

흑색 P. E. Film 피복에서 초당옥수수의 생육기간을 표시하는 GDD 모델 개발

이석순*[†] · 양승규* · 홍승범**

*영남대학교 생명공학부, **아시아대학교 한약자원학과

A GDD Model for Super Sweet Corn Grown under Black P. E. Film Mulch

Suk Soon Lee*[†], Seung Kyu Yang*, and Seung Beom Hong**

*School of Biotechnology, Yeungnam Univ., Gyeongsan 712-749, Korea

**Dept. of Oriental Medicine Resources, Asia University, Gyeongsan 712-220, Korea

ABSTRACT GDD models of corn were developed in bare soil, while sweet and super sweet corns are grown under black polyethylene (P. E.) film mulch in Korea. To develop a suitable GDD model under black P. E. film mulch, a super sweet corn hybrid “Cambella-90” was planted from 1 April to 30 June in 2003 at the 10-day intervals under black P. E. film mulch and in bare soil. In bare soil the best GDD model was $GDD = \sum[(H+L)/2 - 10^\circ C]$, where H" was daily maximum temperature but is was substituted for $30^\circ C - (daily\ maximum\ temperature - 30^\circ C)$ when higher than $30^\circ C$ and L' was daily minimum temperature, but it was substituted for $10^\circ C$ when lower than $10^\circ C$. The same GDD model could be adapted for corn grown under black P. E. film mulch, but base temperature was substituted for $9^\circ C$. To determine planting date for the scheduled harvests, accumulated GDDs were calculated using 30-year average temperature data during the growing season. Under black P. E. film mulch planting dates were determined by subtracting GDD of the hybrid, $970^\circ C$, from accumulated GDD of scheduled harvest dates.

Keywords : GDD model, planting time, harvesting time, black P. E. film mulch, super sweet corn

최근 국민소득의 증가로 초당옥수수의 수요가 증가하고 있다. 초당옥수수는 수익성이 높지만 적기에만 재배하여 많은 물량이 동시에 출하되면 가격이 폭락하여 수익성이 떨어진다(Lee & Kim, 1986). 또 수확 후 당이 빨리 소모되어 상온에서는 물론 저온저장에서도 장기간 신선한 상태로 유지하기 어렵기 때문에(Lee et al., 1987a, Lee et al., 1987b)

꽃옥수수를 계속적으로 공급하여 수익성을 높이고, 고품질을 유지하기 위해서는 수확기의 분산이 필요하다(Lee, 2006; Yang et al., 2007).

원하는 시기에 옥수수를 출하하기 위해서는 수확 예정일에서 옥수수의 생육기간을 역산하여 적정 파종기를 추정할 수 있다. 그런데 옥수수의 생육일수는 같은 품종이라도 파종기에 따라 현저히 다르므로 생육일수를 이용하여 수확기를 예측하기 어렵다. 하지만 유효적산온도(growing degree days, GDD)를 이용하면 같은 품종이면 파종기에 관계없이 파종에서 수확기까지 GDD는 거의 일정하므로(Cross & Zuber, 1972; Jong et al., 1986; Lee et al., 1981; Lee et al., 1980) 원하는 일자에 수확할 수 있는 파종기를 결정할 수 있다.

생육기간의 GDD를 계산하는 방법은 여러 가지가 개발되어 있지만 모두 노지재배에 적용되는 방법이다. 그런데 우리나라에서 단옥수수와 초당옥수수는 대부분 흑색 P. E. film 피복 하에서 재배되고 있으며, 이때 지온상승(Andrew et al., 1976; Lee et al., 1978), 토양수분 보존(Knave & Mohr, 1967; Yang et al., 2007), 비료 흡수량 증가(Lee et al., 1978), 토양진압억제 및 잡초방제(Sheldrake, 1967) 등의 효과로 생육이 촉진되어 수량이 증가할 뿐 아니라 수확 시기가 빨라지므로(Andrew et al., 1976; Lee et al., 1978; Lee & Kim, 1986) 노지재배에서 개발된 GDD 계산방법을 흑색 P. E. film 피복재배에 그대로 적용하기에는 적합하지 않다. 그러므로 본 연구에서는 흑색 P. E. film 피복 하에서 초당옥수수의 생육기간을 예측할 수 있는 새로운 GDD 계산방법을 개발하고, 또 그 GDD를 이용하여 예정하는 일자에 초당옥수수를 수확할 수 있도록 파종기를 결정하는 방법을 개발하고자 한다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-810-2914 (E-mail) sslee@yu.ac.kr <Received August 16, 2007>

재료 및 방법

결과 및 고찰

이 시험은 경북 경산시 영남대학교 자연자원대학 실험포장에서 실시하였다. 시험 품종은 미국에서 수입한 초당옥수수 “Cambella-90”이었으며, 2004년 4월 1일부터 6월 30일까지 10일 간격으로 10회 파종하였다.

