

水稻의 登熟期間 및 登熟速度 研究

I. 品種間 差異 및 窒素의 影響

趙東三* · 鄭丞根* · 朴然圭* · 孫錫龍*

Studies on the Duration and Rate of Grain Filling in Rice (*Oryza sativa* L.)

I. Varietal Difference and Effects of Nitrogen

Dong Sam Cho*, Seung Keun Jong*, Yeon Kyu Park* and Suk Yeong Son*

ABSTRACT

Understanding grain filling characteristics represented by grain filling duration and grain filling rate is important in improving higher yielding varieties and developing better cultural methods of rice (*Oryza sativa* L.). Recently developed 6 Japonica and 6 Japonica/Indica varieties were grown under 3 nitrogen levels at Experimental Farm of Chungbuk National University in 1986. The range of grain filling duration of 12 varieties was 20.9-39.0 days, while grain filling rate ranged from 53.8 to 136.6 mg-panicle⁻¹·day⁻¹. Although the difference of the average grain filling duration between Japonica varieties and Japonica/Indica was less than 4 days, the average grain filling rate of Japonica/Indica varieties was greater than Japonica more than 30%. Samgangbyeol showed the shortest grain filling duration of 21.0-24.2 days and the greatest grain filling rate of 119.3-143.8 mg·panicle⁻¹·day⁻¹ under 3 nitrogen levels, while Seomjinbyeol and Milyang 23 showed the quite opposite grain filling characteristics. Nitrogen levels did not show any significant effects on grain filling characteristics. Negative correlation was found between grain filling duration and grain filling rate, and significant positive correlations of grain filling rate with grains/panicle, grain weight and panicle weight indicated that grain filling rate is more important characteristics of grain filling. Pathway analysis revealed that contribution of grain filling rate to panicle weight is rather indirect through grain weight.

摘 要

作物의 生育段階를 통하여 收量의 成立過程을 理解하는 것은 作物의 安定性 있는 多收穫栽培技術體系의 確立과 新品種育成的 基礎資料로서 매우 重要하다. 禾穀類는 主로 種實生産을 目的으로 栽培하므로 生育의 最終段階인 登熟過程을 理解하기 위한 試圖가 여러 作物에서 이루어지고 있다. Evans 등¹⁾은 禾穀

類에 있어서 作物이나 品種間的 登熟特性을 登熟期間과 登熟速度로 區分하여 比較할 수 있다고 하였는데, 이들 登熟特性이 여러 作物에서 遺傳的인 差異가 있음이 認定되고 있다.^{4,7,10,20)}

水稻의 登熟期間은 品種이나 環境에 따라서 많은 變異가 있다. 安¹⁾과 金 등¹⁰⁾에 의하면 水稻의 登熟期間은 15~40日 範圍인데 供試品種中 IR1317-266-34가 가장 짧았고, IR747은 25日, Yoneshiro, 振興, 水原 256號 등은 40日이 되어야 登熟이 完了된

* 忠北大學校 農科大學 (College of Agriculture, Chungbuk Nat'l. Univ., Cheongju 310, Korea)

** 이 論文은 1986年度 文敎部 學術研究 助成費에 의하여 研究되었음. <1987. 3. 4 接受>

다. Sasahara 등²⁶⁾은 Japonica와 Indica의 27個品種에 대하여 登熟特性을 調査한 결과 全體 登熟期間은 36~51日의 範圍였는데 登熟盛期の 直線의 乾物增加期間은 10~21日로 Indica品種들이 4~10日程度 짧다고 報告하였다. 한편 Jones 등¹⁴⁾은 California에서 出穗日數가 93~121日인 15個品種의 登熟期間은 31.0~38.8日로서 品種間 差異가 적었다고 하였다. 登熟期間은 溫度에 의하여 크게 影響을 받는 것으로 알려져 있는데, 李¹⁷⁾는 登熟期間의 平均溫度가 1℃ 올라감에 따라 登熟日數는 1.73日씩 短縮되어, 28℃에서는 登熟期間이 34日程度이나 18℃에서는 早生種이라도 44日 이상, 中·晚生種은 50日 이상이 걸린다고 報告했다.

한편, 水稻의 登熟速度에 대하여 金 등¹⁶⁾은 $44.5 \sim 60.0 \text{mg} \cdot \text{day}^{-1}$, Jones 등¹⁴⁾은 $54.0 \sim 90.9 \text{mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 報告한 바 있으며, Sasahara 등²⁶⁾은 27個品種의 登熟最盛期の 登熟速度가 穗當 $173 \sim 610 \text{mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 範圍라고 하여 品種이나 調査者에 따라 큰 差異가 있다. Sasahara 등²⁶⁾은 Indica品種들이 Japonica品種들보다, 大粒種이 小粒種보다 登熟速度가 높다고 하였으며, Nagato 등²¹⁾도 Indica品種들의 登熟速度가 더 높다고 報告하였다. 洪 등¹²⁾은 育成年代가 다른 25個品種의 登熟速度를 比較하여 在來種들이 育成品種들보다 最近 育成品種들이 1950年代에 育成된 Japonica品種들보다 登熟速度가 빠르다고 하였다.

