

播種期 移動에 따른 Silage 옥수수의 生長解析

姜正勲 · 李浩鎭* · 朴炳勲

畜産試驗場

Growth Analysis of Silage Corn in Response to Seeding Time

J. H. Kang, H. J. Lee* and B. H. Park

Livestock Experiment Station, RDA

Summary

The field experiment was conducted to study on the growth analysis of early variety, MTC-1, and late variety, Suweon 19, in response to seeding time at Suweon. The results were summarized as follows:

1. Days required for Leaf-Formation(L-phase) of MTC-1 and Suweon 19 was same but that of Node-Thickening(N-phase) was quite different, e.g. late variety has two times longer. The period of Ear-Development (E-phase) in MTC-1 was 41 days and 53 days in Suweon 19. L- and N-phase were shortened by late seeding but E-phase was not influenced by seeding time.
2. Leaf Area Index(LAI) was decreased and Leaf Area Ratio(LAR) was increased by late seeding. Days required to maximum LAR was less by late seeding. Net Assimilation Rate(NAR) of L-, N-, and E-phase was decreased but its tendency in E-phase was remarkable at late seeding.
3. Crop Growth Rate(CGR) was increased gradually in the process of plant growth and it was the highest at Husk-stage. Relative Growth Rate(RGR) was increased in L-phase and was decreased in N- and E-phase, but its tendency in N-phase was great.
4. The period required to the maximum dry matter yield was shortened by late seeding and dry matter yield was increased by early seeding.

I. 緒 論

種實用 옥수수의 栽培方法은 널리 알려져 있으나 사일리지용 옥수수는 주로 酪農家에서 小規模로 栽培하고 있으며 그 栽培法은 아직 미흡한 점이 많다.

Mock¹⁾등은 옥수수의 收量을 增大시키기 위해서는 早期播種을 해야 한다고 하였으며 李²⁾등은 複交雜種을 가지고 春川, 水原, 裡里에서 試驗한 바 3 지역 모두 5월 5일 이전에 播種해야 많은 種實收量을 올릴 수 있다고 하였으며 李³⁾등은 單交雜種을 가지고 水原에서 試驗한 結果 種實用은 4월 25일 이전에 사일리지용은 5월 10일 이전에 播種하여야 높은 收量을 얻을 수 있었다고 하였다. 그리고 楊⁴⁾등은 水原地方에서는 5월 4일 이전에 播種하여야 사일리지 乾物收量 및 雌穗比率를 높일 수 있어 可

消化乾物收量을 增大시킬 수 있었다고 하였다.

한편 播種適期 決定에 있어서 Gilmore⁵⁾는 Growing Degree Days(GDD)를 제시하였으며 Tollenaar¹⁵⁾등은 GDD의 短點을 補完하기 위해 Ontario Corn Heat Unit(OCHUC), Thermal Leaf Unit(Max/Min, Sine curve)의 모델方程式을 제시하였다. 國內에서도 李⁷⁾등은 옥수수, 벼 및 콩에서 GDD의 利用 가능성을 檢討하였다.

氣象조건이 달라졌을 때 여러가지 生長指數들의 反應은 옥수수에서는 Blackman²⁾이 수단그라스에서는 Ballard¹⁾등이 처음으로 밝혀냈으며 그후 많은 사람들이 여러가지 環境變化에 따른 作物의 生長을 生長指數의 變異로 推定 說明하였다. 最近에 Radford¹⁴⁾는 各 生長指數의 算出에 있어서 葉面積, 乾物重, 時間과의 相互關係를 알고 있어야 한다고 하였

* 서울대학교 農科大學(College of Agriculture, Seoul National University)

다. Buttery³⁾는 옥수수에서 葉面積指數가 增加함에 따라 純同化率, 葉面積比, 相對生長率은 減少되었으며 時間이 경과함에 따라서 純同化率 및 葉面積비가 減少되었다고 하였다. 본 論文에서는 사일리지용 옥수수의 栽培法을 確立하기 위한 基礎資料로서 播種期 移動에 따른 사일리지 옥수수의 生長反應을 檢討하였다.

II. 材料 및 方法

畜産試驗場 飼料圃에서 早生種 MTC-1 과 晚生種 水原 19號를 가지고 1980年 4月 25日부터 6月 24日까지 12日 間隔으로 6회에 걸쳐 播種하였고 試驗區는 分割區配置法 3 反復으로 配置하였다.