시비량은 N-P₂O₅-K₂O 각각 15.0-8.3-9.2 kg/10a 수준이었으며, N-P₂O₅-K₂O가 각각 18-10-11%인 “단한번” 완효성 복비를 전량 기비로 사용하였다. 그리고 두께가 0.03 mm인 흑색 P. E. film 피복과 노지재배를 함께 수행하였다.

재식거리는 70×25 cm이었고, 한 곳에 3립 파종하여 3-4엽기에 1포기만 남기고 솎아주어 재식밀도를 균일하게 유지하였다. 파종기의 차이가 많이 나기 때문에 인접 시험구의 일조장해의 영향을 받지 않도록 시험구 당 6줄, 줄당 16주를 심었고, 가운데 2줄 중 20주를 조사하였으며, 분할구 배치법 4반복으로 배치하였다.

수확은 종실의 색깔이 백색에서 황색으로 변한 후 2-3일 후에 실시하였으며, 출사 후 22~23일에 해당되었다.

GDD 계산방법은 일반적으로 옥수수의 생육기간을 나타내는데 많이 이용되는 6가지 방법(Table 1)에 옥수수의 생육 최저온도인 기준온도를 달리하여(0~15℃) 일별 GDD를 계산하고, 생육기간의 누적 GDD를 계산하였다. 일 최고온도(H)를 H'로 대체한 것은 최고온도가 30℃를 넘을 때는 그에 비례하여 생장이 되지 않고 30℃와 같은 효과가 있다고 본 것이며, H''로 대체한 것은 일 최고온도가 30℃를 넘으면 옥수수가 수분스트레스와 고온장해를 받을 수 있으므로 30℃를 넘는 온도만큼 30℃에서 빼주는 것이다. 그리고 최저온도(L)을 L'로 대체한 것은 그 기준온도 이하에서는 저온장해를 받지 않고, 일시적으로 생육이 정지되어 온도효과가 동일하므로 그 기준온도로 대체한 것이다.

GDD 계산에 이용한 최고 및 최저기온은 경북 경산에는 20년 장기 평년기온의 자료가 없어 가장 근접한 대구광역시 기상관측소의 측정치를 이용하였다.

흑색 P. E. film 피복과 노지재배에 알맞은 GDD 모델과 기준온도

흑색 P. E. film 피복과 노지에서 시험을 실시하여 파종에서 수확까지의 기간을 일 최고기온, 최저기온, 기준온도를 달리한 6개 GDD 모델을 이용하여 기준온도를 0~15까지 변화시켜(Table 1 참조) GDD를 계산하였다.

흑색 P. E. film 피복과 노지에서 모두 어느 GDD 계산방법에서나 파종기에 따른 GDD의 변화양상은 비슷하였다. 그래서 일반적으로 옥수수 노지재배에서 이용되는 파종에서 수확까지 일 최고기온과 최저기온을 합하여 2로 나눈 후 0~15℃까지 기준온도를 빼서 GDD를 계산하되 일 최고기온이 30℃가 넘을 때는 일 최고기온에서 30℃를 넘는 만큼, 30℃에서 뺀 값을 최고기온으로 대체하고, 최저기온이 기준온도 이하일 때는 기준온도로 대체하여 계산한 GDD-6의 경우만 흑색 P. E. film 피복과 노지에서 파종기와 기준온도에 따라 GDD의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 이 경우 파종기간에 GDD의 편차가 가장 적은 기준온도는 흑색 P. E. film 피복의 경우 9℃, 노지의 경우 10℃이었다. 즉 옥수수의 생육 최저기온은 노지재배에서 10℃이지만 흑색 P. E. film 피복을 하여 지온이 상승되면 9℃에서도 생육이 시작된다고 볼 수 있다. 이른 봄에는 기온이 빨리 올라가므로 기온보다는 지온이 생육의 제한요소가 되며, 토양피복에 의한 지온상승은 옥수수의 생육을 촉진시킨다.

GDD 계산방법 별 흑색 P. E. film 피복과 노지에서 기준온도에 따른 파종기간의 GDD의 변이계수(CV)를 보면 Table 2와 같다. 어느 GDD 계산방법에서나 파종기간 GDD의 CV가 가장 작은 기준온도는 흑색 P. E. film 피복에서 노지보다 기준온도가 1℃ 낮았다. 그러므로 GDD를 계산할 때 흑색 P. E. film 피복에서는 노지와 같은 방법을 이용하되 노지보다 1℃ 낮은 기준온도를 이용하면 될 것으로 생각된다. 흑색 P. E. film 피복에서 생육 최저온도인 기준온도가 노지보다 더 낮은 것은 흑색 P. E. film 피복에서는 지온

Table 1. Calculation of GDD.