收量과 登熟特性間의 關係에서 安¹⁾은 登熟期間보다 登熟速度가 더 重要하다고 하였으며, Jones 등¹⁴⁾, Tsunoda³⁰⁾도 같은 結果를 報告하였다. 귀리에서도 登熟速度가 收量과 더 密接한 關係가 있는 것으로 알려져 있다.²⁰⁾ 한편 보리, 밀, 옥수수, 콩 등에서는 登熟期間이 收量에 더 큰 影響을 미치며, 登熟期間의 延長에 의한 收量增大의 可能性이 높다는 報告도 있다.^{2, 7, 9, 10, 11, 15, 22, 28)} 그러나 같은 作物에서도 相反되는 報告가 있어 좀더 자세한 檢討가 必要하다고 생각된다.

水稻의 登熟은 上位節位葉의 同化能力에 크게 影響을 받는데^{3, 19)} 出穗期前에는 窒素含量이 적은 것이 出穗期 稻體內的 炭水化合物含量이 많아 登熟에 좋으며, 出穗後에는 窒素供給이 充分하여야만 蛋白態窒素 및 葉綠素의 合成이 잘 되어 光合成能力을 높여서 登熟을 좋게하는 것으로 알려져 있다.^{24, 30, 31, 32)} 李等¹⁶⁾은 出穗前 葉身內 窒素含量이 2.2%일 때 登熟率이 높다고 하였으며, Nozaki 등²³⁾도 出穗期葉身の 窒素含量이 2.3%에서 NAR이 最大로 되며 이보다 높으

면 NAR이 減少된다고 하였는데, 窒素含量이 너무 높으면 炭水化合物의 轉流가 阻害되어 登熟이 나빠진다고 하였다. 少肥下에서는 登熟速度가 빠르며 多肥性品種들은 穎果의 成熟이 늦어져 登熟期間이 길어지므로²⁹⁾ 品種의 耐肥性과 施肥量이 登熟 期間이나 登熟速度에 影響을 미치고 있음이 示唆된다. 그러나 施肥量이 登熟特性에 미치는 影響에 대한 詳細한 內容은 報告된 바 없다.

따라서 本研究은 水稻의 登熟特性이 品種에 따라서 어떻게 다르며 窒素施肥量이 登熟特性에 어떠한 影響을 미치는 가를 究明하여 水稻栽培技術의 改善 및 品種育成에 必要한 基礎資料를 얻고자 試驗을 實施하였다.

材料 및 方法

最近에 育成된 品種中에서 早晚性이 다른 農白, 大成벼, 常豐벼, 大清벼, 秋晴벼, 蠶津벼(이상 Japonica), 太白벼, 白羊벼, 龍門벼, 三剛벼, 密陽 23號, 統一벼(이상 統一型) 등 12個品種을 供試하였다. 1986年 5月 28日 忠北大學校 農科大學 實驗園場에 40日苗를 $30 \times 15 \text{cm}$ (3.3m^2 當 72株)의 距離로 株當 3本씩 移秧하였다. 施肥는 窒素를 3水準(Japonica는 10a當 10, 15, 20kg, 統一系는 12, 18, 24kg; 以下 各各 N_1, N_2, N_3 로 表記함)으로 하여 基肥, 分蘖肥, 穗肥를 各各 50, 35, 15%의 比率로 分施할 豫定이었으나 出穗期 前後의 氣象條件이 不良하여 穗肥는 施用하지 안하였다. 磷酸과 加里는 各各 10a當 10, 15kg을 全量 基肥로 하였다. 肥料種類는 窒素, 磷酸, 加里에 대해서 各各 尿素, 重過石 및 鹽化加里로 施用하였다. 雜草防除는 移秧後 Butachlor를 處理하였으며, 稻熱病 및 二化螟蟲 豫防을 위하여 아이비粒劑와 다수진粒劑를 2回 撒布하였다. 試驗區 配置는 品種群(Japonica, 統一型)別로 窒素施肥量을 主區, 品種을 細區로 한 分割區配置 2反復으로 하였다.

登熟特性 調査는 出穗期에 試驗區別로 出穗程度가 類似한 이삭을 Aluminium foil strip으로 標識하고, 5日間隔으로 5이삭씩 採取하였다. 採取한 이삭은 70℃의 乾燥器에서 乾燥한 후 乾物重을 測定하였다. 收量 및 收量構成要素는 이삭을 採取하지 않은 中央列에서 10株를 收穫하여 調査하였다. 登熟特性的 調査는 Johnson & Tanner¹³⁾의 方法을 變形한 回歸分析法에 의하였다. 즉 乾物重의 增加가 直線의 으로

이루어지는 期間을 그래프상에서 品種別로 찾아낸 후 그 期間의 乾物重과 出穗後 日數를 利用한 直線回歸式의 기울기를 登熟速度로 하고 最大穗重을 登熟速度로 나눈 값을 登熟期間으로 하였다. 反復別로 登熟期間과 登熟速度를 計算한 후 分散分析을 實施하였으며 登熟特性, 收量構成要素 및 收量間의 相互關係를 相關分析과 經路係數分析으로 檢討하였다.