播種은 畦幅 60cm, 株間距離 15cm로 2粒點播하여 出現後 1 葉期에 軟弱한 個體를 除去하였고 施肥量은 窒素, 磷酸, 加里를 成分量으로 各各 20, 15, 15 kg/10a 施用하였으며 窒素의 50%는 基肥로 나머지는 7~8 葉期에 追肥로, 其他肥料는 全量基肥로 施用하였다.

播種期別로 幼苗 出現後부터 完熟期까지 生育段階別 判定法은 朴¹³⁾등의 方法을 適用하였으며 葉面積調查 方法에 있어서는 各 播種期別로 生育이 中庸인 것을 每區當 4 個體를 골라 完熟期까지 葉長과 葉幅을 調查하여 係數 0.75^{4,9, 11)}를 곱하여 葉面積으로 換算하였다. 乾物重調查 方法은 역시 生育이 中庸인 것을 골라 每區當 3~9 個體를 地表面 높이로 잘라서 105℃에 乾風機에 1日間 乾燥시켜 風乾物로 換算하였다.

時期別 乾物重은 播種期, 品種別로 生長曲線式

$$W = \frac{K}{1 + A \cdot B^x}^{12)}$$
에 依하여, 葉面積은 2次式 $A = a + bx + cx^2$ 을 求하여 算出하였으며 各 生長指數는 算出公式에 依하여 求하였다.

III. 結果 및 考察

1. 生育所要日數

옥수수에서 播種부터 出現까지 所要日數는 土壤溫度, 土壤水分, 土壤通氣 및 種子의 活力 등에 影響을 받는데 특히 土壤溫도와 土壤水分에 크게 影響을 받는다. 各 播種期別로 出現까지의 所要日數는 5日 내지 13日이 所要되었는데 6月 上旬까지는 播種期가 遲延될수록 所要日數는 짧아지는 경향이였다. 대개 옥수수의 播種適期는 該地帶의 Growing Degree Days(GDD)로 決定하는데 4月 下旬부터 5月 下旬까지 播種期의 GDD가 거의 같은 값을 보인 것은 播種期 決定에 GDD의 利用 타당성을 의미한다. 그리고 5月 下旬 播種期에서부터 所要日數가 더이상 짧아지지 않는 것은 그때의 溫度가 最少出現日數의 限界溫度일 것으로 생각된다(表 1).

옥수수에서 營養生長期와 生殖生長期를 雌穗의 苞葉先端이 出現하는 時點을 기준으로 볼 때 營養生長期間은 早生種에서 41日, 晚生種에서 56日이었으며 播種期가 늦어짐에 따라 早·晚生種 모두 營養生長期間이 短縮되었다. 그러나 生殖生長期間(雌穗發育期)은 早生種에서는 41日 晚生種에서는 53日으로써 晚生種이 길었으나 播種期의 移動에 따라서는 早·晚

Table 1. Soil temperature, growing degree days (GDD), precipitation and period of emergence (1980)

Seeding date	Average*)	*)	*)	Period of emergence
	soil temp.	GDD	Precipitation	
	℃	℃	mm	day
April 25	13.1	60	27	13
May 7	16.6	68	46	12
May 19	18.2	61	34	8
May 31	20.9	59	21	6
June 12	24.6	78	81	5
June 24	23.2	81	72	6
\bar{X}	19.4	68	47	8

*) From seeding to emergence

生種 모두 큰 차이가 없었다.

葉形成期는 早生種에서 27日, 晩生種에서 29日로써 早·晩生種間에 큰 차이가 없었으나 播種期의 移動에 따라서는 늦을수록 이 期間이 短縮되고 節露出期는 早生種에서 14日, 晩生種에서 27日로써 큰 차이가 있었으며 播種期가 늦을수록 그 期間이 短縮되었다.

한편 出現부터 黃熟期까지 所要된 GDD는 早生種에서 平均 1016°C, 晩生種에서 1304°C이었으며 早生種에서는 播種期에 무관하였으나 晩生種에서는 多少 減少되었다(表 2).