GDD	Remark
1. $\sum[(H + L)/2 - B. T.]$	H ; Daily maximum temperature
2. $\sum[(H' + L)/2 - B. T.]$	H' ; H was substituted for 30℃ when higher than 30℃
3. $\sum[(H'' + L)/2 - B. T.]$	H'' ; H was substituted for 30℃ - (daily max. temp. - 30℃) when higher than 30℃
4. $\sum[(H + L')/2 - B. T.]$	L ; Daily minimum temperature
5. $\sum[(H' + L')/2 - B. T.]$	L' ; L was substituted for base temperature when lower than base temperature
6. $\sum[(H'' + L')/2 - B. T.]$	※ Base temperature (B. T.); Varied from 0 to 15℃

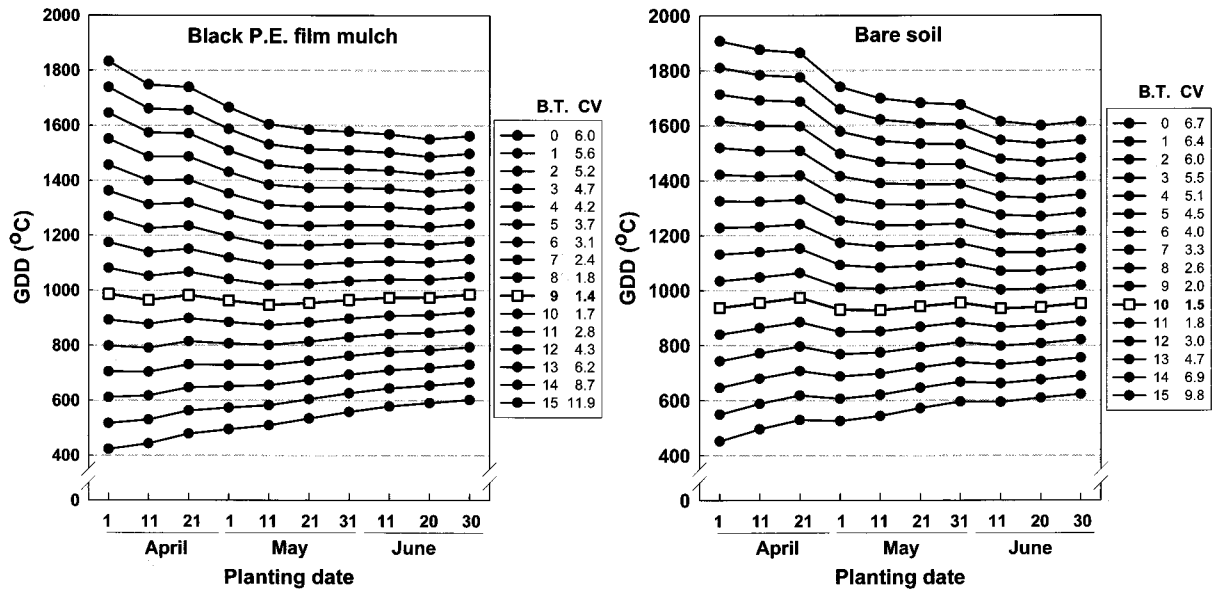


Fig. 1. Changes in GDD of a super sweet corn hybrid, “Cambella-90” grown under black P. E. film mulch and in bare soil. GDD = $\sum[(H+L)/2 - B. T.]$. Refer GDD-6 in Table 1.

Table 2. Coefficient of variation of different GDD models among the planting dates with different base temperatures.

Base temp. (°C)	GDD-1 [†]		GDD-2		GDD-3		GDD-4		GDD-5		GDD-6	
	M [‡]	B [§]	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
0	1.9	2.2	2.9	3.7	4.7	5.6	2.9	3.2	4.1	4.8	6.0	6.7
1	1.8	1.9	2.4	3.3	4.3	5.2	2.6	2.8	3.7	4.4	5.6	6.4
2	1.9	1.6	2.0	2.8	3.8	4.7	2.4	2.4	3.3	3.9	5.2	6.0
3	2.3	1.6	1.6	2.3	3.3	4.3	2.4	2.0	2.9	3.5	4.7	5.5
4	2.8	1.9	1.4	1.9	2.7	3.8	2.5	1.8	2.4	2.9	4.2	5.1
5	3.6	2.5	1.6	1.6	2.1	3.2	2.9	1.9	2.1	2.4	3.7	4.5
6	4.4	3.2	2.1	1.6	1.5	2.6	3.5	2.2	1.9	1.9	3.1	4.0
7	5.5	4.2	3.0	2.1	1.1	2.1	4.2	2.9	2.1	1.6	2.4	3.3
8	6.7	5.2	4.0	2.9	1.4	1.8	5.2	3.7	2.7	1.7	1.8	2.6
9	8.0	6.5	5.2	4.0	2.3	1.9	6.4	4.8	3.6	2.4	1.4	2.0
10	9.6	8.0	6.7	5.4	3.6	2.8	7.8	6.1	4.8	3.4	1.7	1.5
11	11.5	9.7	8.5	7.0	5.1	4.0	9.4	7.8	6.2	4.7	2.8	1.8
12	13.7	11.8	10.6	8.9	7.1	5.7	11.3	9.4	8.0	6.3	4.3	3.0
13	16.4	14.2	13.1	11.2	9.5	7.9	13.7	11.6	10.2	8.3	6.2	4.7
14	19.6	17.2	16.3	14.1	12.5	10.6	16.5	14.2	12.9	10.8	8.7	6.9
15	23.6	20.8	20.3	17.8	16.4	14.1	20.0	17.4	16.3	14.0	11.9	9.8

