

數種 植物의 密度-競爭效果에 關한 研究

秦 熙 成

(朝鮮大學校 文理科大學)

Studies on the Competition-Density Effect of Some Higher Plants

Jin, Hee Sung

(College of Liberal Arts & Science, Cho Sun University)

(1972. 9. 10접수)

ABSTRACT

The studies of density effect or the effect of population density on plant growth have been done on basis of dry matter production with *Raphanus acanthiformis* var. *simoodaeguen*, *Brassica campestris* var. *Pekinensis* f. *namsounsokoombecheu*, *Oryza sativa* f. *kimmajae* and *O. sativa* f. *mangyeng* grown in the various spacing.

1. In the early period of plant growth in dry weight was not different each other among varying densities, but as time advanced the plant grown vast space grew sufficiently compared with those of narrow one.

2. Logarithmic relation between the growth of plant (W) and the density (P), $\log W - \log P$ in the material plants, were approximated by two straight lines, one was horizontal line and another inclined: the former showed non-competition density and the latter competition density addition to these the point interlinking both lines were implied of the optimum density per unit land area at certain growth period.

3. The values of relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR) were decreased as increase in the density, while those of leaf area ratio (LAR) were rather increased in the same condition, with minor exception.

From these results and relation between the productive structure and due to lack of the recieved light intensity owing to the mutal shading among the plants.

緒 論

自然狀態 또는 農耕地에서 集團을 構成하고 있는 植物의 生長量은 그 近隣에서 간섭하는 다른 個體의 存在에 依하여 影響을 받으며 植物의 種類와 크기가 一定함에 그 個體의 生産量은 個體가 占有하는 空間의 크기, 一密度一에 依하여 決定된다. 이것이 競爭-密度效果로서 일찌기 Clements (1929)등에 依하여 植物의 集團에서 競爭이 研究된 以來 植物生態學, 農耕學

및 造林學에서 競爭-密度 關係가 定量的으로 研究發展되어 왔다. 農耕地에서 集約栽培를 하거나, 近來에 發達한 施設農業에 있어서 좁은 面積에서 많은 收量을 期待할 수 있도록 各種 植物의 有効密度 및 配列方法에 對한 研究가 主로 이루어져왔다. 그중에는 植物集團의 競爭과 無機養分과의 關係(Shinozaki and Kira, 1956; Tezuka, 1960) 또는 受光量과의 關係(Donald, 1961; Hiroi and Monsi, 1966; Iwaki, 1958; 吉良龍夫, 1960; Watson, 1947)등에 對하여 研究하는 한편, 植物集團의 競爭-密度 關係를 物質生産의 立場에서 數

學的으로誘導하여法則化할려는試圖도 활발히進行되어왔다.(De Wit, 1964; Hozumi *et al.*, 1956; Kira *et al.*, 1956; Nomoto *et al.*, 1961; Williams, 1963).

이 論文의 目的은 몇가지 植物의 密度를 調節하여 時間經過에 따르는 生産量의 差異를 分析하여, 個體間의 競爭有無를 發見하여 그 原理를 一般化하고 植物의 集團에서의 競爭의 誘發原因을 밝히는데 있다. 이 實驗에 始終 資料 整理에 協助하여 준 朝大附高 徐尙洙 先生님과 朝大 農業生物學科 崔賢淑양에게 깊은 謝意를 表한다.

材料 및 方法

實驗資料로서 시무대근(*Raphanus acanthiformis* var. *Simoodaeguen*), 남선숙을배추 (*Brassica campestris* var. *pekinensis* f. *Namsounsokoombecheu*) 벼(*Oryza sativa* f. *Kimmajae*, *O. sativa* f. *Mangyeung*)을 使用하였다. 시무대근과 남선숙을 배추 種子는 試驗場을 通하여 品種 特性이 固定된 것을 購入하여 鹽水選法으로 種選하여 水洗後 陰乾시켰다. 田作 圃場은 砂壤土를 擇하였으나, CEC가 낮은 便이며 O.R.D Kit에 依한 分析法으로 土壤酸度를 pH 5.5~6.0으로 調節하였다. O.M과 T-N은 各各 平均 1.8%, 0.17%였으며, 基肥로서 a當 퇴비 50kg, 요소 0.3kg, 과석 0.4kg, 가리 0.4kg를 同年 2月 下旬 施肥하여 深耕하였다. 同年 4月 初旬에 미리 圃場의 토양은 30cm 길이로 耕耘하여 4mm논의 체로 礫石을 篩別하고 整地後 播床을 平坦하게 板子로 밍어 播種間隔의 正確을 期한 수 있게 하였다. 시무대근은 하우스를 만들었으며 各 試驗區 面積은 各各 0.1a를 取하여 2×2, 3×3, 4×4, 5×5, 10×10, 15×15cm의 6 區를 設置하였다. 1971년 3월 27일에 前日 17時부터 20°C의 溫水에 浸種하여 두었던 시무대근 種子를 正確한 位置의 播床에 놓아 等요를 막기 위하여 얇은 板子로 누른後 細砂를 均一하게 撒布하고 播種을 完了하였다. 但 4×4cm 보다 넓은 占有面積을 갖는 區에 있어서는 播種 位置에 種子를 2粒씩 깊고 發芽後 곧 그중의 一個體를 除去했다. 남선숙을배추는 同年 5月 1日에 시무대근 과종 方法과 同一한 方法으로 播種하였으며 各 試驗區의 面積, 0.5a의 2×2, 3×3, 4×4, 5×5, 10×10, 16×10, 20×20cm의 7區를 設置하여 露地栽培를 하였다. 벼는 水苗床 圃場을 擇하였으며 前年 가