2. 葉의 生長

1) 葉面積

全生育期間에 걸쳐 播種期別 葉面積을 調査한 結果 早生種에서는 出現後 5週以前까지는 播種期가 늦어질수록 葉面積의 增加가 빨라지는 傾向이었고 最大葉面積은 4月 下旬 播種期를 제외하고는 播種期가 늦어질수록 작아졌으며 最大葉面積에 到達되는 所要日數는 4月 下旬, 5月 上旬 播種期가 8週

後, 5月 中旬 播種期가 7週後, 5月 下旬 播種期가 6週後, 6月 上旬, 下旬 播種期는 5週後이었다.

晩生種에서는 出現後 6週까지는 播種期가 늦어질수록 葉面積의 增加가 빨라지는 傾向이었으나 10週以後에는 5月 上旬 播種期를 除外하고는 反對傾向이었다. 最大葉面積은 4月 下旬, 5月 上旬 播種期를 除外하고는 播種期가 遲延될수록 減少되었으며 最大葉面積에 到達되는 所要日數는 4月 下旬 播種期가 9週後, 5月 上旬 播種期가 8½週後, 5月 下旬 6月 上旬, 6月 下旬 播種期가 7週後로서 播種期가 遲延될수록 所要日數가 짧아지는 傾向이었다.(그림 1).

2) 葉面積比(Leaf Area Ratio: LAR)

葉面積比는 單位乾物重에 對한 葉面積의 比率을 의미하는 指標로서 LAR의 最大値는 播種期別로 早生種, 晩生種 모두 出葉速度가 변하는 時點에서 最大値를 보이고 있었는데 이는 역시 生長의 轉換點으로 보이며 早生種에서 播種期에 따른 LAR의 最大値가 뚜렷하게 다른 것은 주로 早生種이 營養生長期間동안 溫度에 敏感한 反應을 보인 것이라 생각된다(그

Table 2. Duration of each developmental stage and GDD in silage corn (1980)

Phase or stage Seeding date	Vegetative			Reproductive		
	L-phase	N-phase	Sum	H-Y stage	Total	GDD(°C)
MIC- 1 (early)	*					
April 25	33	16	49	42.0	91.0	1006
May 7	30	13	43	37.9	80.9	958
May 19	24	16	40	39.8	79.8	1008
May 31	25	14	39	40.1	79.1	1004
June 12	24	14	38	40.4	78.4	1030
June 24	25	13	38	44.8	82.8	1051
Mean	27	15	41	40.8	82.0	1016
Suweon # 19 (late)						
April 25	36	32	68	56.7	124.7	1441
May 7	29	29	58	49.1	107.1	1305
May 19	27	28	55	52.8	107.8	1348
May 31	27	25	52	49.4	101.4	1284
June 12	28	23	51	54.2	105.2	1246
June 24	26	24	50	56.4	106.4	1200
Mean	29	27	56	53.1	108.8	1304