[†]GDD: Refer Table 1., [‡]M: Black P. E. film mulch, [§]B: Bare soil

상승, 토양수분과 무기양분 보존, 토양 통기성 개선, 잡초 발생 억제 등으로 생육이 촉진되기 때문으로 생각된다(Andrew *et al.*, 1976; Knavel & Mohr, 1967; Lee *et al.*, 1978; Sheldrake, 1967; Yang *et al.*, 2007).

옥수수의 파종에서 수확기까지 생육기간을 나타낼 수 있는 가장 적합한 GDD 모델을 찾기 위하여 각 모델 별 파종

기간 변이계수를 최소화 할 수 있는 기준온도를 이용하여 계산한 GDD값과 소요일수를 보면 Table 3과 같다. 파종에서 수확기까지 소요일수는 흑색 P. E. film 피복에서는 64~93일로 파종기간 차이는 29일, 노지에서는 66~97일로 파종기간 31일의 차이가 있었고, CV는 각각 13.8 및 14.2%이었다. 그리고 흑색 P. E. film 피복에서 노지보다 조기 및

Table 3. The number of days and GDD from planting to harvest of a super sweet corn hybrid, “Cambella-90”, to minimize the coefficient of variation among the planting dates.

Mulch	Planting date	No. of days	GDD-1†	GDD-2	GDD-3	GDD-4	GDD-5	GDD-6
			1°C	4°C	7°C	3°C	6°C	9°C
Black P. E. film mulch	1 April	93	1711	1408	1105	1592	1290	987
	11 April	86	1666	1382	1099	1532	1249	965
	21 April	84	1683	1405	1127	1539	1261	983
	1 May	78	1635	1372	1108	1490	1227	963
	11 May	73	1614	1350	1086	1475	1211	947
	21 May	70	1644	1366	1088	1510	1232	954
	31 May	68	1677	1388	1100	1543	1254	966
	11 June	65	1696	1400	1104	1566	1270	974
	20 June	64	1683	1393	1102	1555	1265	974
	30 June	64	1691	1403	1114	1563	1275	986
	Mean	74.5	1670	1387	1103	1537	1253	970
CV (%)	13.8	1.8	1.4	1.1	2.4	1.9	1.4	

	Planting date	No. of days	GDD-1	GDD-2	GDD-3	GDD-4	GDD-5	GDD-6
			2°C	5°C	8°C	4°C	7°C	10°C
Bare soil	1 April	97	1689	1375	1062	1565	1251	961
	11 April	92	1704	1402	1099	1560	1258	956
	21 April	89	1725	1427	1128	1572	1273	974
	1 May	81	1642	1361	1081	1491	1210	930
	11 May	77	1655	1365	1075	1508	1219	929
	21 May	74	1684	1384	1084	1542	1242	942
	31 May	73	1723	1410	1097	1581	1268	955
	11 June	68	1676	1373	1070	1540	1237	934
	20 June	66	1664	1368	1071	1532	1236	939
	30 June	66	1676	1380	1085	1544	1248	953
	Mean	78.3	1684	1385	1088	1544	1244	947
CV (%)	14.2	1.6	1.6	1.8	1.8	1.6	1.5	

†GDD calculated as in Table 1.

적기재배에서는 4~6일, 만기재배에서는 2~3일 생육기간이 단축되었다. 그러나 파종에서 수확까지 기간을 GDD로 표시하면 기준온도가 다르므로 모델에 따라 GDD 값은 다르지만 같은 모델과 알맞은 기준온도를 이용할 경우 파종기간에 GDD의 CV는 1.1~2.4로 어느 모델을 이용하나 큰 차이가 없었고, 파종기 간 생육기간을 소요일수로 나타낼 때의 CV보다 현저히 적었다. 따라서 옥수수 품종의 생육기간을 나타낼 때 파종기에 따라서 변이가 큰 소요일수보다는 변이가 적은 GDD로 나타내는 것이 더 합리적이었다.

특히 노지에서는 일반적으로 이용되고 있는 GDD-6의 GDD 값이 파종기 간 CV가 가장 적어 가장 적합한 모델이었고, 다른 연구자들도 비슷한 경향을 보고하였다(Cross & Zuber, 1972). 그러나 흑색 P. E. film 피복에서는 기준온도를 7°C로 계산한 GDD-3이 파종기 간 GDD의 CV가 1.1%로 가장 적었지만 기준온도 9°C로 계산한 GDD-6의 CV 1.4와 차이

가 크지 않았다.