을 벼도기와 잡초를 除去하여 秋深耕한 다음 0.03a當 畝속퇴비 3.75kg 정도를 施肥하고 春耕하였다. 苗床 土壤은 分析한 結果, O. M과 T-N이 各各 平均 16%와 0.15%로서 CEC는 높은 식양토였으며 炭酸石灰를 加하여 토양산도를 pH 6.0~6.5로 調節하였다. 春耕한 토양을 15cm 程度로 再耕한 다음, 尿素 59g, 過石 61g, 加肥 60g를 0.03a當 施肥하고 灌水하여 토양 水分을 飽和시켜 整地하였으며, 排水後 地面이 多少 乾게 될때 苗板을 만들었다. 鹽水選法과 水銀劑消毒法으로 種選한 법씨를 15°C 內外의 물에 6日間 浸種한 後 20°C 內外의 室內에서 24時間 催芽시켜 同年 5월 15일에 落種하였다. 落種은 水深을 3cm 程度로 維持하여 두었던 苗床水를 完全히 排水시킨 다음 目的하는 距離에 따라 正確하게 구멍뚫인 비닐紙를 苗板에 깔고 各 구멍을 通하여 一粒씩의 법씨를 苗板에 놓아서 약간 누른 다음 灌水하여 再次 水深을 3cm 程度 維持하는 方法을 利用하였다. 品種別로 試驗區面積을 各各 0.15a씩 取하였으며 1×2, 2×2, 2×3, 3×3cm의 6區를 設置하였다. 本 試驗 期間中의 各 圃場과 苗床 管理는 試驗場의 標準管理法에 依하였으며 試驗區 配置方法은 3반분 副區 配置法으로 하였다. 시무대근은 과종후 21日부터, 남선숙을배추는 14日부터 各各 30個體씩 1週 간격으로 sampling하고 벼는 落種後 10日부터 亦是 1週 간격으로 30個體씩을 sampling하였다. 集團의 edge effect를 考慮하여 集團 周邊의 3列과 外側의 것은 sampling에서 除外하였다. sampling한 個體는 生體 重量을 測定한 後 90°C의 건조기 內에서 恒濕이 될때 까지 말려서 秤量하였으며 한편 葉面積을 測定하기 爲하여 感光紙를 利用한 인의 影사진을 만들어 化學大秤으로 秤量하고 同質의 感光紙에서 面積-重量의 指數를 求하여 葉面積을 換算하였다.

結果 및 考察

1. 乾物生産 및 葉面積에 미치는 密度의 影響

占有面積이 다른 狀態에서 자란 植物의 個體密의 生産量을 分析한 結果를 Table 1, 2, 3에 綜合하였다.

시무대근은 播種한 21日前後에 있어서는 各 密度區에서 거이 差異가 없으나 生育이 進行됨에 따라 密度別로 植物體重에 큰 差異를 나타냈다. 그 原因은 播種後에 있어서는 個體의 크기가 작아서 個體 相互間의 干涉이 없었으나, 生長이 계속됨에 따라서 相互 干涉이 일어나 占有面積이 좁은 高密度區의 個體일수록 乾燥

Table 1. The growth changes in dry weight and leaf area per plant, and yield per sq. meter of *Raphanus acanthiformis* var. *simoodaeguen* grown under different densities.
 δ =available space per plant, P =number of plant per sq. meter.

day after sowing	spacing	$\frac{\text{cm}^2}{\text{plant}}$ (δ)	$\frac{\text{no}}{\text{m}^2}$ (P)	dry wight per plant mg (W)	leaf area cm^2 (\bar{F})	yield per m^2 g (Y)
21	2×2	4	2,500	123.820	24.360	30.960
	3×3	9	1,111	167.000	62.230	185.550
	4×4	16	625	198.000	50.170	123.750
	5×5	25	400	234.000	66.690	93.600
	10×10	100	100	256.000	73.710	256.00
	15×15	225	45	327.000	87.510	14.720
28	2×2	4	2,500	250.520	70.240	62.630
	3×3	9	1,111	407.000	141.230	452.500
	4×4	16	625	580.000	151.760	362.220
	5×5	25	400	751.000	207.690	300.400
	10×10	100	100	1,129.800	288.100	112.980
	15×15	225	45	1,464.900	348.900	65.920
35	2×2	4	2,500	405.640	114.920	101.400
	3×3	9	1,111	830.000	260.400	92.220
	4×4	16	625	1,200.000	314.000	75.000
	5×5	25	400	1,772.200	460.770	708.880
	10×10	100	100	3,607.000	762.220	360.700
	15×15	225	45	4,705.000	929.220	211.730
42	2×2	4	2,500	580.000	163.900	1,450.000
	3×3	9	1,111	1,500.000	463.650	1,666.650
	4×4	16	625	2,346.000	575.280	1,466.250
	5×5	25	400	3,369.000	928.770	1,547.950
	10×10	100	100	8,815.000	1,582.680	881.500
	15×15	225	45	11,653.330	1,950.600	524.400
49	2×2	4	2,500	878.000	246.140	2,195.000
	3×3	9	1,111	2,395.500	701.650	2,661.640
	4×4	16	625	3,816.000	910.420	2,385.000
	5×5	25	400	6,475.000	1,457.080	2,590.000
	10×10	100	100	15,870.000	2,872.140	1,587.000
	15×15	225	45	20,913.800	3,380.500	941.120
56	2×2	4	2,500	1,100.000	288.790	2,750.000
	3×3	9	1,111	2,898.500	823.230	3,188.860
	4×4	16	625	4,886.000	1,098.900	3,053.750
	5×5	25	400	8,631.700	1,795.390	3,452.680
	10×10	100	100	23,930.000	3,867.140	2,393.000
	15×15	222	45	31,633.400	4,309.100	1,423.500
	2×2	4	2,500	1,295.000	344.390	3,237.500
	3×3	9	1,111	3,506.700	981.720	3,864.630