*days after emergence

L-; formation of Leaves

H; Husk stage

N-; thickening of nodes

Y; Yellow stage

|GDD; Growing Degree Days

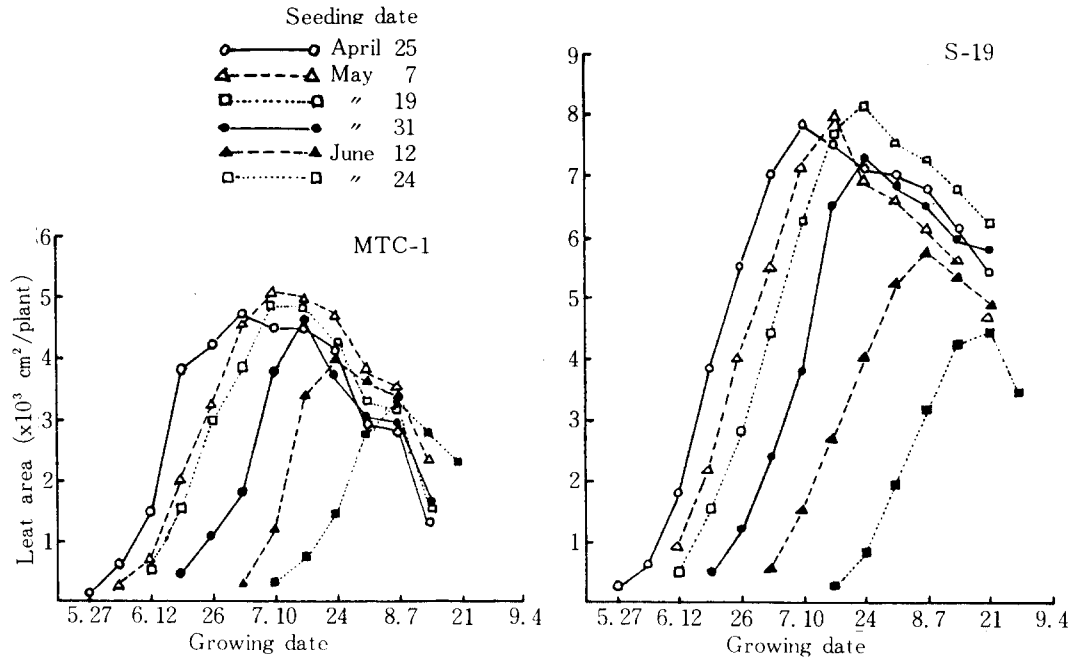


Fig. 1. Change of leaf area in response to seeding time in corn plant (1980)

림 2).

3) 純同化率

純同化率は單位葉面積當 1日 乾物生産量を 나타내는 指標로서 早·晩生種 모두 全生育期間에 걸쳐 播種期가 늦어질수록 平均純同化率이 多少 減少되는 傾向이었고, 雌穗發育期間중에는 播種期가 늦어짐에 따라 平均純同化率의 減少가 뚜렷하였는데 이는 播種期에 따른 乾物生産量의 蓄積變異를 잘 說明해 주고 있었다. 특히 晩生種의 6月 下旬 播種期가 多少 높은 값을 보이고 있는 것은 初期生育이 높은 溫度에서 이루어지면서 後期生育에 溫度가 多少 유리했던 것이 아닌가 생각된다.

한편 品種間에서는 營養生長期間 동안은 早生種이, 生殖生長期間 동안은 晩生種이 다소 높아서 全生育期間 平均純同化率은 早生種이 높았는데 이는 品種의 早·晩性이 生産效率面에서 重要하다고 하겠다. (表 3).

3. 乾物蓄積

1) 個體群 生長速度(Crop Growth Rate: CGR)

個體群 生長速度는 單位面積, 單位時間當 乾物生産을 나타내는 指標로서 早·晩生種 모두 苞葉期(H-stage)에 個體群 生長速度가 가장 높은 傾向이었는데

早生種의 6月 上·下旬 播種期에서는 第5節露出期(N₅)에, 晩生種의 6月 上旬 播種期는 第10節露出期(N₁₀), 6月 下旬 播種期에서는 出絲期(S-stage)에 가장 높았다. 이는 節肥大期(N-phase)에서 雌穗發育期(E-phase)로 넘어가는 N₅, N₁₀, H, S-stage에 걸쳐 있었다.

한편 葉形成期(L-phase), 節肥大期(N-phase)에는 播種期가 遲延될수록 높은 傾向이었고 雌穗發育期間 동안에는 播種期가 빠를수록 높은 傾向이었다(그림 3). 이는 播種期가 遲延될수록 相對的으로 氣溫이 上昇되어 生長速度가 느려진 것으로 생각되며 특히 6月 下旬 播種期에서 生長速度가 낮았던 이유는 葉形成期 동안 平均溫度 23°C의 높은 溫度에서 生長한 原因으로 생각된다. 특히 早·晩生種 모두 5月 下旬이 옥수수 播種에 있어서 거의 極限界期인 것으로 추정된다.

2) 相對生長率(Relative Growth Rate: RGR)

相對生長率은 單位乾物重當 乾物生産을 나타내는 指標로서 第1節露出期부터 出絲期까지 급격히 낮아졌는데 이는 溫度가 上昇함에 따라 짧은 生育期間 동안 乾物生産을 해야 하기 때문에 單位乾物當 乾物量이 增加되는 速度가 빠른 것으로 생각되며 雌穗發育期 동안에 播種期가 遲延될수록 相對生長率이