GDD-3을 이용할 경우 노지와 다른 계산방법을 이용해야 하므로 노지와 같은 GDD-6의 방법을 이용하되 기준온도를 노지보다 1°C 낮은 9°C를 이용하여 계산한 GDD와 GDD-3의 방법으로 계산한 GDD를 비교하면 Table 4와 같다. 초당 옥수수를 7월 1일에서 8월 20일까지 10일 간격으로 수확하려고 할 때 파종기를 보면 GDD-3 방법이 5월 이후에 파종하면 파종기가 1일의 차이가 나고, 3월 중에 파종하면 파종기가 5일 차이가 나지만, 이 시기는 조파한계기보다 이르기 때문에 실제로는 파종하지 않으므로 큰 문제가 되지 않는다. 4월 중에 파종하면 3~4일 정도 파종기가 차이가 나지만 이때는 일 GDD가 4~8°C이므로 수확기인 7~8월의 일 GDD 16~17°C와 비교하면 수확기는 1일 정도 차이가 난다(Table 5 참조). 그리고 같은 포장에서도 조기 파종하면 4~5일 차이가 나므로(Yang *et al.*, 2007) 어느 GDD 모델을 이용하

Table 4. Predicted planting date and the number of days from planting to harvest of a super sweet corn hybrid, "Cambella-90" grown under black P. E. film mulch, to harvest from 1 July to 20 August at the 10-day intervals.

Harvesting date	Planting date	
	$\Sigma[(H''+L)/2 - 7^{\circ}\text{C}]^{\dagger}$	$\Sigma[(H''+L')/2 - 9^{\circ}\text{C}]$
1 July	8 Mar (115) [‡]	3 Mar (120)
11 July	24 April (78)	21 April (81)
21 July	12 May (70)	11 May (71)
31 July	27 May (65)	28 May (64)
10 Aug.	9 June (62)	10 June (61)
20 Aug.	21 June (60)	21 June (60)

[†]Refer Table 1.[‡]The number of days from planting to harvest.**Table 5.** Daily and accumulated GDD = $\Sigma[(H''+L)/2 - 9^{\circ}\text{C}]$ from 1 March to 31 October in Daegu for a super sweet corn hybrid, "Cambella-90" under the black P. E. film mulch. (Unit; $^{\circ}\text{C}$)

Date	GDD = $\Sigma[(H''+L)/2 - 9^{\circ}\text{C}]$ (Planting~harvest: 970 $^{\circ}\text{C}$)															
	March		April		May		June		July		Aug.		Sept.		Oct.	
	D [†]	Σ^{\ddagger}	D	Σ	D	Σ	D	Σ	D	Σ	D	Σ	D	Σ	D	Σ
1	0	0	4	64	8	239	12	551	16	971	16	1483	17	1997	10	2373
2	0	0	4	67	8	247	13	564	16	987	17	1499	16	2013	10	2383
3	1	1	4	71	8	255	13	577	16	1003	17	1516	16	2028	10	2393
4	1	2	4	76	8	264	13	589	16	1018	17	1533	15	2043	10	2403
5	1	3	5	81	8	272	13	602	16	1034	17	1550	15	2058	9	2412
6	1	5	5	85	8	280	13	615	16	1050	16	1566	15	2073	9	2420
7	1	6	5	90	9	289	13	629	16	1066	17	1583	15	2088	8	2429
8	2	7	5	95	9	298	13	642	17	1083	17	1599	14	2102	8	2437
9	1	8	4	99	10	308	13	655	17	1100	17	1616	14	2115	9	2446
10	1	10	5	104	9	317	13	668	17	1117	17	1633	14	2129	8	2454
11	1	11	5	109	9	327	14	682	16	1133	17	1649	13	2142	8	2462
12	2	13	5	114	10	337	14	696	16	1148	16	1666	13	2156	8	2470
13	2	15	5	119	9	346	14	710	16	1164	17	1682	13	2168	8	2477
14	2	17	5	125	9	356	14	724	17	1181	17	1699	13	2181	8	2485
15	2	18	6	130	9	364	15	738	17	1198	17	1716	13	2194	7	2493
16	1	20	5	135	9	373	15	753	17	1215	17	1733	13	2207	7	2500
17	2	22	6	141	9	383	15	768	17	1232	17	1750	12	2219	7	2506
18	2	24	6	147	10	392	14	782	17	1249	17	1767	12	2231	7	2513
19	2	26	6	153	10	402	14	795	17	1265	17	1784	12	2243	6	2519
20	3	29	6	159	10	413	14	809	16	1282	17	1801	12	2255	6	2526
21	3	32	6	165	11	424	14	824	17	1299	17	1818	11	2266	6	2532
22	2	34	7	171	11	435	14	838	17	1315	17	1834	11	2277	6	2538
23	2	36	7	179	11	447	14	852	17	1332	17	1851	11	2288	6	2543
24	1	37	7	186	11	458	14	866	17	1349	16	1867	12	2300	5	2548
25	2	39	7	194	11	469	15	881	17	1366	16	1883	12	2311	5	2554
26	3	42	7	201	11	480	15	896	17	1383	16	1899	11	2322	5	2559
27	4	45	8	209	12	491	15	910	17	1400	16	1915	11	2333	6	2565
28	4	49	7	216	12	503	15	925	17	1417	16	1932	10	2343	5	2570
29	4	53	8	224	12	515	15	941	17	1434	16	1948	10	2353	5	2575
30	4	56	8	232	12	527	15	956	16	1450	16	1964	10	2363	5	2580
31	4	60	-	-	12	539	-	-	17	1467	16	1980	-	-	4	2584