63	4×4	16	625	6,022.000	1,385.060	3,763.750 ^a
	5×5	25	400	10,741.000	2,309.320	4,296.400 ^b
	10×10	100	100	31,850.400	4,978.140	3,185.040
	15×15	225	45	42,085.000	5,465.200	1,893.830
70	2×2	4	2,500	1,495.100	394.400	3,737.750
	3×3	9	1,111	4,083.950	1,105.730	4,517.120 ^c
	4×4	16	625	7,033.140	1,589.490	4,395.710 ^d
	5×5	25	400	12,873.000	2,653.770	5,149.200
	10×10	100	100	40,599.000	6,024.400	4,059.900 ^e
	15×15	225	45	53,978.900	6,654.200	2,429.050

Table 2. The growth changes in dry weight and leaf area per plant, and yield per sq. meter of *Brassica campestris* var. *Pekinensis* f. *Namsounsokoombecheu* grown under different densities, notes are the same in Table 1.

day after sowing	spacing	$\frac{\text{cm}^2}{\text{plant}}$ (δ)	$\frac{\text{no}}{\text{m}^2}$ (P)	dry weight per plant mg (W)	leaf area $\frac{\text{cm}^2}{(F)}$	yield per $\frac{\text{m}^2 \text{ g}}{(Y)}$
14	2×2	4	2,500	35.000	13.190	87.500
	3×3	9	1,111	35.000	13.190	38.890
	4×4	16	625	35.200	13.200	22.000
	5×5	25	400	40.200	14.800	16.000 ^c
	10×10	100	100	61.000	21.580	6.100 ^d
	16×16	256	39	61.000	21.600	2.380
	20×20	400	25	65.700	22.720	1.640
21	2×2	4	2,500	180.190	56.370	450.480
	3×3	9	1,111	187.120	57.590	207.910
	4×4	16	625	193.360	58.390	120.850
	5×5	25	400	225.430	64.810	90.170 ^e
	10×10	100	100	362.750	99.570	36.280
	16×16	256	39	387.600	104.070	15.120
	20×20	400	25	450.240	115.200	11.260
28	2×2	4	2,500	465.730	163.650	1,164.330
	3×3	9	1,111	578.380	199.250	642.640
	4×4	16	625	614.190	208.920	383.870
	5×5	25	400	921.030	297.030	368.410
	10×10	100	100	1,660.000	540.160	166.000
	16×16	256	39	2,359.880	711.270	92.040
	20×20	400	25	2,993.800	752.100	74.850
35	2×2	4	2,500	790.800	313.600	1,977.000
	3×3	9	1,111	1,162.200	370.150	1,291.320
	4×4	16	625	1,400.200	396.750	875.130
	5×5	25	400	2,443.380	641.630	977.350
	10×10	100	100	5,788.220	1,428.800	578.820
	16×16	256	39	10,357.600	2,412.700	403.950
	20×20	400	25	14,394.300	2,690.010	359.860

42	2×2	4	2,500	1,097.830	43.2210	2,744.580
	3×3	9	1,111	1,755.500	540.520	1,950.540
	4×4	16	625	2,573.370	684.180	1,608.360
	5×5	25	400	4,886.360	1,138.960	1,954.540
	10×10	100	100	13,123.800	2,776.310	1,312.380
	16×16	256	39	25,108.900	4,664.980	979.247
	20×20	400	25	36,079.200	6,095.940	901.980
49	2×2	4	2,500	1,254.810	475.450	5,637.030
	3×3	9	1,111	2,024.800	623.230	2,249.760
	4×4	16	625	2,996.780	796.540	1,872.990
	5×5	25	400	5,741.410	1,415.830	22,96.560
	10×10	100	100	15,780.000	3,241.210	1,578.000
	16×16	256	39	30,221.000	5,373.290	1,178.620
	20×20	400	25	43,718.000	7,056.290	1,092.950

Table 3. The growth changes in dry weight and leaf area per plant and yield per sq. meter of *Oryza sativa* f. *mangyeng* and *O. sativa* f. *Kimmaejae* grown under different densities. notes are the same in Table 1.

forma	day after sowing	spacing	cm ² plant (δ)	no m ² (P)	dry weight per plant mg (W)	leaf area cm ² (\bar{F})	yield per m ² g (y)
<i>Mangyeng</i>	10	1×2	2	5,000	9.000	0.6800	35.000
		2×2	4	2,500	13.000	0.6800	32.500
		2×3	6	1,666	16.000	0.9100	26.670
		3×3	9	1,111	23.000	0.9100	25.560
	17	1×2	2	5,000	13.190	1.8500	65.950
		2×2	4	2,500	20.000	2.4000	50.000
		2×3	6	1,666	34.130	3.8000	56.880
		3×3	9	1,111	50.550	5.03000	56.170
	24	1×2	2	5,000	33.340	6.2900	166.700
		2×2	4	2,500	63.110	6.8900	157.780
		2×3	6	1,666	111.530	10.5900	185.880
		3×3	9	1,111	166.820	15.0100	185.350
	31	1×2	2	5,000	62.200	22.860	311.000
		2×2	4	2,500	123.470	37.640	308.680
		2×3	6	1,666	234.540	46.910	390.880
		3×3	9	1,111	357.590	49.140	397.320
38	1×2	2	5,000	76.830	55.2500	384.150	
	2×2	4	2,500	167.000	118.1500	417.500	
	2×3	6	1,666	316.930	130.4200	528.200	
	3×3	9	1,111	492.980	188.0000	547.750	

Kimmajae	10	1×2	2	5,000	8.000	0.9100	40.000
		2×2	4	2,500	11.000	0.9100	27.500
		2×3	6	6,666	16.500	1.0500	27.500
		3×3	9	1,111	20.000	1.1500	22.220
	17	1×2	2	5,000	12.000	2.3700	60.000
		2×2	4	2,500	18.000	2.5100	45.000
		2×3	6	1,666	27.000	2.8600	45.000
		3×3	9	1,111	35.000	3.4700	38.890
	24	1×2	2	5,000	41.000	10.0200	205.000
		2×2	4	2,500	68.080	11.1000	170.000
		2×3	6	1,666	112.800	12.1700	187.990
		3×3	9	1,111	150.000	14.8800	166.670
	31	1×2	2	5,000	83.330	19.3200	416.650
		2×2	4	2,500	155.000	26.2700	387.500
		2×3	6	1,666	248.800	36.8000	414.650
		3×3	9	1,111	335.100	43.4500	372.330
	38	1×2	2	5,000	108.630	31.0000	543.150
		2×2	4	2,500	232.650	52.6400	581.630
		2×3	6	1,666	395.500	78.0900	659.140
		3×3	9	1,111	540.000	85.8000	599.990

량이 減少되었다. 남선숙을배추와 벼에 있어서도 이와 비슷한 密度效果가 있었다.