結果 및 考察

供試한 12個 品種의 出穗日과 移秧後 出穗日까지의 日數 및 窒素水準別 各 品種의 稈長과 穗長은 表 1과 같다. 出穗日은 大成벼가 가장 빨라 移秧 57日後인 7月 24日이었으며, 秋晴벼, 蟾津벼, 統一은 8月 18日에 出穗하여 大成벼보다 25日이 늦었다. N₁에서 Japonica品種들의 稈長은 60.5~78.3cm였으며 統一型은 48.4~71.1cm였다. 統一型 品種들은 窒素施肥量이 增加할수록 稈長이 길어지는 傾向이었으나 Japonica品種들은 N₂와 N₃에서는 뚜렷한 差異가 없었다. 穗長은 統一系 品種들이 Japonica 品種들보다 길었으며 窒素施肥量에 따른 穗長의 變化는 稈長의 境遇에서와 비슷하였다.

株當穗數는 Japonica 品種들이 統一型 品種들보다 많았으며 N₂水準에서의 株當穗數가 N₁이나 N₃水準보다 다소 많은 傾向이었다(表 2). 그러나 穗當粒數는 Japonica 品種들의 79.0~100.8個에 비하여 統一型 品種들은 30%程度 더 많은 105.8~136.7個이었

다. 粒重도 統一型 品種들이 더 무거웠다. Japonica 品種들의 穗當粒數나 粒重은 窒素施肥水準에 따라 일정한 傾向을 보이지 않았으나 統一型 品種들은 窒素施肥量이 增加될 수록 穗當粒數와 粒重이 많아졌다.

稔實率은 모든 品種들이 窒素施肥量이 많아짐에 따라 減少되는 傾向이었으며, 品種間 差異도 많아 農白·太白벼, 三剛벼는 90%가 넘었고, 蟾津벼와 統一은 70%內外이었다. 正租收量은 10a當 484~670 kg 이었는데 早生種일수록 낮았고 晩生種일수록 많았다. 또한 窒素施肥量이 많을수록 數量은 增加되는 傾向이었다.

以上の 結果를 綜合하여 보면 供試品種들의 生育은 正常的이었으며 窒素施肥量에 대한 反應도 이미 報告된 結果²⁵⁾와 一致하여 本試驗의 結果를 利用한 登熟特性의 分析은 無理가 없을 것으로 判斷되었다.

出穗期로부터 5日間隔으로 採取한 이삭의 平均穗重을 利用하여 直線回歸式을 適用하여 登熟期間과 登熟速度를 求하였다. 本試驗에서는 10回의 標本採取를 하였는데 分析結果 登熟速度를 計算하는 데는 出穗後 5日부터 約 5日間隔으로 4~5回의 標本採取만 하여도 充分한 것으로 判斷된다(그림 1 參照). 水稻의 出穗는 株間 및 株內의 籾子間 差異가 있으므로 登熟特性의 調査를 위해서는 同一한 날에 出穗한 이삭을 標識한 후 標本을 採取하거나 標本數를 充分히 하여야 할 것이다.

供試된 品種들의 窒素水準別 登熟期間과 登熟速度는 表 3과 같다. 登熟期間은 20.9~39.0日이었는데 三

Table 1. Heading date, plant height and panicle length of 12 rice varieties grown under 3 nitrogen levels.

Varieties	Heading		Culm length				Panicle length			
	Date	DAT*	N ₁	N ₂	N ₃	Average	N ₁	N ₂	N ₃	Average
Japonica			cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Nongbaeg	July 28	61	66.8	78.3	75.4	73.5	19.6	19.5	18.0	19.0
Daeseongbyeo	July 24	57	60.5	62.0	61.9	61.5	18.9	19.5	17.9	18.8
Sangpungbyeo	Aug. 11	75	68.4	70.9	65.5	68.3	20.2	19.3	19.6	19.7
Daechongbyeo	Aug. 14	78	68.6	71.1	75.5	71.7	19.3	18.5	21.0	19.6
Chucheongbyeo	Aug. 18	82	68.5	65.5	64.7	66.2	18.9	18.0	17.6	18.2
Seomjinbyeo	Aug. 18	82	67.9	72.4	74.0	71.4	19.9	21.1	19.6	20.2
Average			66.8	70.0	69.5	68.8	19.5	19.3	19.0	19.3
Japonica/Indica										
Taebaegbyeo	July 31	64	55.6	56.5	63.8	58.6	19.9	22.7	21.3	21.3
Baegyongbyeo	July 31	64	53.4	58.2	52.4	54.7	20.9	20.8	22.1	21.3
Yongmoonbyeo	Aug. 1	65	59.7	61.6	63.6	61.6	19.7	22.7	23.3	21.9
Samgangbyeo	Aug. 4	68	59.9	69.7	71.1	66.9	19.9	22.0	22.7	21.5
Milyang 23	Aug. 8	72	58.3	60.8	66.2	61.8	22.0	24.4	24.4	23.6
Tongil	Aug. 18	82	48.4	52.2	55.7	52.1	18.5	22.0	22.4	21.5
Average			55.9	59.8	62.1	59.3	20.2	22.0	22.4	21.5

*DAT = Number of days after transplanting.

