35일까지 커다란 변화 없이 유지 내지는 약간의 변화를 보였었지만 SNU-SG1은 출수후 21일에는 46.22가

Table 2. SPAD values integrated over 35 days after heading in 74 rice varieties.

| No | Varieties        | Heading date | Cumulated SPAD value |          |          |          |          | Total  |
|----|------------------|--------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
|    |                  |              | Flag leaf            | 2nd leaf | 3rd leaf | 4th leaf | 5th leaf |        |
| 1  | SNU-SG1          | 8/16         | 1530.0               | 1418.6   | 1349.5   | 1035.2   | 84.4     | 5417.7 |
| 2  | Daejinbyeo       | 7/29         | 1353.0               | 1182.4   | 1062.8   | 795.6    | 384.6    | 4778.3 |
| 3  | Dunnaebyeo       | 8/1          | 1326.2               | 1298.6   | 796.5    | 125.1    | 49.1     | 3595.6 |
| 4  | Inweolbyeo       | 7/29         | 1407.2               | 1420.2   | 1283.0   | 919.2    | 234.5    | 5264.0 |
| 5  | Jinbubyeo        | 7/26         | 1329.7               | 1222.3   | 1017.0   | 625.8    | 349.9    | 4544.8 |
| 6  | Jinbuolbyeo      | 8/1          | 1172.6               | 1165.9   | 986.9    | 331.5    | 0.0      | 3656.9 |
| 7  | Jinmibyeo        | 7/17         | 1403.0               | 1453.5   | 633.5    | 396.3    | 43.9     | 3930.2 |
| 8  | Joryeongbyeo     | 7/29         | 1248.0               | 1287.0   | 1102.6   | 552.7    | 294.1    | 4484.4 |
| 9  | Junghwabyeo      | 7/29         | 1217.4               | 1296.3   | 860.6    | 442.7    | 45.6     | 3862.7 |
| 10 | Keumobyeo        | 7/26         | 1312.8               | 1313.3   | 1145.1   | 664.4    | 219.2    | 4654.8 |
| 11 | Mananbyeo        | 8/1          | 1147.6               | 1243.3   | 1130.3   | 595.3    | 9.9      | 4126.4 |
| 12 | Namweonbyeo      | 7/20         | 1255.7               | 1220.7   | 891.1    | 499.1    | 159.0    | 4025.6 |
| 13 | Obongbyeo        | 7/26         | 1294.1               | 1297.0   | 1099.3   | 840.6    | 307.7    | 4838.6 |
| 14 | Sambaegbyeo      | 7/26         | 1289.1               | 1277.4   | 1211.7   | 579.7    | 107.5    | 4465.3 |
| 15 | Samcheonbyeo     | 7/26         | 1439.8               | 1359.0   | 952.9    | 574.6    | 133.5    | 4459.7 |
| 16 | Sangjubyeo       | 7/20         | 1126.5               | 1088.4   | 664.9    | 360.9    | 153.6    | 3394.3 |
| 17 | Sangmibyeo       | 7/29         | 1090.8               | 1057.1   | 921.3    | 389.7    | 114.8    | 3573.7 |
| 18 | Sangsanyeo       | 7/29         | 1133.8               | 1123.9   | 988.2    | 321.7    | 44.7     | 3612.2 |
| 19 | Sinunbongbyeo    | 7/29         | 1277.2               | 1346.9   | 1072.4   | 809.1    | 567.0    | 5072.6 |
| 20 | Sobaegbyeo       | 7/17         | 1318.1               | 1309.8   | 1064.6   | 494.1    | 32.2     | 4279.8 |
| 21 | Unbongbyeo       | 7/17         | 1341.4               | 1338.5   | 1133.9   | 221.3    | 22.7     | 4057.8 |
| 22 | Undubyeo         | 7/17         | 1266.2               | 1187.4   | 808.9    | 403.1    | 144.6    | 3810.2 |
