

有效積算溫度에 의한 싸이리지옥수수의 播種期決定

崔震龍* · 朱榮國* · 宋文台** · 吳豪祥** · 安東元***

Determination of Sowing Date for Silage Corn Based on Growing Degree Days and Soil Temperature

Zhin Ryong Choe*, Young Kuk Joo*, Moon Tae Song**,
Ho Sang Oh** and Dong Won Ann***

ABSTRACT : In order to investigate the effect of sowing dates on some agronomical characters and yield of corn in southern part of of Korea, a field experiment was carried out at Gyeongnam Provincial Livestock Breeding Station in chinju. Single cross hybrid corn (cv. Suwon #19) was sown from April 13 to June 2 with five-day interval in 1984 and 1984. The relationship between herbage and grain yield and various meterological measurements was evaluated.

As the sowing dates were delayed, the days from sowing to seedling emergence were shortened, as more closely affected by the soil temperature at seedling emergence.

growth period and was dependent on precipitation and temperature during the growth period. Based on the relationship between herbage dry matter yield of corn and soil temperature at seedling emergence, the estimated critical sowing date for corn in the southern Korea was March 23±3.6 days.

사료곡물의 수입량이 해마다 증가하고 있는 현시점에서 낙농가의 옥수수 재배면적 확대와 그 單位收量の 증대는 농업상 주요 과제라 할 수 있다. 옥수수는 高溫性作物이다. 따라서 우리나라 옥수수 재배에서 가장 중요한 制限要因은 溫度라고 할 수 있으며 作付體系上 低溫期에 克服해야 할 때에 發芽溫度는 더욱 큰 의미가 있다. 그런데 지금까지 알려진 옥수수의 發芽最低溫度는 10℃이며 이 發芽最低溫度가 옥수수의 播種期를 결정하게 된다. 따라서 옥수수를 너무 일찍 播種하게 되면 發芽所要日數가 길어진다고 하였다.²⁾ 美國의 경우 그 地方의 平均晚霜日 10~14日後에 播種하는 것이 보통이었으나¹³⁾ 그후 効果적인 低溫低抗性品種의 育成으로 早期播種에서도 만족할만한 發芽率을 유지할 수 있으며 더우기 溫帶地方에서 옥수수를 早植하면 出絲가 빠르고, 日射量이 많으며, 高溫長日下에서 登熟하게 되므로 최근에는 平均晚霜日 10~15日前부터 播種하는 것이 가능하게 되었다. 이러한 早期

播種期의 결정에 있어서 Gilmore⁴⁾는 有效積算溫度 (Growing Degree Days : GDD)를 제시한 바 있다. GDD값은 같은 品種에서는 年次, 播種期, 지역이 달라도 같은 생육단계의 값은 비슷하다는 이론에 근거하고 있으며 國內에서도 그 이용가능성에 대해 검토된 바 있다.¹¹⁾

여기서는 옥수수의 播種時期가 이룰수록 증수할 수 있다는 Mock 등¹⁴⁾의 이론에 근거하여 南部地方에 있어서 播種기가 옥수수의 青刈收量에 미치는 效果를 구명하기 위하여 1983년부터 1984년까지 單交雜 옥수수 品種 水原 19號를 供試하여 播種기에 따른 옥수수의 生育과 收量에 미치는 效果를 분석하고 이를 옥수수 播種期를 결정하는 데 응용한 결과를 여기에 보고하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1983년 5월부터 1984년 8월의 2

* 慶尙大學校 農科大學 (College of Agriculture, Gyeongsang Nat'l Univ, Chinju 660-280, Korea)