Table 2. Yield components and unhulled grain yield of 12 rice varieties grown under 3 nitrogen levels.

Variety	Panicles-hill ⁻¹				Grains-panicle ⁻¹				mg-grain ⁻¹				Percentage of ripened grains				Unhulled grain yield			
	N ₁	N ₂	N ₃	Avg.	N ₁	N ₂	N ₃	Avg.	N ₁	N ₂	N ₃	Avg.	N ₁	N ₂	N ₃	Avg.	N ₁	N ₂	N ₃	Avg.
	- no. -				- no. -				- mg -				- % -				- kg/10a -			
Nongbaeg	12	12	13	12	96	100	96	97	24	24	24	24	94	85	78	86	484	539	538	536
Daeseongbyeo	12	12	10	11	99	100	91	97	25	25	25	25	88	87	85	86	512	519	572	534
Sangpungbyeo	11	15	10	12	99	101	100	100	26	26	25	25	85	85	83	84	536	575	540	551
Daechongbyeo	13	17	12	14	79	78	83	80	18	19	20	19	85	88	85	86	488	553	536	526
Chucheongbyeo	15	17	16	16	85	83	82	84	19	20	18	19	88	85	81	85	505	547	550	534
Seomjinbyeo	12	17	12	14	88	99	92	93	22	23	22	22	80	73	71	85	538	590	602	576
Average	13	15	12	13	91	93	90	92	22	23	22	22	87	84	81	84	511	554	564	543
LSD(0.05)																				
Between N levels					4.96				1.88				8.10				80			
Between varieties					4.72				0.95				3.04				81			
Taebaegbyeo	12	13	10	11	111	111	116	112	26	25	26	26	92	91	93	92	498	514	572	528
Baegyongbyeo	10	10	11	11	117	112	113	114	28	28	29	28	83	82	78	81	532	568	532	544
Yongmoonbyeo	12	12	11	12	120	124	134	126	28	29	30	29	88	89	84	87	577	502	593	557
Samgangbyeo	11	14	12	12	106	117	125	116	23	26	28	26	92	91	86	90	509	554	629	564
Milyang 23	12	13	11	12	112	124	128	121	27	29	29	28	87	87	83	86	508	556	648	571
Tongil	11	12	14	12	112	114	137	121	27	29	30	29	75	74	69	73	572	588	670	610
Average	11	12	11	12	113	117	125	118	26	28	29	28	86	86	82	85	533	547	608	563
LSD(0.05)																				
Between N levels					7.58				4.24				6.72				79			
Between varieties					4.58				1.95				4.42				38			

Table 3. Grain filling duration and grain filling rate of 12 rice varieties grown under 3 nitrogen levels.

Varieties	Filling duration				Filling rate			
	N ₁	N ₂	N ₃	Average	N ₁	N ₂	N ₃	Average
	- days -				- mg-panicle ⁻¹ .day ⁻¹ -			
Nongbaeg	25.3	25.6	25.5	25.5	98.6	97.4	89.5	95.2
Daeseongbyeo	27.3	24.6	25.4	25.8	89.3	102.2	99.4	97.0
Sangpungbyeo	28.1	28.0	26.6	27.6	92.6	91.1	96.1	93.3
Daechongbyeo	27.0	28.2	25.9	27.0	71.0	65.5	76.8	71.1
Chucheongbyeo	29.6	30.9	29.7	30.1	75.9	63.2	60.7	66.6
Seomjinbyeo	39.0	38.8	33.0	36.9	53.8	59.0	65.1	59.3
Average	29.4	29.4	27.7	28.8	80.2	79.7	81.3	80.4
LSD(0.05)								
Between N	3.56				4.13			
Between varieties	5.19				13.05			
Taebaegbyeo	26.7	25.6	27.9	26.7	105.4	99.0	92.3	98.9
Baegyongbyeo	26.2	26.4	29.5	27.4	105.9	113.7	99.9	106.5
Yongmoonbyeo	24.6	23.3	25.3	24.4	113.3	129.1	119.1	120.5
Samgangbyeo	21.0	20.9	24.2	22.0	119.3	136.6	123.6	126.5
Milyang 23	37.3	35.6	35.7	36.2	71.3	80.6	85.5	79.1
Tongil	25.9	26.5	27.3	26.6	107.4	108.6	109.8	108.6
Average	27.0	26.4	28.3	27.2	103.8	111.3	105.0	106.7
LSD(0.05)								
Between N	6.13				17.80			
Between varieties	3.86				14.46			

剛벼가 가장 짧아 21.0~24.2日이었으며 蟾津벼와 密陽 23號는 33.0~39.0日로 가장 길었다. 登熟期間은 Japonica 品種들이 統一型 品種들보다 약간 더 길어 Sasahara 등²⁶⁾의 報告와 같은 경향이었으나 그 差異는 크지 않았다. 이와 같은 結果는 統一型 品種들이 Japonica와 Indica의 遠緣交雜에 의하여 育成되었기 때문인 것으로 생각된다.