2. 競爭-密度效果

吉良(Hozumi et al., 1956; Kira et al., 1956; 吉良龍夫, 1960; Yoda et al., 1963) 등은 植物個體群의 競爭-密度 效果를 그들이 經驗的으로 誘導한 逆數式을 使用하여 適切히 說明하고 있다.

$$\frac{1}{W} = AP + B \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 W는 植物의 個體當 乾燥量, P는 密度(m² 內의 個體數) A, B는 植物體重에 따르는 恒數이다. Table 1, 2, 3의 結果를 各各 對數植로 바꾸어, log W ~ log P 關係를 對數方眼紙上에 plot하였던바, Fig 1, 2, 3, 4에서 보는바와 같은 回歸直線을 얻었다.

Fig. 1은 시루대근에서 얻은 競爭-密度效果의 log W ~ log P 關係를 表示한 것이다. 平均 植物體重은 密度의 高低에 따라 2개의 直線으로 近似되었다. 즉 右側의 高密度區에서는 傾斜直線이 左側의 低密度區에서는 比較的 水平直線이 하나의 連結點을 境界로하여 연결되고 있다. 生育初期에는 傾斜直線이 相當히 완만한 경사를 나타내고 있지만 生育이 進行됨에 따라 傾斜度는 45°에 接近되었다. 兩直線을 連結하는 點도 生育이

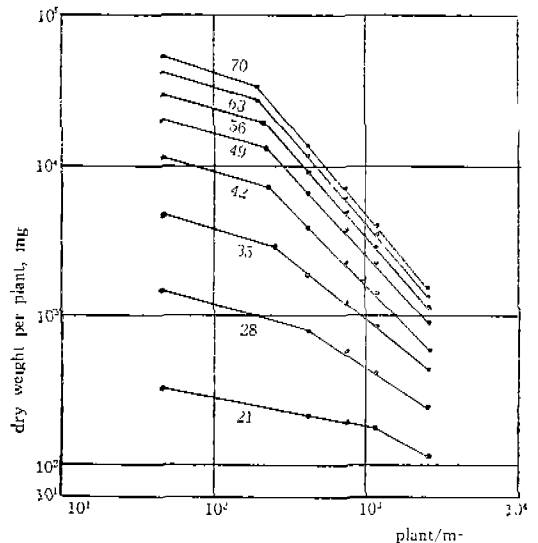


Fig. 1. Competition-density effect in *Raphanus acanthiformis* var. *simoodaeguen*, represented by the linear regression between log W and log P, W=dry weight per plant, P=number of plant per m². numerals on line indicate day after sowing,

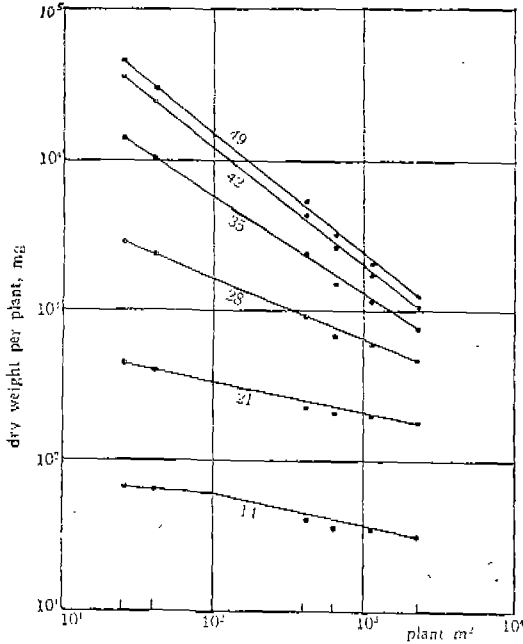


Fig. 2. Competition-density effect in *Brassica campestris* var. *pekinensis*. f. *Namsounsoko ombecheu*, represented by the linear regression between $\log W$ and $\log P$, W =dry weight per plant, P =number of plant per m^2 . Numerals on line indicate day after sowing.

進行됨에 따라 低密度區쪽으로 이동되었으며 2點의 密度軸은 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70日의 個體/ m^2 值를, 가로축은 各各 그 個體들의 平均 乾燥量을 알수 있다. 連結點의 意義는 그 點을 경계로 하여 高密度區에서는 密度에 比例하여 競爭이 커짐으로 個體量이 작고 低密度區에서는 無競爭狀態 또는 極少한 競爭狀態이므로 個體當의 乾物生産量이 거의 同一하다는데 있다. 따라서 連結點은 任意時期의 最適密度를 表示한다고 말할 수 있다. 吉良(De Wit, 1964)는 메밀을 材料로한 實驗에서 이와 비슷한 結果를 얻고 있다. 남선숙을배추를 材料로한 實驗에서는 播種後 14日頃은 2개의 回歸直線을 얻을 수 있는 狀態이었으나, 그 以後부터는 모든 密度區에서 競爭이 일어나고 있는 것을 볼수있다. (Fig.2) 벼의 경우에 있어서는 落種後 10日頃에 있어서도 競爭狀態에 놓인 生育이 進行되었으며 高密度에서는 甚한 競爭을 일으키고 있는 回歸直線의 傾斜度를 나타내고 있다(Fig. 3, 4). 農作物, 特別 葉菜類 및 根菜類는 單位