** 作物試驗場 (Crop Experiment Station, Suwon 441-100 Korea)

*** 慶南家畜衛生試驗所北部支所 (The North Branch of Gyeongnam Animal Health Laboratory, Hapchun 678-800 Korea)

<90. 4. 25. 接受>

개년에 걸쳐 慶南 晋州市 慶南道種畜場에서 실시되었다. 1983년에는 5월 9일, 5월 13일, 5월 19일, 5월 25일 및 6월 2일 그리고 1984년에는 4월 13일, 4월 18일, 4월 23일, 4월 28일 및 5월 3일 등의 10개 播種時期別로 옥수수 單交雜種인 水原 19號를 畦幅 60cm, 株間距離 20cm로 點播하였다. 질소, 인산, 가리를 각각 10a당 21, 17, 17kg씩 施肥하였으며 窒素의 50%는 基肥로서 나머지 50%는 追肥로서 本葉 7~8葉期에 사용하였으며 질소의 50%는 基肥로서 그리고 나머지 50%는 追肥로서 本葉 7~8葉期에 사용하였으며 他肥料는 定량 基肥로 사용하였다. 試驗區의 배치는 亂塊法 4反復으로 하였다. 靑刈收量은 1983년의 경우 9월 7일에, 1984년에는 8월 11일에 평가하였으며 生草重은 葉, 莖, 이삭별로 測定하였다. 기상자료는 진주지방 측후소의 것을 사용하였으며, GDD값은 Gilmore와 Rogers의 계산식⁴⁾에 의하여 산출하였다.

$$GDD (^{\circ}C) = \sum \left(\frac{\text{일 최고기온} + \text{일 최저기온}}{2} - 10 \right)$$

단, 이때 최저기온이 옥수수 생육의 最低限界溫度인 10°C 이하이면 그 溫度를 10°C로 보정하여 사용하였다. 또한 安全播種限界期를 구하기 위하여 Hanya Uchijima의 방법^{5,16)}에 준하여 봄에 평균 온도가 10°C가 연속 3일 출현하는 初日을 安全播種限界期로 보고 진주지방에서의 12년간의 氣象資料를 토대로 하여 95%의 신뢰구간으로 그 일자를 推定하였다.

結果 및 考察

1. 播種期移動이 幼苗出現日數에 미치는 效果

表 1에는 播種期別 水原 19號의 幼苗出現日(Seedling emergence date), 雄蕊出現日(tusseling date) 및 出絲期(silking date)를 나타내었다. 이에 따라 表 2에는 수원 19號의 播種期別에 따른 出現所要日數와 그 출현기간중의 地中 10cm 지점의 평균온도 및 GDD값을 나타내었다. 대체로 播種時期가 이를수록 그 幼苗出現까지의 所要日數가 길어졌으나 일정시기를 경과한 후에는 幼苗出現 所要日數의 단축효과는 보이지 아니하였으며, 播種時期가 너무 늦어질 경우 오히려 늘어나는 경향을 보이기도 하였다. 출현기간중의 지중평균온도는 4월

Table 1. Changes in seedling emergence, tasseling and silking dates of corn (cv. Suwon # 19) as affected by the different sowing dates.

Sowing date	Seedling emergence date	Tasseling date	Silking date
April 13	April 26	June 26	June 28
	18	28	30
	23	May. 1	July 2
	28	7	5
May 3	13	July 3	7
	9	5	7
	13	13	15
	19	20	20
	25	31	25
June 2	June 18	Aug. 2	Aug. 4

Table 2. Relationships between soil temperature, growing degree days (GDD) and seedling emergence period of silage corn (cv. Suwon #19) sown on the different sowing date.

Sowing date	Aver. soil* temperature	Seedling emergence	
		Days	GDD
April 13	15.2	15	67.6
	18	12	56.7
	23	9	55.4
	28	10	61.6
May 3	18.9	11	62.7
	9	7	62.7
	13	7	60.3
	29	7	64.4
	25	7	69.0
June 2	20.3	17	68.8

* Measured at 10 cm soil deep.

13일 播種區의 15.2°C를 시작으로 하여 파종이 늦어질수록 점차 높아져 6월 2일 파종구는 20.3°C를 나타내고 있으며 지온이 높아질수록 幼苗出現日數가 점차 단축되었으나 일정시기이후(5월 3일의 18.9°C)의 지온상승은 幼苗出現日數의 단축효과가 없었다. 6월 2일 파종구의 경우 오히려 幼苗出現에 17일이나 소요되었다. 출현기간중의 地中平均溫度와 出現에 소요된 日數와의 관계는 그림 1에서 보는 바와 같이 $\hat{Y} = 24.2 - 0.82X$ ($r^2 = 0.518$)로 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 즉 地溫이 높아지면 幼苗出現 所要日數가 줄어드는 효과가 나타났다. 이러한 결과는 수원에서 平均地溫이 22.0°C까지 1°C 높아짐에 따라 幼苗出現 所要日數가 2.13일정도 단축되었으나 22.0°C보다 地溫이 높으면 地溫上昇이 幼苗出現所要日數에 미치는 영향이

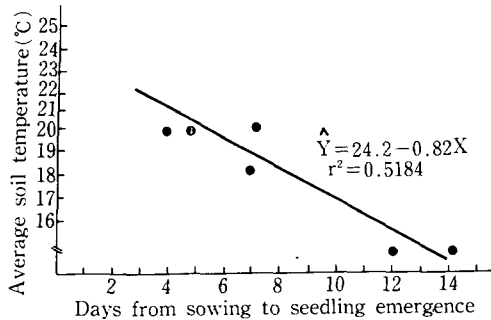


Fig. 1. Relationship between average soil temperature and the days from sowing to seedling emergence of corn (cv. Suwon # 19) in Chinju.