本試驗의 結果는 安¹⁾과 金 등¹⁸⁾의 結果와는 비슷하나 Sasahara 등²⁶⁾과 Jones 등¹⁴⁾이 報告한 登熟期間보다는 짧았다. 이와 같은 差異는 供試品種의 差異 및 推定方法上의 差異에 基因하는 것으로 생각된다. 즉 Sasahara 등²⁶⁾과 Jones 등¹⁴⁾은 다같이 出穗日로부터 登熟完了日까지의 期間을 登熟期間으로 나타내며 비하여 本 研究에서는 最大穗重을 直線的인 乾物增加期間의 登熟速度로 나눈 값을 登熟期間으로 하였기 때문에 이들의 結果보다는 짧은 것으로 생각된다. 따라서 表 3의 登熟期間은 Daynard 등⁷⁾의 有效登熟期間(Effective Filling Period Duration)의 概念에 더 가까운 것으로 보인 된다. 이 점은 Sasahara 등²⁶⁾의 登熟盛期 日數가 10~21日인 것과 비교하면 쉽게 理解할 수 있다. 非直線的인 乾物重增加期間인 登熟初期와 登熟後期の 品種間 差異도 認定되고 있어²⁶⁾ 繼續的인 檢討가 要求되나 本 研究 結果나 다른 報告^{14,26)}의 結果에서 登熟特性의 品種間 差異가 分明히 認定되므로 分析方法上의 距離는 結果의 解析에 큰 影響을 미치지 않는 것으로 判斷된다.

한편 登熟速度는 $53.8 \sim 136.6 \text{ mg} \cdot \text{panicle}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 範圍였는데 登熟期間이 길었던 蟾津벼와 密陽 23號가 가장 낮았으며 登熟期間이 짧았던 三剛벼가 가장 높았다. 또한 Japonica 品種들에 비하여 統一型 品種들의 登熟速度가 30%以上 높았다. 이와 같은 結果는 Sasahara 등²⁶⁾ 및 Nagato 등²¹⁾의 報告와 같다. 統一型 品種들의 登熟速度가 더 빠른 것은 Indica 品種들의 生理的 特性인 迅速한 澱粉粒의 形成과 關聯지어 解析될 수 있을 것이다.^{5,9,21)} 金 등¹⁸⁾이 報告한 登熟速度($44.5 \sim 60.0 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$)보다 本 研究에서의 登熟速度가 높은 것은 登熟速度를 計算하는데 利用한 調查時期의 差異에 基因된다. Jones 등¹⁴⁾의 平均登熟速度보다도 最大登熟速度에 類似한 값을 보이는 것도 같은 理由이다. 一般系 品種들에서는 早生種에서 登熟速度가 높은 경향이었으나 統一型에서는 中生種들이 높았다.

供試된 12個 品種들 중에서 登熟期間이 가장 길고

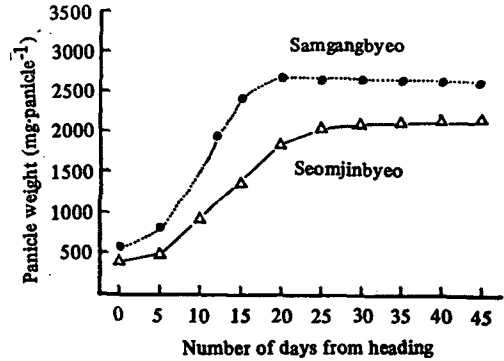


Fig. 1. Dry weight increase of a panicle for Samgangbyeo and Seomjinbyeo representing the maximum and minimum for grain filling duration and filling rate.

登熟速度는 가장 낮은 蟾津벼와 反對로 登熟期間은 짧고 登熟速度는 빠른 三剛벼의 登熟期間中 平均穗重의 變化는 그림 1과 같다. 成熟期間이 긴 蟾津벼는 直線的 乾物增加期間 以後의 登熟期間이 三剛벼에 비하여 긴 것을 알 수 있었다. 앞에서도 指摘한 바와 같이 이 問題에 대하여서는 앞으로의 檢討가 要望된다.

分散分析結果 登熟日數와 登熟速度의 品種間 差異는 있었으나 窒素水準間의 差異는 認定되지 않았으며 窒素水準 × 品種의 相互作用도 有意性이 없었다(表 4). 따라서 水稻의 登熟特性은 窒素施肥水準에 의하여 크게 影響받지 않는 品種 固有의 遺傳的 特性으로 判斷된다. 本 試驗에서 15%의 穗肥가 施用되지 않았기 때문에 登熟期間에 窒素의 影響이 크게 나타나지 않았을 可能性도 있으나 N_1 과 N_3 의 施肥量 差異를 勘案한다면 結果의 全般的인 傾向이 다를 것으로는 생각되지 않는다. Tsunoda²⁹⁾의 調査 當時 品種들에 비하여 最近 育成品種들의 耐肥性이나 物質生産能力의 向上은 括目할 만한 것으로 Tsunoda²⁹⁾의 結果가 그대로 適用되지 않는 것이다.