| 23 | Unjangbyeo       | 7/23         | 1213.2               | 1174.4   | 973.4    | 508.2    | 190.8    | 4060.0 |
| 24 | Anjungbyeo       | 8/10         | 1202.6               | 1239.9   | 1072.1   | 619.9    | 20.2     | 4154.7 |
| 25 | Ansanbyeo        | 8/7          | 1318.5               | 1451.2   | 1200.4   | 794.6    | 159.4    | 4924.0 |
| 26 | Bongkwangbyeo    | 8/16         | 1126.0               | 1161.0   | 1015.5   | 949.6    | 197.8    | 4449.9 |
| 27 | Cheongmyeongbyeo | 8/16         | 1166.1               | 1116.5   | 1046.8   | 706.8    | 0.0      | 4036.2 |
| 28 | Donghaebyeo      | 8/10         | 1183.6               | 1155.1   | 1049.9   | 657.8    | 118.9    | 4165.3 |
| 29 | Gancheonbyeo     | 8/10         | 1176.0               | 1173.8   | 1110.0   | 692.9    | 208.3    | 4360.9 |
| 30 | Hwabongbyeo      | 8/13         | 1046.2               | 1024.7   | 880.5    | 433.8    | 26.0     | 3411.2 |
| 31 | Hwajinbyeo       | 8/16         | 1049.0               | 1009.9   | 946.8    | 841.0    | 425.1    | 4271.7 |
| 32 | Hwaseongbyeo     | 8/16         | 1157.6               | 1131.5   | 1109.0   | 672.1    | 275.0    | 4345.2 |
| 33 | hwayeongbyeo     | 8/21         | 1071.3               | 1043.2   | 894.8    | 673.6    | 340.0    | 4022.9 |
| 34 | Janganbyeo       | 8/13         | 1208.3               | 1264.3   | 1209.6   | 1142.8   | 418.9    | 5243.9 |
| 35 | Juanbyeo         | 8/13         | 1325.2               | 1275.9   | 1246.9   | 621.2    | 214.3    | 4683.5 |
| 36 | Keumobyeo #1     | 7/26         | 1190.0               | 1114.5   | 946.0    | 329.8    | 113.3    | 3693.5 |
| 37 | Keumobyeo #2     | 8/13         | 1130.1               | 1047.7   | 1004.5   | 880.1    | 492.4    | 4554.8 |
| 38 | Kwanganbyeo      | 7/29         | 1262.5               | 1241.4   | 1115.8   | 687.1    | 114.9    | 4421.6 |
| 39 | Naepungbyeo      | 8/4          | 1268.2               | 1304.8   | 1057.8   | 412.9    | 72.2     | 4115.9 |
| 40 | Nonganbyeo       | 8/13         | 1087.6               | 1127.3   | 1074.9   | 828.5    | 158.6    | 4276.9 |
| 41 | Palpungbyeo      | 8/10         | 1223.3               | 1226.5   | 1107.7   | 891.8    | 434.2    | 4883.6 |
| 42 | Seanbyeo         | 8/4          | 1356.0               | 1407.2   | 1270.1   | 805.5    | 213.1    | 5051.9 |
| 43 | Seojinbyeo       | 8/10         | 1217.5               | 1217.1   | 1211.6   | 664.9    | 228.1    | 4539.2 |
| 44 | Surabyeo         | 8/16         | 1077.0               | 1023.3   | 928.8    | 656.2    | 92.8     | 3778.0 |
| 45 | Wonhwangbyeo     | 8/16         | 1116.6               | 1009.9   | 943.0    | 500.9    | 29.5     | 3600.0 |
| 46 | Yeonghaebyeo     | 8/13         | 1248.9               | 1210.4   | 1183.1   | 855.0    | 186.1    | 4683.6 |
| 47 | Chucheongbyeo    | 8/10         | 1275.2               | 1200.4   | 1097.3   | 961.5    | 449.3    | 4983.7 |