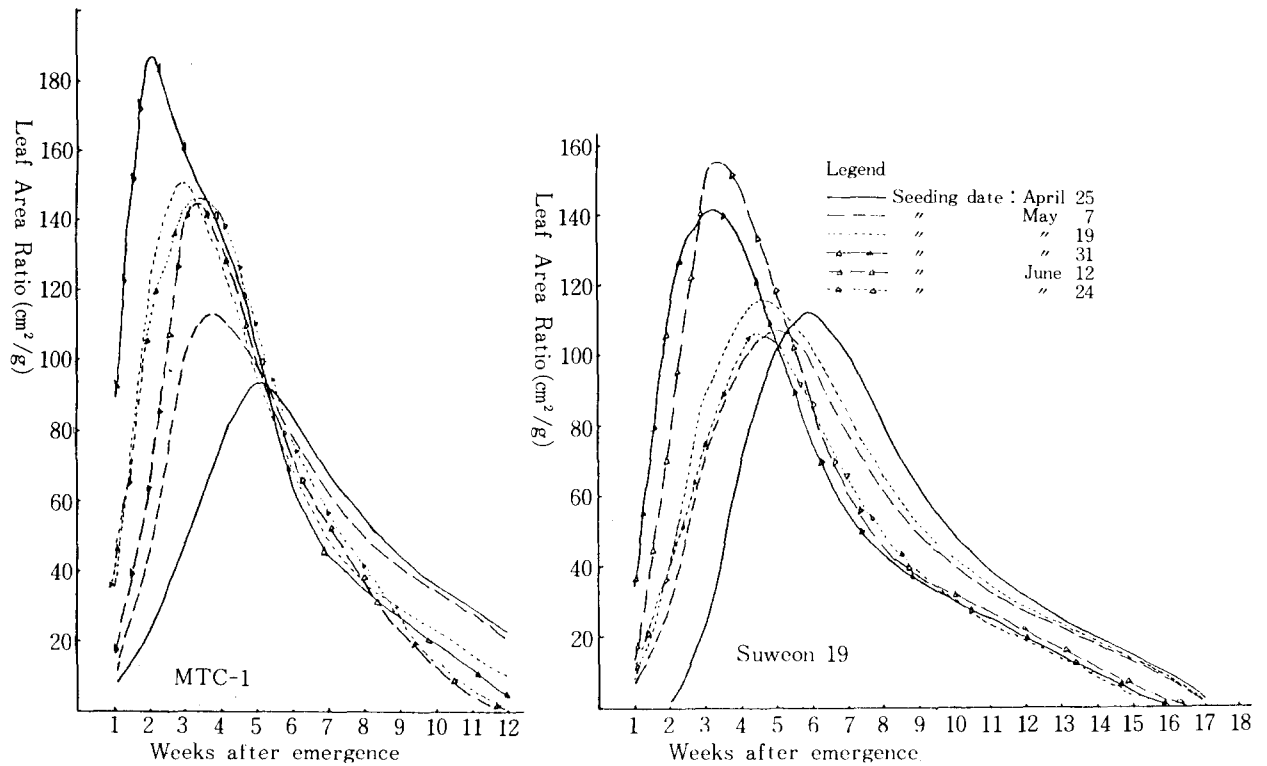


Fig. 2. Leaf Area Ratio (LAR) in response to seeding time (1980)

Table 3. Mean Net Assimilation Rate (NAR) of each developmental phase in corn plant (1980)

Phase Seeding date	Unit : mg/cm ² /day			
	L-*	N-	E-	\bar{X}
MTC- 1 (early)				
April	2.26	0.87	0.53	1.22
May	1.38	0.83	0.40	0.87
May	1.55	0.65	0.41	0.87
May	0.97	0.78	0.37	0.71
June	1.59	0.74	0.16	0.83
June	1.40	0.48	0.29	0.72
\bar{X}	1.53	0.73	0.36	0.87
Suweon #19 (late)				
April	1.69	0.62	0.63	0.98
May	1.24	0.62	0.51	0.79
May	0.91	0.57	0.44	0.64
May	0.63	0.63	0.37	0.54
June	0.79	0.69	0.39	0.62
June	1.02	0.69	0.58	0.76
\bar{X}	1.05	0.64	0.49	0.72