적어진다(보고 11), 옥수수의 발아適溫은 20~30°C이고 발아所要日은 4~14日로서 低溫일수록 長期間을 요한다는 보고 2,3) 등과 일치한다.

또한 옥수수의 播種適期는 그 지역의 GDD 값으로 결정되는데 4월 13일부터 5월 25일까지 파종할 때에 GDD가 거의 같은 값을 보이고 있는 것으로 나타나고 있으며 이는 姜 등 7)의 결과와 일치하고 있다.

2. 播種期移動이 青刈收量에 미치는 效果

表 3 에는 수월 19 號의 처리별 播種期로부터 各 生育時期까지의 소요일수를 나타내었다. 播種期가 빨라짐에 따라 생육기는 빨라지는 경향이었으나 出絲에 소요된 일수는 증가되는 경향이었으며 이는 幼苗出現에 所要되는 일수가 길어지기 때문이라 생각된다. 幼苗出現에서 出絲까지의 日數는 播種期가 늦어질수록 그 所要日數가 단축되는 경향이 있었다. 옥수수 幼植物의 生長은 出現後 1개월까지는 느리

나 植物이 生長함에 따라 畝는 계속적으로 發生하게 되고 乾物의 蓄積은 증가된다. 옥수수 生長에 있어서 가장 變異의 폭이 큰 時期는 옥수수가 出現해서 수이삭이 나오기까지의 期間으로써 이 期間은 熟期와 收穫期에 對해 가장 뚜렷한 影響을 미치게 되며 옥수수의 畝와 出기는 出絲以後 10~15日부터 生長이 중지되며 畝으로부터 合成된 에너지는 種實生産에 쓰이게 된다⁶⁾고 한다. 이러한 觀點에서 볼 때 早期播種에 의해서 幼苗出現에서 出絲까지의 期間을 연장하여 營養生長量을 늘리는 것이 靑刈用 옥수수의 收量을 增大시킬 수 있는 한 가지 方案으로 생각된다. 표 4는 播種期別 各 氣象要素 및 옥수수의 收量에 對한 成績을 나타내고 있는데 이러한 氣象要素 및 收量과의 相關係數를 계산하고 이를 표 5에 나타내었다. 氣象要素中 옥수수의 靑刈收量과 가장 밀접한 관계가 있는 것은 積산온도($r=0.922$)이며, 강우량($r=0.585$)도 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 즉 溫度가 증가할수록, 또 강우량이 증가할수록 收量은 증가하는 경향을 보이고 있으며, 이러한 收量의 증가는 草長이나 莖直徑의 증가에 기인하는 것으로 나타났다. 이러한 結果는 옥수수의 生育期間을 所要日數로 表示하면 同一品種이라도 栽培條件 특히 溫度 및 강우량에 따라 크게 달라진다는 報告 등 7,10)과 일치하고 있다. 이러한 사실을 고려할 때 우리나라에서 여름철 夏枯期間에 不足飼料의 보충이란 측면에서 옥수수의 收穫時期를 빨리 하고자 할 때, 옥수수의 最低生育溫度(10°C)를 피하는 한 早期播種에 의한 生育日數의 연장과 이에따른 積算溫度 및 충분한 강우량에 의한 증수효과를 기대할 수가 있을 것으로 보였다.

Table 3. Days and growing degree days from sowing to silking and from silking to harvest of corn (cv. Suwon #19) sown on the different sowing date.

Sowing date	Sowing to silking		Silking to harvest		Sowing to harvest	
	Days	GDD	Days	GDD	Days	GDD
April 13	76	693	44	701	120	1391
18	73	683	42	675	115	1358
23	70	695	40	646	110	1340
28	68	707	37	601	105	1308
May 3	65	705	35	577	100	1282
9	59	643	60	965	119	1608
13	62	697	52	863	114	1560
19	62	725	47	794	109	1519
25	61	744	42	728	103	1472
June 2	63	842	32	540	95	1382

Table 4. Relationship between meteorological parameters and growth and yield of corn (cv. Suwon #19) as affected by different sowing dates.