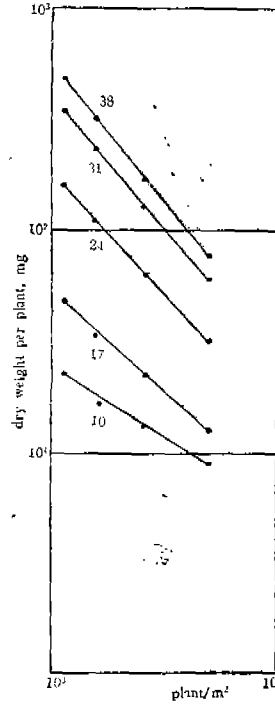


Fig. 3. Competition-density effect in *Oryza sativa* f. *Mangyeng*, represented by the linear regression between $\log W$ and $\log P$. Notes are the same in Fig. 2

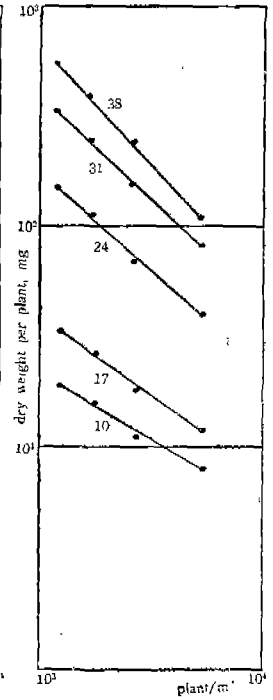


Fig. 4. Competition-density effect in *Oryza sativa* f. *Kimmajae*, represented by the linear regression between $\log W$ and $\log P$. Notes are the same in Fig. 2.

面積內的 收量을 생각할때 植物體가 작은것보다 큰것을 優良한 作物로 評價되는 경우가 많으며 더욱 施設 農業에 있어서는 比較的 좁은 面積에서 優良品을 生産 하여야 하므로 競爭-密度關係를 植物種別로 미리 알아두는 일은 栽培上 절대 중요한 요건일 것이다.

3. 生長解析

a) 相對生長率(Relative growth rate, RGR)

일제기 Blackman (1919)에 依하여 提唱되었으며 植物 生長의 複利法則(Compound interest law)이라고도 하며 다음에 의하여 計算된다.

$$RGR = \frac{\log W_2 - \log W_1}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (2)$$

여기에서 W_1 W_2 는 各各 時間 t_1 t_2 에서의 個體乾重이다. Table 1, 2, 3의 結果를 式 (2)에 代入하여 計算한 值를 Table 4, 5, 6 및 Fig. 5, 6, 7에 綜合하였다.

Table 4. Variation with time of relative growth rate (RGR, mg/mg/week) of *Raphanus acanthiformis* var. *Simoodaeguen* grown under varying densities.

RGR	spacing	no $\frac{m^2}{(P)}$	day after sowing						
			21~28	28~35	35~42	42~49	49~56	56~63	63~70
$\frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$	2×2	2,500	0.692	0.530	0.309	0.309	0.225	0.133	0.144
	3×3	1,111	1.052	0.533	0.592	0.468	0.242	0.191	0.154
	4×4	625	1.084	0.725	0.665	0.486	0.247	0.209	0.155
	5×5	400	1.166	0.859	0.781	0.515	0.287	0.219	0.181
	10×10	100	1.500	1.170	0.894	0.588	0.411	0.286	0.243
	15×15	45	1.520	1.177	0.894	0.588	0.411	0.288	0.249

Table 5. Variation with time of relative growth rate (RGR mg/mg/week) of *Brassica campestris* var. *Pekinensis* f. *Namsounsokoombecheu* grown under varying densities

RGR	spacing	no $\frac{m^2}{(P)}$	day after sowing				
			14~21	21~28	28~35	35~42	42~49
$\frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$	2×2	2500	1.639	0.950	0.529	0.407	0.134
	3×3	1,111	1.676	1.129	0.700	0.410	0.142
	4×4	625	1.704	1.156	0.824	0.609	0.152
	5×5	400	1.729	1.408	0.976	0.693	0.161
	10×10	100	1.783	1.521	1.101	0.819	0.184
	16×16	39	1.849	1.806	1.377	0.888	0.185
	20×20	25	1.925	1.895	1.569	0.919	0.192

Table 6. Variation with time of relative growth rate (RGR mg/mg/week) of *Oryza sativa* f. *Mangyen* and *O. sativa* f. *Kimmajae* grown under varying densities

RGR	forma	spacing	no $\frac{m^2}{(P)}$	day after sowing			
				10~17	17~24	24~31	31~38
$\frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$	<i>mangyeng</i>	1×1	5.000	0.482	0.927	0.624	0.211
		2×2	2.500	0.679	1.049	0.671	0.292
		2×3	1,666	0.758	1.184	0.743	0.301
		3×3	1,111	0.787	1.194	0.762	0.321
	<i>kimmajae</i>	1×1	5.000	0.405	1.229	0.709	0.265
		2×2	2.500	0.469	1.353	0.790	0.439
		2×3	1,666	0.492	1.430	0.791	0.464
		3×3	1,111	0.560	1.455	0.804	0.477

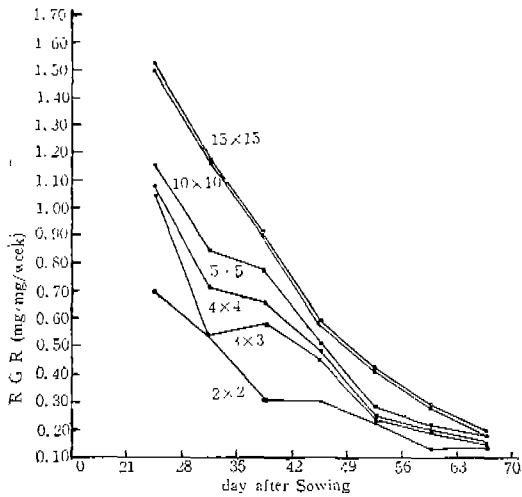


Fig. 5. Relationship of relative growth rate (RGR) to density of *Raphanus acantiformis* f. *Simoodaeguen*. Numerals on the line denote the plant spacing