L-*; formation of Leaves N-; thickening of Nodes E-; development of Ear

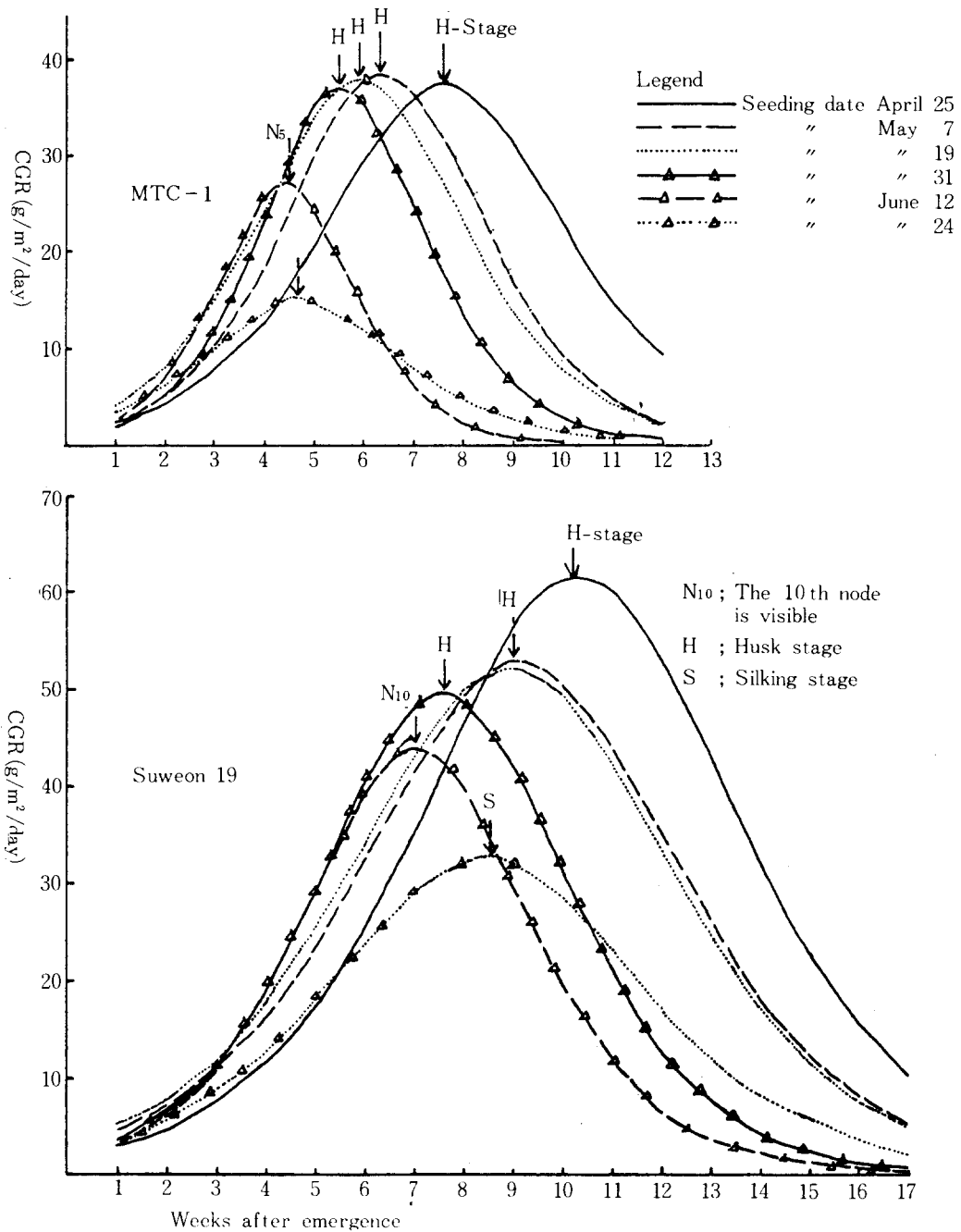


Fig. 3. Crop Growth Rate(CGR) in response to seeding time

낮아지는 경향이었다. 이는 播種期가 빠른 個體들이 충분한 營養生長으로 蓄積한 乾物量의 差異에 기인되는 것으로 생각된다. 특히 早·晚生種 모두 6 月下旬 播種期를 제외하고는 播種이 遲延될수록 높았고 晚生種보다 早生種이 높았던 것은 早生種이 短期間内の 單位乾物蓄積率이 높은 것으로 생각할 수

있겠다(그림 4).