D[†]: Daily GDD, Σ^{\ddagger} : Accumulated GDD

든지 실용적으로는 큰 문제가 되지 않을 것 같다.

이상의 결과를 보면 흑색 P. E. film 피복에서 기준온도를 7°C로 한 GDD-3을 이용하여 노지와 다른 방법으로 GDD를 계산하는 것보다는 노지와 같은 GDD-6의 계산방법{ $\sum [(H''+L'')/2] - \text{기준온도}$ }을 이용하되 기준온도를 노지의 10°C보다 1°C 낮은 9°C로 계산하는 것{ $\sum [(H''+L'')/2] - 9^\circ\text{C}$ }이 좋을 듯하다. 그러면 “Cambella-90”의 생육기간은 흑색 P.E film에서는 기준온도를 9°C로 계산한 GDD는 970°C이고, 노지에서는 기준온도를 10°C로 계산하여 947°C가 된다.

원하는 시기에 수확할 수 있는 파종기 결정

원하는 시기에 초당옥수수를 수확하려면 그 지역의 일 GDD를 계산한 후 일 GDD를 누적한 표를 작성하여 수확 예정일의 누적 GDD에서 옥수수 품종의 생육기간을 나타내는 GDD를 빼서 그 값에 해당되는 일자를 찾으면 된다. 예를 들면 대구광역시 기상관측소의 장기 평균기온을 이용하여 흑색 P. E. film 피복에 적용하기 위하여 기준온도 9°C를 이용하여 GDD-6의 방법으로 계산한 GDD를 보면 Table 5

와 같다. 이 표에서 8월 1일에 수확하려고 하면 시험 품종인 “Cambella-90”을 흑색 P. E. film에서 재배할 경우 파종에서 수확까지의 GDD는 970°C이므로 8월 1일의 누적 GDD 1,483°C에서 970°C를 빼면 513°C가 되고 누적 GDD가 513°C에 가장 가까운 5월 29일이 파종기가 된다.

한편 노지재배에서는 기준온도 10°C를 이용하여 GDD-6 방법으로 계산한 표를 별도로 만들고(Lee, 2006) “Cambella-90”의 GDD 947°C을 적용하여 노지와 같은 방법으로 수확기에 알맞은 파종기를 결정할 수 있다. 그리고 다른 지역에서도 흑색 P. E. film 피복과 노지에 해당되는 누적 GDD표를 만들고, 수확 예정일의 누적 GDD에서 생육기간인 GDD를 빼면 파종기가 결정된다.

경산에서 초당옥수수의 상품성 있는 이삭을 수확할 수 있는 마지막 시기를 8월 20일로 보고(Yang *et al.*, 2007), 이때부터 역산하여 10일 간격으로 수확하고자 하면 수확기는 8월 20일, 8월 10일, 7월 31일, 7월 21일, 7월 11일, 7월 1일이 된다. 이러한 날짜에 수확하기 위한 파종기를 보면 Fig. 2와 같다. “Cambella-90”을 흑색 P. E. film 피복에서