登熟特性과 收量構成要素 및 正粗收量間의 關係는 表 5와 같다. 登熟速度와 登熟期間은 高度로 有意한 負의 相關($r = -0.7669^{**}$)을 보여 登熟期間이 길수록 登熟速度는 낮아지는 것을 알 수 있다(그림 2). 특히 登熟期間이 길고 登熟速度가 낮은 蟾津벼와 密陽 23號, 反對로 登熟期間이 짧고 登熟速度가 높은 三剛벼와 龍門벼는 그림에 明記하였다.

登熟期間은 出穗日數와 正의 相關을 보여 中·晚生種일수록 登熟期間이 긴 것으로 나타났으며, 稔實率

Table 4. Analysis of variance for grain filling duration and grain filling rate for two groups of rice varieties grown under 3 nitrogen levels.

Source of variation	df.	Mean squares	
		Filling duration	Filling rate
Japonica			
Replication	1	8.70	37.27
N level (N)	2	33.76	15.47
Error a	2	4.11	5.53
Variety (V)	5	136.76**	1780.92**
N x V	10	15.87	150.20
Error b	15	17.77	112.45
Japonica/Indica			
Replication	1	9.61	153.72
N level (N)	2	1.80	218.86
Error a	2	12.16	102.86
Variety (V)	5	111.60**	1673.48**
N x V	10	7.37	186.32
Error b	15	9.89	138.04

** Significant at the 0.01 probability level.

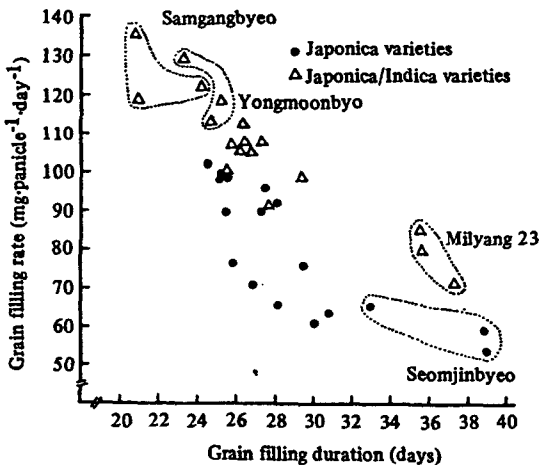


Fig. 2. Relationship between grain filling duration and grain filling rate of 12 rice varieties grown under 3 nitrogen levels.

Table 5. Correlation coefficients among grain filling parameters and yield components of 12 rice varieties.

	Filling rate I	Filling rate II	Heading date	Panicles per hill	Grains per panicle	Grain weight	% of ripened grains	Panicle weight	Unhulled grain yield
Filling duration	-0.7669**	-0.6895**	0.4754**	0.2733	-0.1367	-0.1402	0.3432*	-0.2271	0.1629
Filling rate I (mg-panicle ⁻¹ ·day ⁻¹)		0.8075**	-0.5345**	-0.5082**	0.6846**	0.6895**	0.2275	0.7758**	0.0935
Filling rate II (g·m ⁻² ·day ⁻¹)			-0.2662	0.0659	0.4982**	0.3923*	0.1834	0.4955**	0.1033

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

과도 正의 相關을 보였으나 穗重이나 正粗收量과는 별 關係가 없었다.

한편 登熟速度는 單位面積當 登熟速度(登熟速度 × 株當穗數 × m²當株數)와 高度의 有意한 正의 相關을 보였으나 出穗日 및 株當穗數와는 負의 相關을 보였다. 이것은 出穗日數가 낮은 中·晩生品種일수록 株當穗數가 많았기 때문이었다. 이삭의 登熟速度와 單位面積當 登熟速度는 穗當粒數 및 粒重과 有意한 正의 相關을 보여 粒數가 많고 大粒일수록 登熟速度가 높은 것으로 나타났는데 이것은 Sasahara 등²⁶⁾의 結果와 같았다. 登熟速度와 正粗收量은 有意한 關係가 없었으나 穗重과는 正의 相關을 보였다. 穗重은 穗當粒數와 粒重에 의하여 決定되므로 當然한 것이다. 登熟速度, 穗當粒數 및 粒重間의 有意한 相關은 登熟速度가 穗當粒數 및 粒의 크기에 의하여 影響을 받는 것을 示唆하는바 이것은 Jones 등¹⁴⁾이나 Sofield 등²⁷⁾의 結果와 다소 다르다. 이들은 穗當粒數가 登熟速度와는 無關하다고 報告하였는데 本 研究에서는 供試된 統一型 品種들의 穗當粒數가 많고 登熟速度도 30%程度 높았기 때문에 有意한 關係가 나타난 것으로 判斷된다.

登熟期間과 登熟速度 사이에는 關係가 없었으며, 登熟速度는 穗重과 有意한 正의 相關이 있으므로 供試된 品種들에서는 登熟期間보다는 登熟速度가 더 重要한 登熟特性인 것으로 여겨진다. 이것은 벼에서 Jones 등¹⁴⁾의 報告, 库里에 있어서 Mckee 등²⁰⁾의 報告와 一致하는 것이다. 登熟이 始作되기 前에 穎의 크기가 決定되어 登熟期間의 延長이 粒重에 크게 寄與하지 못하는 벼와, 登熟期間의 延長이 繼續하여 粒重增加에 作用하는 옥수수과 콩은 登熟特性의 相對的인 重要性이 다르게 나타나는 것으로 생각이 된다.