3) 乾物重

全生育期間에 걸친 乾物重의 變化는 生長曲線式 $W = \frac{K}{1 + A \cdot B^x}$ 에 의해 求하였는데 K의 값은 乾物重(W)의 最大値를 의미하며 A, B의 Parameter에 依

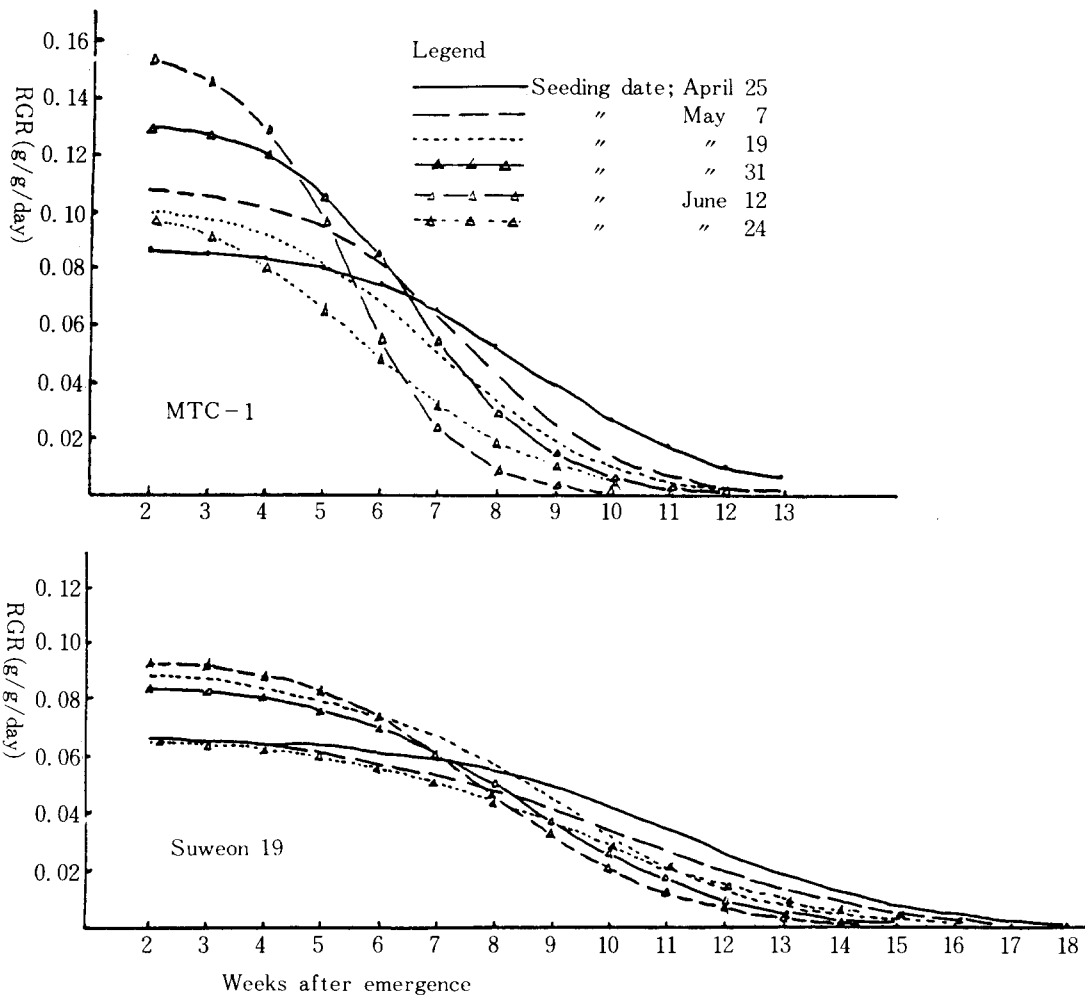


Fig. 4. Relative Growth Rate(RGR) in response to seeding time (1980)

Table 4. Values of parameter A,B & K in logistic growth equation between growth days and dry matter accumulation in silage corn (1980)

Variety Parameter Seeding date	MTC - 1				Suweon 19			
	K	A	B	F-value	K	A	B	F-value
April 25	150.5	161.3	0.536	188.0**	330.9	165.2	0.625	365.7**
May 7	127.7	202.5	0.464	57.0**	284.8	91.2	0.627	562.0**
May 19	132.8	102.9	0.487	73.0**	285.2	79.9	0.630	400.5**
May 31	102.5	279.6	0.396	22.5**	210.5	131.4	0.548	148.0**
June 12	62.0	229.2	0.331	8.8*	168.1	150.7	0.515	88.0**
June 24	50.4	46.2	0.482	17.5**	172.5	71.0	0.621	275.0**

*Equation, $W = \frac{K}{1 + A \cdot B^x}$ x : days after emergence

해 번곡점의 기울기가 左右된다.