Table 2. Continued.

| No | Varieties     | Heading date | Cumulated SPAD value |          |          |          |          | Total  |
|----|---------------|--------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
|    |               |              | Flag leaf            | 2nd leaf | 3rd leaf | 4th leaf | 5th leaf |        |
| 48 | Daeanbyeo     | 8/21         | 1082.1               | 1087.6   | 1041.3   | 951.4    | 628.1    | 4790.5 |
| 49 | Daecheongbyeo | 8/16         | 1193.1               | 1172.2   | 1143.8   | 657.8    | 322.5    | 4489.3 |
| 50 | Daesanbyeo    | 8/13         | 1265.6               | 1113.6   | 1001.1   | 549.2    | 46.1     | 3975.7 |
| 51 | Daeyabyeo     | 8/16         | 1173.3               | 1015.9   | 961.2    | 768.8    | 332.6    | 4251.8 |
| 52 | Donganbyeo    | 8/18         | 1090.9               | 1051.1   | 1051.6   | 964.4    | 558.6    | 4716.6 |
| 53 | Gyehwabyeo    | 8/18         | 1155.8               | 1059.3   | 942.1    | 584.2    | 97.0     | 3838.3 |
| 54 | Hoanbyeo      | 8/16         | 1150.7               | 1118.5   | 1108.5   | 1056.3   | 672.0    | 5106.0 |
| 55 | hwamyongbyeo  | 8/16         | 1196.9               | 1103.9   | 931.8    | 648.5    | 164.2    | 4045.3 |
| 56 | Hwanambyeo    | 8/16         | 1168.2               | 1078.4   | 1094.9   | 899.9    | 111.6    | 4353.0 |
| 57 | Hwasmabyeo    | 8/18         | 965.3                | 879.6    | 738.2    | 228.4    | 0.0      | 2811.6 |
| 58 | Ilmibyeo      | 8/18         | 960.1                | 972.8    | 881.7    | 691.0    | 343.2    | 3848.8 |
| 59 | Ilpumbyeo     | 8/21         | 1000.3               | 951.0    | 816.2    | 361.9    | 0.0      | 3129.4 |
| 60 | Keumnambyeo   | 8/21         | 1254.6               | 1186.6   | 1068.3   | 766.4    | 343.4    | 4619.4 |
| 61 | Mangeumbyeo   | 8/18         | 1214.9               | 1103.5   | 1088.4   | 922.9    | 419.0    | 4748.7 |
| 62 | Namgangbyeo   | 8/21         | 1149.7               | 1083.5   | 1172.0   | 910.8    | 53.6     | 4369.5 |
| 63 | Nampyeongbyeo | 8/21         | 1023.6               | 1053.6   | 1075.7   | 1023.4   | 495.4    | 4671.7 |
| 64 | Nonghobyeo    | 8/21         | 1094.2               | 1059.2   | 995.5    | 697.1    | 272.6    | 4118.5 |
| 65 | Tamjinbyeo    | 8/18         | 1258.6               | 1094.2   | 1079.9   | 842.0    | 311.1    | 4585.8 |
| 66 | Yeongnambyeo  | 8/18         | 1119.9               | 1053.9   | 982.6    | 769.6    | 336.8    | 4262.8 |
| 67 | Dadajobyeo    | 8/1          | 983.2                | 898.0    | 548.6    | 283.9    | 23.8     | 2737.5 |
| 68 | Jodongjibyeo  | 8/10         | 1014.3               | 786.1    | 480.9    | 298.5    | 40.3     | 2620.0 |
| 69 | Andabyeo      | 8/16         | 1131.0               | 1054.3   | 883.1    | 793.7    | 141.2    | 4003.5 |
| 70 | Baegyongbyeo  | 8/7          | 1233.6               | 1266.9   | 1147.0   | 672.8    | 213.4    | 4533.8 |
| 71 | Dasanbyeo     | 8/4          | 1285.1               | 1235.5   | 1154.9   | 942.7    | 341.6    | 4959.8 |
| 72 | Namcheonbyeo  | 8/7          | 1218.6               | 1238.8   | 1091.7   | 708.7    | 112.1    | 4369.8 |
| 73 | Nampungbyeo   | 8/7          | 1205.8               | 1286.5   | 1312.2   | 1146.0   | 460.3    | 5410.7 |
| 74 | Taebaegbyeo   | 8/7          | 1205.5               | 1069.7   | 722.8    | 79.7     | 28.4     | 3106.1 |
|    | Average       |              | 1199.6               | 1166.7   | 1018.8   | 662.0    | 211.0    | 4258.0 |
|    | Max           |              | 1530.0               | 1453.5   | 1349.5   | 1146.0   | 672.0    | 5417.7 |
|    | Min           |              | 960.1                | 786.1    | 480.9    | 79.7     | 0.0      | 2620.0 |
|    | CV(%)         |              | 9.4                  | 11.7     | 16.4     | 36.7     | 80.0     | 14.2   |

지 증가하였다가 감소하였다. 지엽의 SPAD값 감소는 조동지가 가장 커서 출수기 때 엽색도가 34.68이던 것이 출수후 35일에는 12.68로 22정도 떨어졌다.