위의 關係를 經路係數分析을 통하여 살펴보면 表 6과 같다. 登熟速度와 穗當粒數는 粒重을 통하여 間

Table 6. Direct and indirect effects of grain filling rate, panicles-hill⁻¹ and grains-panicle⁻¹ and grain weight on panicle weight.

Direct effect of grain filling rate	0.1773
Indirect effect via panicles-hill ⁻¹	0.0102
Indirect effect via grains-panicle ⁻¹	0.1323
Indirect effect via grain weight	0.4560
Direct effect of panicle-hill ⁻¹	-0.0201
Indirect effect of grain filling rate	-0.0901
Indirect effect of grains-panicle ⁻¹	-0.0861
Indirect effect of grain weight	-0.3884
Direct effect of grains-panicle ⁻¹	0.1933
Indirect effect of grain filling rate	0.0089
Indirect effect of panicles-hill ⁻¹	0.0089
Indirect effect of grain weight	0.6046
Direct effect of grain weight	0.6613
Indirect effect of grain filling rate	0.1233
Indirect effect of panicles-hill ⁻¹	0.0118
Indirect effect of grains-panicle ⁻¹	0.1767
Residual	0.1688
R ²	0.9715

接으로穗重에 미치는 효과가 직접효과보다 더 중요하였으며粒重은穗重에 대한 직접효과가 컸다.

穗重과關係가 있는遺傳 및生理의特性은同化産物の受容器官(Sink)과同化産物の授與器官(Source)으로區分할 수 있는바潛在的인貯藏能力은穗當粒數와粒의크기(粒重)에 의하여決定이되며供給能力은登熟期間과登熟速度에 의하여左右된다고 할 수 있다.受容器官의크기는幼穗形成期로부터出穗期까지의期間 즉登熟開始以前에形成되므로同化産物の授與器官의能力이充分하여도受與器官의能力이制限되면收量增加는期待하기 힘들다.供試된品種들의登熟率이大部分 80%以上이며粒重도正常的인 것으로判斷되므로本試驗條件에서授與器官能力의不足이 있다고 할 수는 없다.結果적으로登熟速度가 더 중요한登熟特性으로判斷되었으며,登熟速度는穗當粒數 및粒重과關係가 깊으므로벼의收量性向上은粒數의增加와粒重增加를 통한受容器官의能力 즉Sink size의增大에서期待할 수 있는 것으로 여겨진다.특히三剛벼와 같이 높은登熟速度를 가지는品種의特性을利用할 수 있는可能性도檢討를要하는點이다.

摘 要

水稻의登熟特性이品種에 따라서 어떻게 다르며窒素施肥量이登熟特性에 어떠한影響을 미치는가를究明하고자 Japonica 및統一型의 12品種을 1986年 5月 28日 忠北大學校 實驗圃場에 移秧하여 3水準의窒素施肥條件에서栽培하고登熟期間과登熟速度를調査한結果를要約하던 다음과 같다.

1. 供試된品種들의登熟期間은 20.9~39.0日의範圍였는데三剛벼가 가장 짧아 20.9~24.2日이었고 가장 긴蠶津벼와密陽 23號는 33.0~39.0日이었다.

2. 登熟速度는 59.0~136.6mg·panicle⁻¹·day의範圍였는데登熟期間이 짧았던三剛벼가 가장 높았고蠶津벼와密陽 23號는 가장 낮았다.

3. 登熟期間은 Japonica 品種들이統一型 品種들보다平均 0.6日程度 길었으며,登熟速度는統一型 品種들이 30%以上 더 높았는데 Japonica 品種들은早生種들이 그리고統一型 品種들은中生種들이 높은傾向이었다.

4. 窒素施肥量에 따른登熟期間과登熟速度의差異는認定되지 않았으며登熟特性에 대한窒素水準×品種의相互作用도有意성이 없었다.

5. 登熟速度와登熟期間은有意한負의相關($r = -0.7669^{**}$)이 있었으며,出穗日數가 길수록登熟期間도 길었다.그러나登熟速度만이收量構成要素인穗當粒數와粒重 및穗重과有意한正의相關이 있어登熟期間보다는登熟速度가 더 중요한登熟特性으로認定되었다.

6. 徑路係數分析結果穗重에 대한登熟速度의寄與度는直接的인效果보다는粒重을 통한間接的인效果가 더욱 중요한 것으로 나타났다.