Seedling date	Accumulative temperature (°C)	Accumulative precipitation (mm)	Accumulative day length (hour)	Plant height (cm)	Plant height at 1st ear (cm)	Stem diameter (cm)	Yield (kg/10a)			
							Leaf	Stem	Grain	Total
April 13	2528	840	687	251.0	131.5	2.05	2366	3564	1176	7196
18	2451	840	675	248.4	129.1	2.03	2293	3545	1139	6977
23	2401	747	667	248.0	127.6	2.03	2246	3494	1114	6854
28	2326	742	627	246.8	125.2	2.02	2090	3284	1037	6411
May 3	2254	713	600	231.7	117.4	1.90	1180	3006	971	5857
9	2783	816	563	273.2	123.1	2.95	3083	5858	1336	10277
13	2693	816	655	269.6	119.8	2.79	2522	5625	1219	9377
19	2615	811	644	266.0	117.0	2.73	2548	5552	1001	9101
25	2502	806	570	265.4	115.2	2.63	2404	5580	600	8584
June 2	2343	793	432	255.8	106.4	2.54	2373	4210	1072	7665

Table 5. Correlation coefficients between meteorological and agronomical variables of silage corn (cv. Suwon #19) variables silage corn.

Variables	Correlation coefficients						
	A	B	C	D	E	F	G
Yield	(A)	0.964**	-0.231	0.970**	-0.169	0.585	0.922**
Stem diameter	(B)		-0.674*	0.941**	-0.382	0.469	0.791*
Plant height at 1st ear	(C)			-0.215	0.836*	0.174	0.131
Plant height	(D)				-0.0163	0.634	0.880**
Accumulative day length	(E)					0.135	0.174
Accumulative precipitation	(F)						0.679
Temperature	(G)						

3. GDD와 地溫에 근거한 옥수수 播種期の 決定

위에서 설명한 바와 같이 각 파종기에 따른 GDD 값은 거의 일정하였으며 이는 收量과 긴밀한 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 옥수수 最低生育溫度인 10°C 이상이 되는 날짜 범위 안에서 播種期를 앞당길수록 初期生育은 촉진되고 增收되었다는 사실을 고려할 때 年次間 溫度 差異가 심하고 地溫이 10°C가 되는 날짜는 크게 다르기 때문에 안전 파종한계기를 결정하는 일은 결코 단순한 문제가 아니다. 이러한 관점에서 晋州地方에 있어서의 安全播種限界期를 Hanya-Uchijima 法에 의해 12年間의 (1976년~1987년)의 氣象資料를 이용하여 算出한 結果 그림 2에서 보는 바와 같이 95% 신뢰구간은 3월 26일 ± 3.6일로 추정되었다. 이러한 결과는 晋州地方에서의 조기파종한계기는 3월 23일~ 3월 30일까지이며 이 時期까지 播種을 앞당길수록 增收할 수 있을 것으로 보인다. 播種期는 또한 南部地方에서 옥수수 栽培面積이 증대되지 못하는 이유중의 하나가 애벌구에 의하여 간염되는 옥수수의 黑條萎縮病에 의한 피해라는 사실과 옥수수는 出現後 30

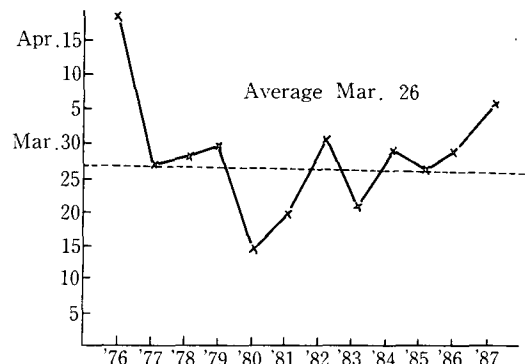


Fig. 2. Variability of soil temperature measured at 10cm depth. Each point indicates the 1st date on which soil temperature showed 10°C for consecutive three days. The broken line shows up the average of 12-year data.