2엽도 지엽과 마찬가지로 21일까지 대체적으로 증가 내지는 유지하는 경향을 보이지만 14일 이후부터는 품종간 유형의 차이를 보여서 대부분의 품종이 SPAD 값의 급격한 감소가 있었다. 출수 후 35일까지 품종평균으로 엽록도는 13.58감소하였다. 하지만 안산, 서안, SNU-SG1은 21일까지 증가하는 추세를 보인후 완만한 감소를 보여서 출수후 35일동안 3~6정도 밖에 감소하지 않았다. 반면 재래도인 조동지는 출수기 엽색도가 35.7이었지만 출수후 35일에는 32감소한 4정도였다.

3엽은 출수 후 증가하는 경향을 보이지 않았고 대부분 14일경까지 유지하거나 아니면 감소를 보였다. 특히 조동지나 다

다조 같은 재래도에 있어서 급격한 감소를 보였고 통일계인 태백도 SPAD 값이 다른 품종들보다 낮았다. 4엽에서도 3엽과 마찬가지로 재래도인 다다조, 조동지의 SPAD 값이 낮은 수치를 보였고, 출수 후 급격한 감소를 보여서 21일 이후에는 하위엽이 완전노화되었다. 장안과 SNU-SG1은 출수 후 21일까지 높은 SPAD value를 유지하였고 21일 이후 SNU-SG1은 급격한 감소를 보인 반면 장안벼는 다른 품종에 비해서 완만한 감소를 보였다.

출수 이후 5엽과 6엽이 존재하지 않는 품종이 있었다. 일품벼, 진부 올벼, 청명벼, 화삼벼의 5엽은 출수기 이후 존재하지 않았고 출수후 14일 이후에는 50% 이상의 품종이 5엽을 잃었다. 출수기 때에 6엽을 가지고 있는 품종은 다산벼와 화진벼를 비롯한 28개 품종이었다. 출수 후 21일 이후에는 이들

품종에서도 6엽을 볼수 없었다.

Table 2는 각 품종의 출수기부터 출수 후 35일까지 측정된 SPAD값을 적산한 것이다. 적산한 SPAD값이 큰 것은 작은 것보다 같은 기간 중에 높은 엽색도를 유지함을 의미한다. 전체 품종의 각 엽위별 엽색도 적산값은 하위엽으로 내려갈수록 작아지고 품종간의 변이도 커짐을 알 수 있다. 지엽의 SPAD 적산값은 최대 1530(SNU-SG1)에서 최소 960(일미벼)의 범위이고 평균은 1199.7이었다. 2엽은 최대 1453(진미벼)에서 최소 786(조동지)의 범위이고 평균은 지엽과 큰 차이가 없는 1166이었다. 3엽은 최대 1350(SNU-SG1)에서 최소 480(조동지)의 범위이고 평균은 1019이었다. 4엽은 최대 1146(남풍벼)에서 최소 80(태백벼)의 범위이고 평균은 662였다. 5엽은 최대 672(호안벼)에서 엽이 없는 품종까지 있었고 평균은 211이었다. 4엽과 5엽의 엽색도 적산값이 크게 감소함을 알 수 있다. 지엽과 2엽의 엽색도 적산값의 차이는 33이었고 2엽과 3엽의 차이는 148이었고 3엽과 4엽의 차이는 357이었고 4엽과 5엽의 차이는 450이었다. 또한 품종마다 엽위별 노화의 정도가 달랐다. 조동지나 SNU-SG1 등은 지엽의 엽색도 적산값이 2엽보다 100이상 높았고 서진벼나 금오벼 등은 지엽의 엽색도 적산값과 2엽간에 차이가 거의 없었다. 반면에 안산벼처럼 오히려 2엽의 엽색도 적산값이 지엽의 적산값보다 높은 품종들도 있었다. 2엽과 3엽간에도 지엽과 마찬가지로 진미벼나 둔내벼 등은 3엽보다 2엽의 엽색도 적산값이 높았고 서진벼나 동안벼 등은 2엽과 3엽의 엽색도 적산값이 비슷했으며 남강은 3엽의 엽색도 적산값이 2엽보다 높았다. 3엽과 4엽의 엽색도 적산값의 차이는 상위엽간의 차이와는 달리 모든 품종에서 3엽이 4엽의 값보다 높았다. 상위 1엽, 2엽, 3엽간에는 품종에 따라 등숙기 엽노화 정도의 차이나 우선순위가 달랐지만 하위엽인 3엽, 4엽, 5엽은 모든 품종에서 하부에 있는 엽이 상부의 엽보다 엽노화가 빨랐음을 알 수 있었다.