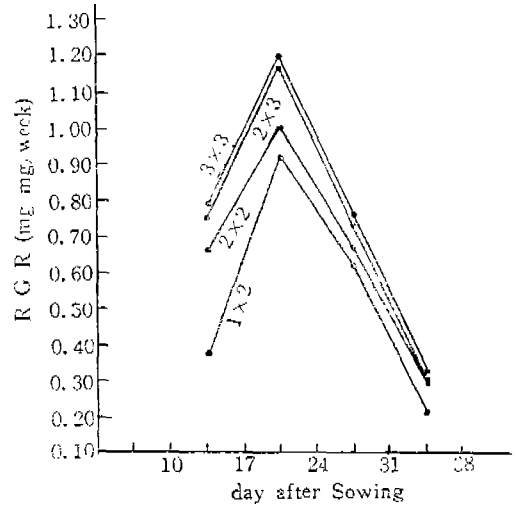


Fig. 7. Relationship of relative growth rate to density of *Oryza sativa* f. *Mangyeng*. Numerals on the line indicate the plant spacing

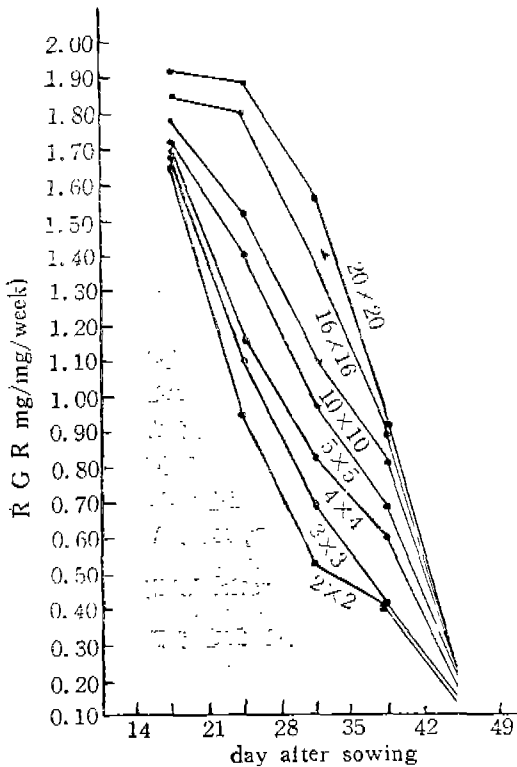


Fig. 6. Relationship of relative growth rate to density of *Brassica campestris* var. *pekinensis* f. *Namsounsokoombecheu*. Numerals on the line denote the plant spacing

試驗植物 어느것에 있어서도 RGR은 高密度일수록 낮았고, 生育의 初期에는 높았지만 生育이 進行됨에 따라 減少되었다 (Blackman, 1919; Hiroi and Monsi, 1966; Nomoto *et al.*, 1961) 특히 시무대근의 경우 無競爭狀態區의 RGR은 큰 차이를 나타내지 않은 反面에 競爭이 初期부터 일어나고 있는 高密度區일수록 相互間의 RGR 차이는 현저하다. 以上の 結果로부터 植物 個體間의 競爭狀態에서는 RGR를 減少시키는 效果가 있었다.

b) 純同化率(Net assimilation rate, NAR)

Watson (Watson, 1947)에 依하여 發表된 方法으로 다음 式에 따라 計算하였다.

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{F_2 - F_1} \times \frac{\log_e F_2 - \log_e F_1}{t_2 - t_1} \dots (3)$$

이기에 W_1, W_2, F_1 및 F_2 는 各各 時間 t_1 및 t_2 에 있어서의 個體當의 乾草량 및 葉面積을 가르킨다. Table 1, 2, 3의 結果를 式 (3)에 代入하여 計算한 NAR值를 Fig. 8, 9, 10에 表示하였다. 시무대근, 남선쑥음베추, 및 벼는 모두가 高密度區인 것일수록 NAR值가 적었으며 低密度區 植物의 NAR值와의 差異가 현저하였다. 어느 植物이나 高密度區의 NAR值가 적은 것의 原因은 1) 일의 生産能力이 低下되었거나, 2) 植物體의 呼吸能의 컸거나 하는 두가지를 生할수가 있다. 後者は

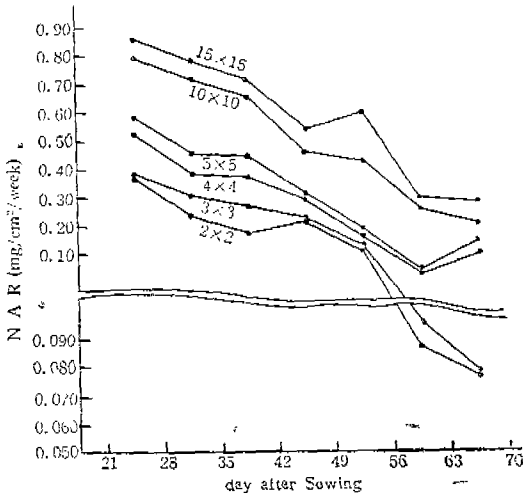


Fig. 8. Relationship of net assimilation rate to density of *Raphanus acanthiformis* var. *Simoodaeguen*. Numerals on the line indicate the plant spacing.