乾物重 역시 葉面積과 유사한 變化를 나타내고 있었는데 早生種의 5月 上旬 播種期를 제외하고는 早·晚生種 모두 播種期가 遲延될수록 最大 乾物重이 減少하였다(表4). 따라서 水原을 중심으로한 中部地方의 사일리지용 옥수수의 播種限界期는 早·晚生種 모두 5月 中旬이며 幼苗 出現에 큰 影響을 주지 않는 한도에서 早期 播種이 乾物收量을 높일 수 있겠다.

IV. 摘要

播種期 移動에 따른 사일리지용 옥수수의 生長反應을 알아 보고자 1980年 4月 25日부터 6月 24日 까지 12日 間隔으로 6회의 播種期를 두고 畜産試驗場 飼料圃場에서 早生種 MTC-1과 晚生種 水原 19號를 가지고 試驗한 結果는 아래와 같다.

1. 播種期가 늦어질수록 出現日數는 短縮되었으며 出現에서 出絲까지 生育日數는 짧아졌고, 出絲에서 生理的 成熟期(黃熟期)까지 所要日數는 播種期에 무관하였다.

2. 播種期가 늦어질수록 葉面積指數는 減少되었고 葉面積比는 높았으며 葉面積比의 最大值에 도달되는 所要日數는 短縮되었다.

3. 純同化率은 生育初期보다 雌穗發育期에 播種期가 늦을수록 減少되었으며 個體生長速度는 播種期에 관계없이 莖葉期에 가장 높았으며 播種期가 늦어지면 현저히 減少하였고, 相對生長率은 品種 및 播種期 早·晚에 관계없이 第1節 露出期부터 급격히 낮아졌다.

4. 個體當 乾物量은 播種期가 빠를수록 많았고 最大乾物量에 도달되는 所要日數는 播種期가 늦을수록 短縮되었다.

V. 引用 文 獻

1. Ballard, L.A.T. and A.H.K. Petrie. 1936. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. I. The effect of nitrogen supply on the growth of the plant and its parts. *Aust. J. Exp. Bio. Med. Sci.* XIV; 113-115.

2. Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33:353.

3. Buttery, B.R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. *Crop Sci.* 10:9-13.

4. Francis, G.A. and J.N. Rutger. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize. *Crop Sci.* 9:537-539.

5. Gilmore, E.C. and J.C. Rogers. 1958. Heat unit as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50:611-615.

6. 이석순, 박근용. 1979. 옥수수 단교잡 신품종 파종기시험. 작시 시험연구보고서(전작): 223-230.

7. 李錫淳, 尹成浩, 鄭吉雄, 朴根龍, 咸泳秀. 1980. 벼, 콩, 옥수수에 있어서 Growing Degree Days의 利用可能性 檢討. 楠石 洪基稷 博士記念 論文集: 129-135.

8. 이정행. 1966. 옥수수 파종기대 재식밀도시험. 작시 시험연구보고서(전작): 476-491.

9. Mckee, G.W.. 1964. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. *Agron. J.* 56:240-241.

10. Mock, J.J. and R.B. Pearce. 1975. An ideal type of maize. *Euphytica* 24: 613-623.

11. Montgomery, F.G., 1911. Correlation studies in corn. *Nebraska Agr. Exp. Sta. 24th Annual Report*: 108-159.

12. Oscar Kempthorne, T.A. Bancraft, J.W. Gowen and J.L. Lush. 1954. *Statistics and mathematics in Biology. Iowa State College Press*: 119-132.

13. 朴炳勳, 楊鍾成, 姜正勳. 1981. 옥수수의 形態的 變化와 生長發育段階. 韓作誌26: 185-191.

14. Radford, P.J.. 1967. Growth analysis formulae - Their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.

15. Tollenaar, M., T.B. Daynard and R.B. Hunter. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.* 19:363-366.

16. 양종성, 한홍전. 1979. 청에옥수수 파종기시험. 축시 시험연구보고서: 687-691.