Fig. 2는 출수일에 따른 각 품종의 엽위별 엽색도의 적산값이다. 상위 1엽과 2엽은 출수가 늦어질수록 엽의 노화가 빠른 경향을 보였고 반면 하위엽은 출수가 늦을수록 노화가 느린 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 품종의 출수기가 다름에도 동일한 날자인 7월 16일에 수비가 일괄 처리되었기 때문에 출수기가 빠른 품종은 상위엽의 신장기에 수비의 영향을 크게 받은 반면에 출수기가 늦은 품종은 하위엽이 신장하는 시기에 수비의 영향을 크게 받았기 때문인 것으로 판단된다. 출수일이 비슷하여 수비의 영향이 같을 것으로 생각되는 경우에도 품종간에 엽색도의 큰 변이를 보였다. 특히 8월 16일에 출수한 품종인 SNU-SG1은 같은 날에 출수한 다른 품종들뿐만 아니라 이보다 빨리 출수하여 수비의 영향을 더 크게 받은 품종들 보다는도 지엽, 2엽 3엽의 상위엽 엽색도가 가장 높아 노화가 늦게 진행되었다. 반면에 재래종인 조동지와 다다조는 다른 품종들보다 엽노화가 매우 빨리 진행되는 품종들이었다.

엽노화와 수량과의 관계

수량과 등숙기 35일 동안의 SPAD값 적산값과 수량과의 상관관을 나타낸 것이 Table 3이다. 수량과 SPAD 적산값과는 엽위에 관계 없이 유의한 상관관이 인정되지 않았다. 그러나 각 품종의 출수기가 다름에서 오는 등숙기간 중 기상의 영향을 배제하기 위하여 수량을 등숙기간 중의 일조시수로 나누고 또한 기온의 영향을 보상하여 온도보상 기후등숙량시수에 대한 SPAD 적산값 즉 노화의 영향은 엽위에 따라 달랐다. 지엽과 2엽은 온도보상 기후등숙량시수와 SPAD 적산값 간에 고도로 유의한 정의 상관관이 있어서 노화가 지연될수록 수량에 정방향의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 3엽의 SPAD 적산값과 온도보상 기후등숙량시수간에는 상관관이 인정되지 않았고, 제