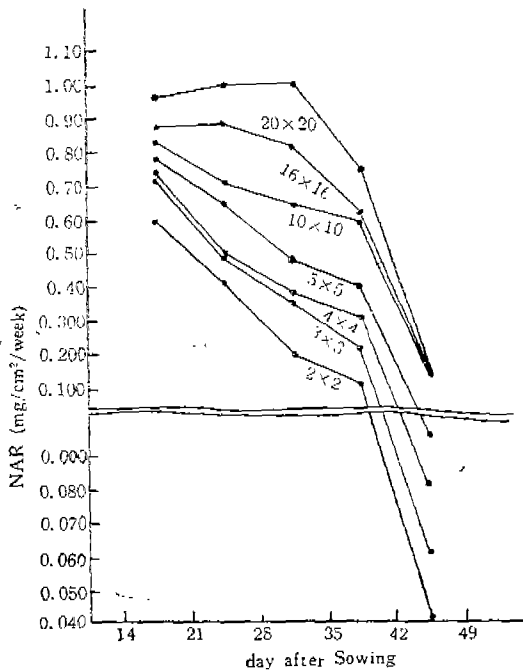


Fig. 9. Relationship of net assimilation rate(NAR) to density of *Brassica campestris* var. *pekinensis* f. *Namsounsokoombecheu*. Numerals on the line denote the plant spacing.

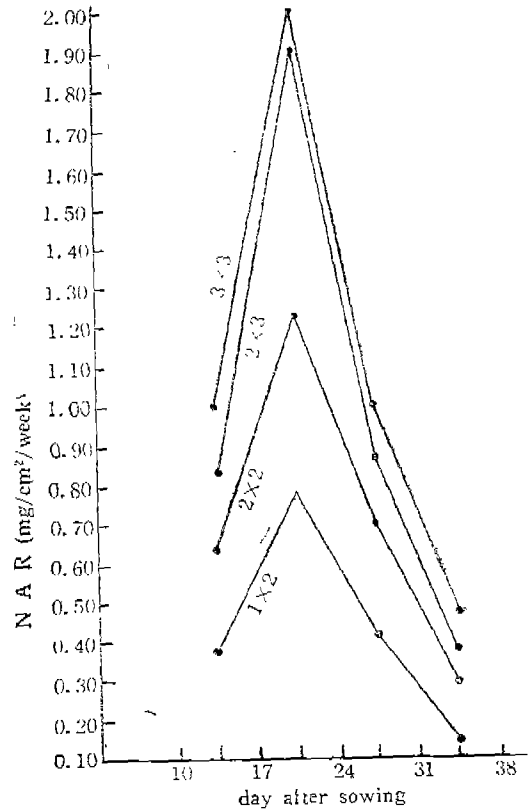


Fig. 10. Relationship of net assimilation rate(NAR) to density of *Oryza sativa* f. *Kimmaja*. Numerals on the line indicate the plant spacing.

氣溫이 同一한 圃場에서 植物의 密度에 따라 呼吸能에 영향을 줄만치 溫度 變化가 있었다고는 生覺할수 없는 것이다. 前者의 경우 잎의 光合成 能力을 低下시키는 原因으로서 高密度區에서는 잎이 重覆에 依하여 受光量이 減少되는 것을 生覺할수 있을 것이다. (Donald, 1961; Iwoki, 1958; Kuroiwa, 1960; Williams, 1963)

c) 葉面積比(Leaf area ratio, LAR)

個體의 單位乾物量(W)에 對한 葉面積의 比를 말한다.

$$LAR = \frac{\bar{F}}{\bar{W}} \dots \dots \dots (4)$$

시루대근의 경우 高密度인 2x2cm를 除外하고는 高密度植物의 LAR 値보다 低密度 植物의 値가 적어지는 경향이 있었다. 2x2cm인 高密度區의 LAR 値도 低密度區의 値보다는 컸었다. 植物體를 維持하는데

Table 7. Variation with time of leaf area ratio (LAR cm/ mg) of *Raphanus acanthiformis* var. *Simoodaeguen* grown under varying densities.

spacing	no m ² (P)	day after sowing							
		21	28	35	42	49	56	63	70
2×2	2500	0.197	0.280	0.283	0.283	0.280	0.262	0.260	0.264
3×3	1111	0.372	0.347	0.314	0.309	0.293	0.284	0.250	0.271
4×4	625	0.283	0.267	0.262	0.245	0.239	0.225	0.200	0.226
5×5	400	0.285	0.267	0.259	0.240	0.225	0.208	0.150	0.206
10×10	100	0.289	0.255	0.211	0.179	0.181	0.162	0.150	0.148
15×15	45	0.268	0.237	0.197	0.167	0.162	0.136	0.070	0.123

高密度區는 低密度區보다 넓은 葉面積이 所要됨을 보여주고 있다.

남선쑥음배추 및 벼의 경우는 密度가 낮은 植物일수록 LAR 値가 차차 적어지는 傾向을 보여 주고 있다. (Fig. 11, 12)

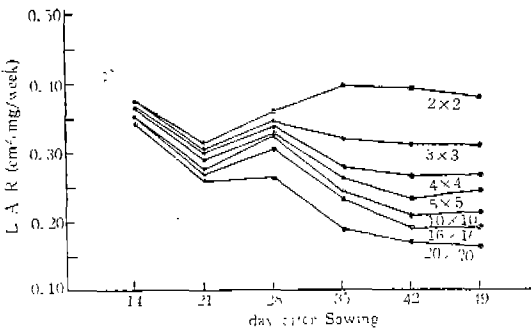


Fig. 11. Relationship of leaf area ratio (LAR) to density of *Brassica campestris* var. *Pekinensis* f. *Namsounsookombecheu*. Numerals on the line denote the plant spacing.

그러나 葉面積의 實測値는 低密度區 보다 高密度區에서 個體當의 葉面積이 작으므로 高密度狀態에서는 더욱 生産量이 低下될 것으로 生覺된다. 高密度區의 LAR 値가 커지는 原因은 葉重이 葉面積에 比하여 高密度區 植物에 있어서는 적어지더라도 植物體重에 比하여서도 葉重이 적어지는데 있다고 볼수있다. Nomoto et al. (Nomoto et al., 1961)은 녹두를 材料로 하여 受光量을 調節한 實驗에서 受光量이 적은 條件에서 LAR와 葉面積이 증대되고 植物體重에 對한 葉重이 減少되는 것을 觀察한바 있다. 이들의 事實로 보아 高密度에서 生産量이 低下되는 것은 受光量의 不足에 基因하는 것으로 生覺된다.