引 用 文 獻

1. Ahn, Su Bong. 1973. Studies on the varietal difference in the physiology of ripening in rice with special reference to raising the percentage of ripened grains. Korean J. Crop Sci. 14:1-40.
2. Bingham, J. 1969. The physiological determinants of grain yield in cereals. Agric. Progress 44:30-44.
3. Cho, Dong Sam. 1975. Studies on the productivity of individual leaf blade of paddy rice. Korean J. Crop Sci. 18:1-27.
4. Choi, Byung Han. 1986. Studies on grain filling, physiological maturity and subsequent grain

- yield in winter wheat cultivars. Res. Rept. RDA 28 (Crops): 120-137.
5. Choi, Hae Chun. 1980. Characterization of changes in grain filling and sink/source ratio of rice cultivars in response to seeding time. MS Thesis, Seoul Natl. Univ. 105 p.
 6. _____. 1986. Varietal difference in changing aspect of daily sink filling during grain filling period in the rice plants. Korean J. Crop Sci. 31:43-48.
 7. Daynard, T. B., J. W. Tanner and W. G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. Crop Sci. 11:45-48.
 8. Evans, L. T. and I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Advances in Agron. 28: 301-359.
 9. Gardner, C. G. 1966. The physiological basis for grain yield differences in three high and three low yielding varieties of barley. MS Thesis, Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
 10. Gay, S., D. B. Egli and D. A. Reicosky. 1980. Physiological aspects of yield improvement in soybeans. Agron. J. 72: 387-391.
 11. Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L) Merrill) varieties. Agron. J. 63:227-230.
 12. Hong, Sung Ho and Eun Woong Lee. 1983. Studies on agronomical characteristics of rice varieties recommended during 1910-1980 in Korea. Korean J. Crop Sci. 28:12-40.
 13. Johnson, D. R. and J. W. Tanner. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 12:485-486.
 14. Jones, D. B., M. L. Peterson and S. Geng, 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19:641-644.
 15. Kaplan, S. L. and H. R. Koller. 1974. Variation among soybean cultivars in seed growth rate during the linear phase of seed growth. Crop Sci. 14:613-614.
 16. Kim, Joo Hyun and Yong Woong Kwon. 1977. Characteristics of leaf senescence in relation to grain development in the remote rice cultivars. Seoul Natl. Univ., Coll. of Agric. Bull. 2(2): 29-42.
 17. Lee, E. W. 1971. The study on some meteorological conditions and productivity of rice in Korea. Res. Rep. ORD 14(Crops):7-31.
 18. _____, Y. W. Kwon and J. H. Lee. 1968. Studies on the applicability of urea folia application to paddy rice. Res. Rept. ORD 11(1):15-21.
 19. Matsushima, S. 1967. Ecology of ripening in rice with special reference to raising the percentage of ripened grains under luxurious growth condition for maximum grain yield. IRC Newsletter Special Issue: 61-81.
 20. McKee, G. W., H. J. Lee, D. P. Knievel, and L. D. Hoffman. 1979. Rate of fill and length of the grain fill period for nine cultivars of spring oats. Agron. J. 71:1029-1034.
 21. Nagato, K. and F. M. Chaudhry. 1970. A comparative study of repening process and kernel development in Japonica and Indica rice. Proc. Crop Sci. Japan 38:425-433.
 22. Nass, H. G. and B. Reiser. 1975. Grain filling and grain yield relationships in spring wheat. Can J. Plant Sci. 55:673-678.
 23. Nozaki, M., T. Sugahara and Y. Takashima, 1959. Fundamental studies on yield-forecast in rice plant. IV. On the relationship between the increase of top-dry weight and its related factors during the ripening period. Proc. Crop Sci. Japan 28(2): 181-183.
 24. Osada, A. 1966. Relation between photosynthetic activity and dry matter production in rice varieties, especially as influenced by nitrogen supply. Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. 15(D): 117-188.
 25. Oh, Y. J., Y. K. Kang and S. S. Lee 1979. Studies on the morphological and physiological characteristics and yield potential of rice varieties grown in different years. Res. Rep. ORD 21(Crops): 37-43.
 26. Sasahara, T., M. Takahashi and M. Kambaya-

- shi, 1982. Studies on structure and function of the rice ear. III. Final ear weight and increasing rate of ear weight and decreasing rate of straw weight at the maximum increasing period of ear weight. *Japan J. Crop Sci.* 51:18-25.
27. Sofield, I., L. T. Evans, M. G. Cook and I. F. Wardlaw, 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4:785-797.
28. Stoy, V. 1965. Photosynthesis, respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. *Physiol. Plant Suppl.* 4:1-125.
29. Tsunoda, S. 1964. Leaf characters and nitrogen response. In "The Mineral Nutrition of the Rice Plant". IRRI Symposium. John Hopkins Press, Baltimore. 401-418p.
30. Tsuno, Y. and T. Shimizu. 1962. Studies on yield forecast in main crops. VI. On the relation between nitrogen content in leaves and photosynthetic ability of rice plant at ripening stage. *Proc. Crop Sci. Japan* 30:325-328.
31. Wada, G. and S. Matsushima. 1962. Analysis of yield determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. LXI. Studies on the nitrogen topdressing at full heading time. *Proc. Crop. Sci. Japan* 31:15-18.
32. Yamada, N., Y. Ota and K. Kushibuchi. 1957. Studies on ripening of rice. I. Role of nitrogen in process of ripening of rice. *Proc. Crop Sci. Japan* 26:111-115.