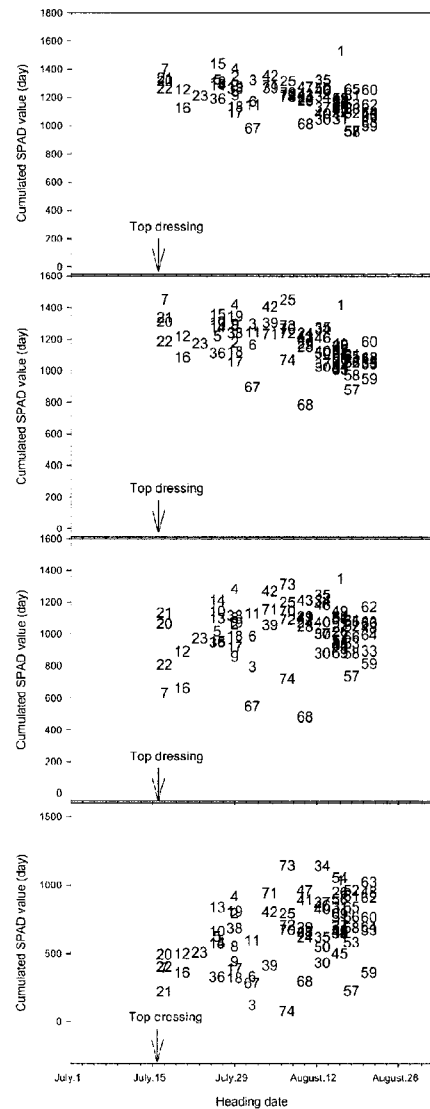
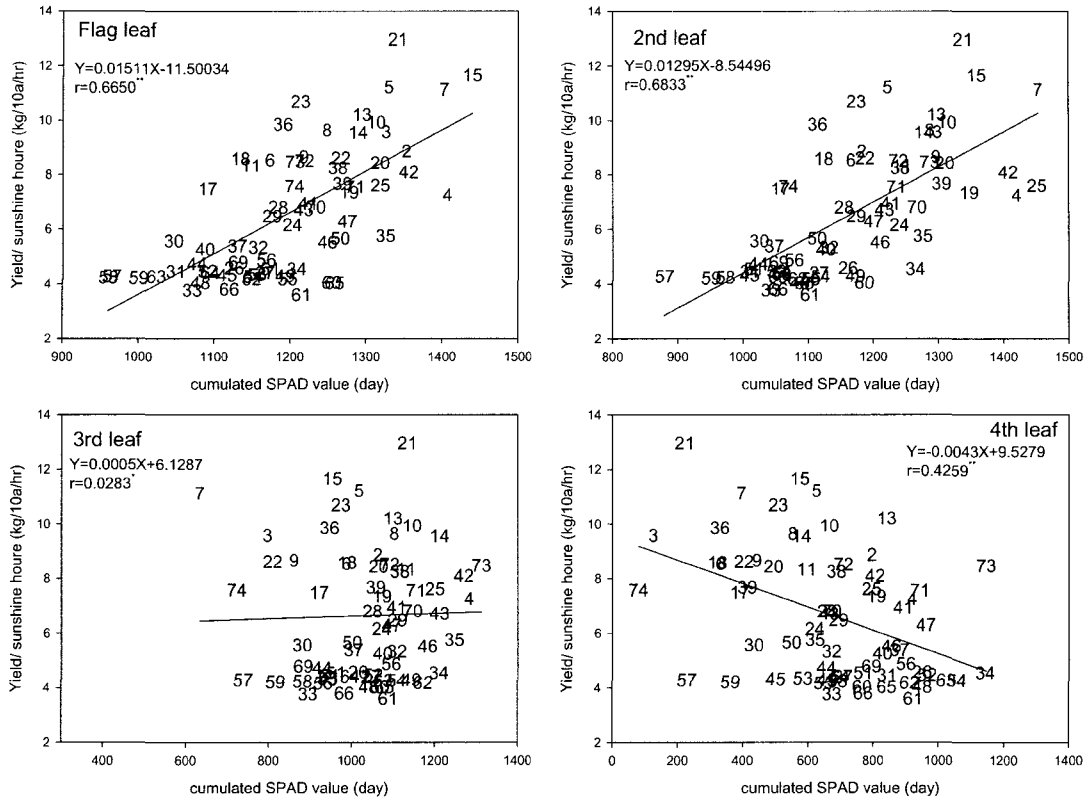


Fig. 2. Integrated SPAD values plotted against heading date of each variety. Numbers in the graph indicate cultivars as in Table 1. Graphs from the top correspond to the flag, 2nd, 3rd, and 4th leaf.



**Fig. 3.** Relationship between cumulated SPAD value for 35 days after heading and grain yield per sunshine hour. Yield per sunshine hour for 40 days after heading was compensated for temperature effect by deviding it with  $\{1 - 0.0314(T - 21.4)^2\}$  according to Hanyu *et al.*(1966). T is average air temperature for 40 days after heading. Numbers indiate cultivars as in Table 1.