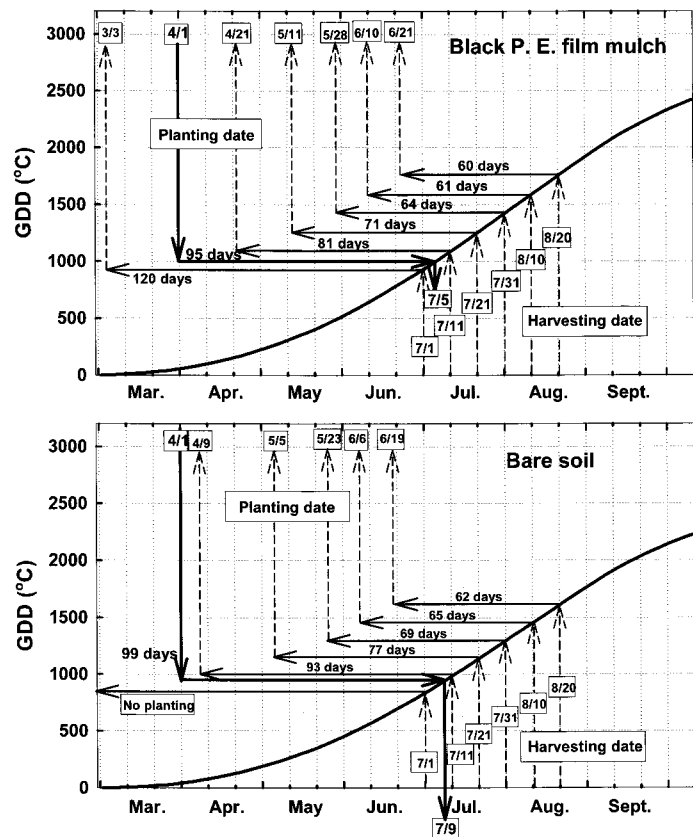


Fig. 2. Estimation of planting date to harvest from 1 July to 20 August at the 10-day intervals under black P. E. film mulch and in bare soil. GDD for black P. E. film mulch by $\sum [(H''+L'')/2] - 9^\circ\text{C}$, 970°C; GDD for bare soil by $\sum [(H''+L'')/2] - 10^\circ\text{C}$, 947°C.

재배할 때는 8월 20일, 8월 10일, 7월 31일, 7월 21일, 7월 11일, 7월 1일의 누적 GDD에서 970°C를 빼면 각각 6월 21일, 6월 10일, 5월 28일, 5월 11일, 4월 21일, 3월 3일이 된다. 그러나 3월 중에는 기온이 낮아 거의 생육을 하지 않으며 저온에서는 종자활력이 낮은 초당옥수수는 입묘율이 극히 낮아 재배하기 어렵다. 경산에서 “Cambella-90”의 조파한계기는 4월 1일 경이고(Yang *et al.*, 2007), 4월 1일에 파종하면 수확까지 95일이 소요되지만 3월 3일에 파종하면 120일이 소요되어 29일을 빨리 심어도 수확은 4일밖에 빨리 할 수 없어 발아가 정상적으로 된다 하더라도 큰 이익이 없다.

한편 “Cambella-90”을 노지에서 재배할 때는 8월 20일부터 역산하여 10일 간격으로 수확하고자 하면 수확일자의 누적 GDD에서 파종에서 수확기까지 소요되는 GDD인 947°C를 빼면 파종기는 각각 6월 19일, 6월 6일, 5월 23일, 5월 5일, 4월 9일이 되며, 7월 1일에 수확하기 위한 파종기는 산출되지 않았다.

그런데 P. E. film 피복과 노지 모두 3월 중에는 기온이 낮아 일수가 경과하여도 GDD는 거의 누적되지 않고(Table 5), 너무 일찍 파종하면 온도가 낮으며, 토양수분이 많을 경우에는 종자가 썩어 출아율이 낮다. 그러나 일단 출아하면 초기생육이 느리고, 간장은 작지만 이삭은 정상적으로 발육하므로(Lee *et al.*, 2007), 파종량을 늘리거나 지온을 높일 수 있는 투명 P. E. film을 피복하면 경산에서 초당옥수수의 조파한계기를 4월 1일로 앞당길 수 있을 것이라 생각된다. 만약 흑색 P. E. film 피복을 하고 4월 1일에 파종하면, 수확 예정일은 7월 5일이 되고, 파종에서 수확까지 일수는 95일이 된다. 그리고 4월 1일에 파종하면 3월 3일에 파종한 것보다 파종기는 29일이 늦지만 수확기는 4일밖에 늦지 않기 때문에 4월 1일보다 더 일찍 파종하여도 조기파종의 효과는 크지 않을 것으로 생각된다. 한편 노지에서는 4월 1일에 파종하면 수확 예정일은 7월 9일이 되며, 파종에서 수확까지의 일수는 99일이 된다. 그런데 4월 1일에 파종하여도 4월 9일에 파종한 것보다 수확기가 2일밖에 빨라지지 않으므로 노지에서도 수확기를 앞당기기 위하여 4월 1일보다 더 빨리 파종하기는 어려울 것이라 판단된다.

GDD를 이용하여 예정하는 일자에 수확할 수 있는 파종기를 결정하기 위해서는 먼저 재배 품종을 5~6회 파종하여 그 품종의 파종에서 수확까지 소요되는 GDD를 계산한다. 그리고 그 지역의 기상자료를 이용하여 그 품종의 파종기에서 수확기까지 일 및 누적 GDD표를 만들고(Table 5 참조), 수확 예정일의 누적GDD 값에서 그 GDD를 빼서 그 값에

해당되는 일자에 파종하면 된다(Lee, 2006). 초당옥수수의 경우 같은 포장에서도 수확기가 3~5일의 차이가 나므로(Yang *et al.*, 2007) 수확을 5일 간격으로 예정하고 파종기를 결정하면 거의 매일 수확할 수 있다. 이러한 시도는 단옥수수나 초당옥수수와 같이 수확 후 신선도와 당함량의 급격한 감소로 품질이 떨어져 유통기간이 짧은 경우나 완두와 같이 가공공장의 가동률을 높이기 위하여 연속적으로 완두를 생산해야 할 때 효과적으로 이용할 수 있다. 그리고 신선한 상태로 보관하기 어려운 여러 가지 채소의 생산에도 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