일 이내에 黑條萎縮病이 容易하고 播種期를 調節하여 幼苗期때 애벌구 감염을 피하면 그 이후에는 약간의 抵抗力을 가져 罹病이 잘 되지 않고 罹病되어도 피해가 경미하다고 하는 등 黑條萎縮病防除에 관한 研究結果^{10,11,15}를 미루어 볼 때 매우 긍정적인 측면에서 검토되어야 할 것이다.

摘 要

發芽最低溫度를 根據로 早期播種 할수록 옥수수의 收量を 올릴 수 있다는 理論에 立脚하여 南部地方에서 水原 19 號를 早期播種할 때 몇가지 形質과 收量과의 關係를 究明하고자 1983 年과 1984 年의 2 年에 걸쳐서 4 月 13 日부터 6 月 2 日에 걸쳐 10 個의 播種期로 播種하고 그 成績을 分析하였던 바 아래와 같은 結果를 얻었다.

1. 播種時期가 늦어질수록 播種에서 幼苗出現까지의 所要日數가 감소되는 傾向이었으나 이러한 幼苗出現日數와 감소 효과는 地中溫도의 증가와 밀접한 관련이 있었다.

2. 播種에서 幼苗出現期間中の 有效積數溫度(G-DD)는 각 播種期에서 비슷한 값을 나타냄으로써 GDD 값은 早期播種期決定 基準으로서 利用할 수 있을 것으로 보였다.

3. 播種期가 늦어질수록 營養생장기간이 짧아졌으며 이는 乾物量蓄積에 負의 效果를 나타내었다.

4. 收量과 강수량 溫度 및 收量間에는 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났으며 積算溫도와 강우량이 많을수록 收량이 증가되었다.

5. 옥수수 播種期別 收量과 옥수수 發芽最低溫度를 고려할 때 南部地方에서 옥수수 播種期는 3 月 26 日 ± 3. 6 日로 추정되었다.

引 用 文 獻

1. Ahlgren, G. H. 1956. Forage Crops. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
2. Alessi, J. and J. F. Power. 1971. Corn emergence in relation to soil emperature and seedling depth. *Agro. J.* 63 : 717-719.
3. Blacklow, W. M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn. *Crop Sci.* 12(5) : 647-650.
4. Gilmore, E. and J. S. Rogers, 1958. Heat units as a wethod of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50 : 611-615.
5. 羽生壽郎·內島立郎·齊藤式雄. 1966. 北日本における水稻直播栽培の適期敵地の決定方法に關する農業氣象學的 研究. 東北農業試驗場 研究報告 34 : 1-15.
6. Hanway, J. J. 1966. How a corn plant develops. Specific Rep. No. 48. Iowa State Univ., Ames.
7. Kang J. H., H. J. Lee, and B. H. Park. 1985. Growth analysis of silage corn in respones to seedling time. *J. Kor. Grassl. Sci.* 5(3) : 212-219.
8. Klein, M. 1967. Studies on the rough dwarf virus diseases of maize (in Hebrew Univ. with English Summary) Ph. D. Thesis Hebrew Univ., Jerusalem. 138.
9. Kiesselbuch, T.A. 1976. Transpiration as a factor in crop production. *Nebr. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 6 : 1-214.
10. 李明煥·許忠孝·朴慶培·李袖植. 1988. 晋州地方에서의 靑刈옥수수 播種期가 黑條위축병 감염, 種實收量 및 可消化 養分收量에 미치는 영향. *農試驗文集* 30(2) : 1-6.
11. 李錫淳·朴根龍·鄭丞根. 1981. 播種期가 種實 및 사일레이지 옥수수 生育期間및 收量에 미치는 영향. *韓作誌* 26(4) : 337-343.
12. 李錫淳·李璉模. 1987. 혹조위축병 발생지역에서 파종기에 따른 Silage옥수수의 生産性. *韓作誌* 32(3) : 249-255.
13. Leonard, W. H. and J. H. Martin. 1963. Cereal Crop. MacMillan, New York, N. Y.
14. Mock, J. J and R.B. Pearce. 1975. An ideal type of maize. *Euphytica* 24 : 613-623.
15. 沈龍九·尹在卓·崔大雄. 1986. 播種期와 藥劑處理에 의한 옥수수 혹조위축병 防除試驗. *慶北農試研報* 164-167.
16. 內島立郎·羽生壽郎·伊達了·管原剛. 1964. 標高가 異なる 地域内の 作物栽培期間の 推定方法に 關する 農業氣象學的 考察. *東北農試研報* 30 : 1-12.