**Table 3.** Correlation coefficeint of grain yield with the SPAD values cummulated during 35 days after heading in 74 rice varieties.

| Item        | Cummulated SPAD value of |                      |                     |                     |                     |
|-------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|             | Flag leaf                | 2nd leaf             | 3rd leaf            | 4th leaf            | Total               |
| Grain yield | -0.002 <sup>ns</sup>     | -0.041 <sup>ns</sup> | 0.186 <sup>ns</sup> | 0.233 <sup>ns</sup> | 0.154 <sup>ns</sup> |

4엽의 SPAD 적산값과는 유의한 부의 상관성이 인정되어 4엽의 노화는 오히려 빨리 진행될수록 수량에 정의 영향을 주는 것으로 판단되었다. 지엽에서 4엽까지의 적산 총 SPAD 적산값과 온도보상 기후등숙량시수와의 상관은  $r = 0.128$ 로 유의하지 않았다.

**고 찰**

SPAD값은 엽록소함량 및 질소함량과 높은 정의 상관을 보이며, 특히 엽록소a의 함량과 SPAD값은 품종과 시기에 관계없이 같은 직선관계를 나타내어 엽록소a 함량의 간접측정 방법으로 이용될 수 있어(Kim *et al.*, 2002) 잎 노화의 간접적인 지표로 이용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 등숙기간 중 잎의 노화 정도를 측정하기 위하여 엽록소계(SPAD-502, Minolta Inc.)로 엽록도(SPAD값)를 측정하였는데, 등숙기간 중

SPAD값은 품종간, 엽위간 큰 차이를 보이며 감소하였다. Kim & Akita(1990)는 엽절편의 노화정도는 생육단계에 따라 다르고 출수기 지엽의 엽절편의 노화는 품종간 상이하여 남풍벼, 태백벼등은 노화가 느리고, 화성벼, 소백벼등은 노화가 빠르다고 했지만 본 실험에서 소백벼의 지엽은 오히려 남풍벼나 태백벼보다 높은 엽록도 적산값을 보여 비파괴적방법과 엽절편을 통한 노화의 측정에 차이가 있었는데, Park(1991)도 같은 결과를 보고하였다. 잎을 식물체에서 잘라내면 노화과정 중 일어나는 탄수화물, 질소 등 분해산물의 정상적인 유출이 방해되어 엽절편의 노화는 완전한 식물체내에서의 노화와 다른 양상을 보이기 때문이다(Nooden, 1988; Thimann, 1980). 재래도인 조동지와 다다조는 엽록도가 다른 보급품종들에 비해 특이적으로 낮은 엽록도 적산값을 보여서 그동안 육성된 품종들은 엽록도가 높아지는 방향, 즉 엽록소와 엽질소함량을 높이는 방향으로 육성되어 온 것으로 판단된다. 공시품종 중 지엽, 2엽 및 3엽에서 가장 높은 SPAD적산값을 보인 품종은 SNU-SG1이었다(Fig. 1, Table 2). SNU-SG1은 같은 출수기의 품종들뿐만 아니라 출수기가 빨라 7월 16일의 질소 수비의 영향을 크게 받았던 품종들 보다는 높은 SPAD값을 보여(Fig. 2) 높은 녹체지속성(stay-green)의 특성을 가진 품종인 것으로 판단되었다.

본 연구에 사용된 품종들의 출수기는 7월 17일부터 8월 21일까지 매우 범위가 넓어 각 품종들의 등숙기 기상 조건도 다양하다. 이와 같은 출수기의 다양한 기상조건에 의한 영향을 배제하지 않고 단순히 잎의 노화와 수량과의 관계를 검토한 결과 수량과 SPAD 적산값과는 상관이 인정되지 않았다(표 3). 수량에 영향을 미치는 중요한 등숙기 기상조건은 일조시간 또는 일사량과 기온이다. Hanyu 등(1966)은 수량을 출수후 40일간의 적산 일조시수로 나눈 것을 기후등숙량시수라고 하였고, 잠재 기후등숙량시수는 등숙기 40일간의 평균온도의 2차 함수 관계가 있음을 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 Hanyu 등(1966)이 보고한 식에 따라 온도보정을 한 기후등숙량시수와 등숙기 엽노화와의 관계를 검토하였다. 온도보정 기후등숙량시수는 지엽 및 2엽의 등숙기 35일간의 SPAD 적산치와 매우 높은 정의 상관을 보였으며, 제 4엽은 유의한 부의 상관을 보였다(Fig. 3). 상위엽은 엽색이 짙고 노화가 늦으며 하위엽은 빨리 노화하는 특성이 수량성 향상에 유리한 것으로 판단되었다. 그런데 Park(1991)은 엽록도와 이삭증과는 관계가 없다고 하여 본 연구와 상반된 결과였는데 이는 공시한 품종의 출수기 차이에 따른 등숙기 기상환경의 차이에서 오는 영향을 고려하지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