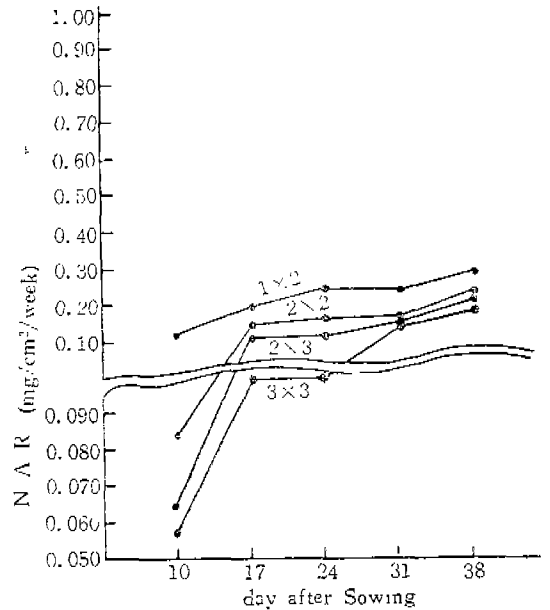


Fig. 12. Relationship of leaf area ratio to density of *Oryza sativa* f. *Kimmajae*. Numerals on the line denote the plant spacing.

摘 要

시무대근, 남선쑥음배추, 벼(김파제, 단경)을 材料로 하여 乾物生産의 立場에서 競爭-密度效果를 理論적으로 究明하고, 個體當의 生産量이 高密度에서 低下되는 原因을 生育解析에 의하여 밝혔다.

1) 個體當 植物의 乾物量은 生育初期에는 栽植 占有面積의 廣狹에 關係없이 거의 一定하였으나 生育의 進行과 함께 넓은 占有面積의 植物에 比하여 좁은 占有

面積의 植物은 顯著히 生育이 抑制되었다.

2) 平均植物體重(W)과 密度(P)와의 對數關係, $\log W \sim \log P$ 는 2개의 回歸直線, 즉 水平線과 斜線으로 近似되었고 水平線은 無競爭狀態를, 斜線은 競爭狀態를 表示하였다. 兩線의 連結點에서 各 生育時期의 最適 密度를 알 수 있었다.

3) 相對生長率(RGR)과 純同化率(NAR)은 高密度區가 低密度區보다 낮았고, 葉面積比(LAR)은 오히려 그와 反對이었다. 이러한 原因은 高密度에서 葉面積/葉重比(F/F)가 높은 것과, 受光量의 不足에 依한 光合成 低下를 解釋되었다.

參 考 文 獻

- Blackman, V. H., 1919. The Compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33 : 353—360
- Clements, F. W., J. E. Weaver and H. C. Hanson, 1929. *Plant competition*. Carnegie Institution of Washington.
- De Wit, C. T., 1964. On competition. p.82, *Landb. Voorl. No. 66*. 2nd ed.
- Donald, C. M., 1961. Competition for light in crops and pastures, "Mechanisms of biological competition." *Symp. soc. Exp. Bol.* 15 : 282—313.
- Goodall, D. W., 1960. Quantitative effects of intraspecific competition, an experiment with mangolds. *Bull. Research Council of Israel, Bot.* 8D : 181—194.
- Harper, J. L., 1961. Approaches to the study of plant competition. *Soc. Exp. Biol. Symp.* 15 : 1—39.
- Hiroi, T. and M. Monsi, 1966. Dry-matter economy of *Helianthus annuus* communities grown at varying densities and light intensities. *Jour. Facal. Sci. Univ. Takyō*, 24I—9III : 285.
- Hozumi, K., T. Asahira and T. kira, 1956. Intraspecific competition among higher plants VI. Effects of some growth factors on the process of competition. *Jour. Inst. polytech. Osaka City Univ.* 7D : 15—34.
- Hodgson, G. L. and G. E. Blackman, 1956. An analysis of the influence of plant density on the growth of *Vicia faba* I. The influence of density on the pattern of development. *Jour. Exp. Bot.* 7 : 147—165.
- Iwaki, H., 1959. The influence of density on the dry matter production of *Fagopirum esculentum* *Jap. Jour. Bot.* 16 : 210—226.
- Kira, T., H. Ogawa, K. Hozumi, H. Koyama and K. Yoda, 1956. Intraspecific competition among higher plants V. Supplementary notes on the C—D effect. *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ.* 7D : 1—14.
- 吉良龍夫, 1960. *植物生態學 II*, 古今書院 東京.
- , 1961. 作物의 收量と 栽植密度 [I] *農及園*, 36 : 1101—1106.
- Kuroiwa, S., 1960. Intraspecific competition in artificial sunflowers communities. *Bot. Mag. (Tokyo)*, 73 : 300—309.
- Monsi, M. and T. Saeki, 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die stoffproduktion. *Jap. J. Bot.* 14 : 22—52.
- Nomoto, N., H. Iwaki and M. Masami, 1961. Physiological and ecological analysis of shade tolerance of plants I. Growth of green grams under varying light intensities. *Bot. Mag. (Tokyo)*, 74 : 386—394.
- Shinozaki, K. and T. kira, 1956. Intraspecific competition among higher plants VII. Logistic theory of the C—D effect. *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ.* 7D : 35—72.
- Tezuka, Y., 1960. The influence of nutrients on the growth of plant populations under different densities. Relations of plant communities to edaphic factors with special reference to mineral nutrition III. *Bot. Mag. (Tokyo)*, 73 : 7—13.
- Watson, D. J., 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops II. The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. *Ann. Bot. N.S.* 11 : 375—407.
- Williams, W. A., 1963. Competition for light between annual species of *Trifolium* during the vegetative phase. *Ecol.* 44 : 475—485.

Yoda, K., T. Kira, H. Ogawa and K. Hozumi,
1963. Intraspecific competition among higher
plants XI. Self-thinning in Over crowded pure

stands under cultivated natural conditions.
Jour. Biol. Osaka City Univ. 14 : 107—129.