흑색 P. E. film 피복과 노지재배에서 초당옥수수를 원하는 시기에 수확할 수 있는 파종기를 결정하는 방법을 찾기 위하여 “Cambella-90”을 4월 1일에서 6월 30일까지 10일 간격으로 파종한 후 파종기와 관계없이 파종에서 수확까지 생육기간을 일정하게 나타낼 수 있는 GDD 모델과 기준온도를 설정하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 초당옥수수의 생육기간은 파종기에 따라 흑색 P. E. film 피복에서는 64~93일, 노지에서는 66~97일로 파종기 간 CV는 각각 13.8 및 14.2%이었다. 그러나 생육기간을 GDD로 표시하면 최적 기준온도를 적용하였을 때 파종기 간 GDD의 CV는 모델에 따라 흑색 P. E. film 피복에서는 1.1~2.4%, 노지에서는 1.5~1.8%이었다.

2. 초당옥수수의 생육기간을 나타내는 가장 적합한 GDD 모델은 파종에서 수확까지 일 최고기온과 최저기온을 합하여 2로 나눈 후 기준온도를 빼서 GDD를 계산하되 일 최고기온이 30°C가 넘을 때는 일 최고기온에서 30°C를 넘는 만큼 30°C에서 빼어 그 값을 최고기온으로 대치하고, 최저기온이 기준온도 이하일 때는 기준온도로 대치하여 계산하는 방법이었다. 이때 기준온도는 흑색 P. E. film 피복에서는 9°C, 노지재배에서는 10°C이었다.

3. 원하는 시기에 수확하기 위한 파종기를 결정하기 위해서는 그 지역의 누적 GDD표를 만들고, 수확 예정일의 누적 GDD에서 그 품종의 GDD를 빼서 그 GDD에 해당되는 일자를 선택하면 된다.

사 사

본 연구는 2003년 농림부 농림기술연구센터의 연구비 지원에 의한 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Andrew, R. H., D. A. Schlough, and G. H. Tenpas. 1976. Some relationships of a plastic mulch to sweet corn maturity. *Agron. J.* 68 : 42-425.
- Cross, H. Z. and M. S. Zuber. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Crop Sci.* 12 : 351-355.
- Jong, S. K., S. S. Lee, and K. Y. Park. 1986. Methods of estimating growing degree days to predict growth duration in maize. *Korean J. Crop Sci.* 31(2) : 186-194.
- Knavel, D. E. and H. C. Mohr. 1967. Distribution of roots of four different vegetables under paper and polyethylene mulches. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91 : 589-597.
- Lee, S. S. 2006. Prediction of harvesting time of a super sweet corn and waxy corn hybrids with growing degree days. Res. Report to Agri. R & D Promotion Center. pp. 277.
- Lee, S. S., G. O. Estes, and O. S. Wells. 1978. Effects of slitted polyethylene mulches on soil temperature and yield of sweet corn. *Can. J. Plant Sci.* 58 : 55-61.
- Lee, S. S. and T. J. Kim. 1986. Temperature and sweet corn production at different planting dates under polyethylene tunnel and mulch. *Korean J. Crop Sci.* 31(1) : 84-90.
- Lee, S. S., T. J. Kim, and J. S. Park. 1987a. Sugars, soluble solids, and flavor as influenced by maturity of sweet corn. *Korean J. Crop Sci.* 32(1) : 86-91.
- Lee, S. S., S. J. Lee, and D. Y. Kim. 1987b. Quality of sweet corn stored at different temperatures and duration. *Korean J. Crop Sci.* 32(2) : 137-143.
- Lee, S. S., K. Y. Park, and S. K. Jung. 1981. Growth duration and grain and silage yields of maize at different planting dates. *Korean J. Crop Sci.* 26(4) : 337-343.
- Lee, S. S., S. K. Yang, and S. B. Hong. 2007. Optimum plant population of a super sweet corn hybrid at different planting dates. *Korean J. Crop Sci.* 52(3) : 334-340.
- Lee, S. S., S. H. Yun, K. W. Chung, K. Y. Park, and Y. S. Ham. 1980. Use of growing degree days as an index of growth duration in rice, soybeans and maize. *The Memorial papers for the Sixties Birthday of Dr. Ki Chang Hong* : 129-135.
- Sheldrake, R. Jr. 1967. Plastic mulches. *Cornell Exp. Sta. Ext. Bull.* 1180.
- Yang, S. K., S. B. Hong, and S. S. Lee. 2007. Planting time for the economic yield of a super sweet corn hybrid in the southern part of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 52(2) : 325-333.