사 사

위 연구는 21세기프론티어연구개발사업인 작물유전체기능연구사업단의 연구비 지원(CG3211)에 의해 수행되었다.

참고문헌

Ambler, J. R., P. W. Morgan, and W. R. Jordan. 1987. Genetic regulation of senescence in a tropical grass. In: Thomson WW, Nothnagel EA, Huffaker RC, eds. Plant senescence : its biochemistry and physiology. Rockville, MD: The American Society of Plant Physiologists: 43-53.

Chandler, R. F. Jr. 1972. the impact of the improved tropical plant type on rice yields in South and Southeast Asia. In: Rice Breeding. Intl. Rice Res. Inst. Los Baños. Philippines: 77-85.

Choi, H. C. 1999. Review of achievements in rice research through RDA journal of agricultural Science. *RDA. J. Agri. Sci*<Special

*issue*>:52-62.

Dingkuhn, M., F. W. T. Penning, S. K. de Datta, and H. H. van Laar. 1991. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. In Direct Seeded Flooded Rice Type in the Tropics. IRRI.

Duncan, R. R., A. J. Bockholt, and F. R. Miller. 1981. Descriptive comparison of senescent and nonsenescent sorghum genotypes. *Agron. J.* 73(5): 849-853.

Evangelista, C. C. and N. G. Tangonan. 1990. Reaction of 31 non-senescent sorghum genotypes to stalk rot complex in southern Philippines. *Tropical Pest Management* 36:214-215.

Flinn, J. C., S. K. de Datta, and E. Labadan. 1982. An analysis of long-term rice yields in a westland soil. *Field Crops Res.* 5:201-216.

Gentinetta, E., D. Ceppi, G. Perice, M. Motto, and F. Salamini. 1986. A major gene for delayed senescence in maize. Pattern of photosynthates accumulation and inheritance. *Plant Breeding* 97:193-203.

Hanyu, J., T. Uchijima, and S. Sugawara. 1966. Studies on the Agro-climatological Method for Expressing the Paddy Rice Products, *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp.* 34: 27-36.

IRRI. 1997. Rice Almanac(2nd. Ed.) :181.

Janoria, M. P. 1989. A basic plant ideotype for rice. *Intl. Rice Newsl.* 14(3):12-13.

Kim, C. K. and S. Akita. 1990. Varietal Difference of Leaf Senescence in Rice. *RDA J. Agric. Sci <Rice>* 32(1):21-33.

Kim, D. S., Y. H. Yoon, J. C. Shin, J. K. Kim, and S. D. Kim. 2002. Varietal Difference in Relationship between SPAD Value and Chlorophyll and Nitrogen Concentration in Rice Leaf. *Korean J. Crop Sci.* 47(3): 263-267.

Lee, E. W. 1982. Variation of rice production for two decades before and after breeding Tongil variety in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 27(3): 183-192.

Nooden, L. D. 1988. The phenomena of senescence and aging. In: LD Nooden, AC Leopold, eds, Senescence and Aging in Plant. Academic Press, San Diego: 2-50.

Park, T. S. 1991. Physiological aspects of leaf senescence during spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. Diss. Univ. of philippines at Los Baños. The Philippines.

Thimann, K.V. 1980. The senescence of leaves. In: K.B. Thimann ed. Senescence in plants. CRC Press, Inc.:85-116.

Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978. Leaf senescence in short-season maize hybrids. *Canadian Journal of Plant Science* 58:869-874

Zartman, R. E. and R. T. Woyewodzic. 1979. Root distribution patterns of two hybrid grain sorghums under field conditions. *Agronomy Journal* 71: 325-328.