

옥수수 종자의 발육 중 ethylene 발생과 내부형태 변화

이석순*[†] · 서정문* · 홍승범**

*영남대학교 자연자원대학 생물자원학부, **아시아대학교 한약자원학과

Ethylene Production and Internal Structure of Developing Maize Seeds

Suk Soon Lee*[†], Jung Moon Seo*, and Seung Beom Hong**

*School of Biological Sciences, College of Natural Resources, Yeungnam Univ., Gyeongsan 712-749, Korea

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

ABSTRACT In order to investigate the effects of ethylene on the seed development of three corn types (dent, sweet, and super sweet corns), aminoethoxyvinyl glycine (AVG) and silver thiosulfate (STS) and ethephon (2-chloroethylphosphonic acid, CEPA) were applied either on whole plants or shanks of ears at 9 and 21 days after silking. Ethylene production of developing super sweet corn seeds was much higher than those of sweet and dent corns. The cavity in the endosperm tissues of the super sweet corn started earlier and endosperm was collapsed more severely compared to those of sweet and dent corns. Ethylene production seemed to be related to the death of endosperm cells to form a cavity. Application of AVG and STS reduced ethylene production and delayed cavity formation in endosperm of super sweet corn seeds, while CEPA increased ethylene production and enhanced the time of cavity formation. AVG and STS increased 100-seed weight, while CEPA decreased.

Keywords : ethylene, seed internal structure, dent corn, sweet corn, super sweet corn, aminoethoxyvinyl glycine (AVG), silver thiosulfate (STS), ethephon (CEPA)

최근 우리나라에서는 식생활이 다양해짐에 따라 찰옥수수, 단옥수수, 초당옥수수 등 풋옥수수의 생산이 증가하고 있다. 그 중 단옥수수는 수확 후 당분이 빨리 저하되어 품질의 저하됨으로 미국, 일본 등에서는 당 함량이 높고, 오래 유지되는 초당옥수수로 대체되었다. 한편 우리나라에서는 현재 단옥수수가 초당옥수수보다 많이 재배되고 있지만 단옥수수의 재배면적은 감소하는 반면 초당옥수수의 재배면적이

점점 증가하는 추세에 있다. 초당옥수수는 당 함량은 높지만 종자는 전분이 많이 축적되지 않고, 종자활력이 낮아 한 곳에 3~4개의 종자를 파종해야 한다. 따라서 과다한 종자 구입비 감소 방안과 더불어 파종 후 숙아주는 노력이 많이 소요됨으로 초당옥수수의 활력을 높일 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

옥수수의 종자발달 과정을 보면 앞에서 생성된 광합성 산물은 sucrose를 합성하여 종자로 이동되고, 배유에서 sucrose는 glucose와 fructose로 분해된다. Glucose는 다시 glucose-1-phosphate, adenosine diphosphate glucose(ADPG), uridine diphosphate(UDPG)로서 전분 분자에 glucose를 첨가한다. 그래서 마치종, 경립종, 찰옥수수 등 정상적인 옥수수는 종자에 주로 전분이 축적되고, 당은 많이 축적되지 않는다.

단옥수수는 ADPG와 UDPG 합성효소의 활성이 마치종보다 낮아 종자에 sucrose가 많이 축적되고, glucose와 fructose 등을 합한 전당 함량은 품종에 따라 3~15%이다. 그리고 합성된 ADPG와 UDPG도 대부분 수용성인 phyto-glycogen을 형성하므로 전분 함량은 약 20%가 된다 (Park *et al.*, 1988; Seo *et al.*, 2002). Phytoglycogen은 당과 같은 수용성이므로 단옥수수 종자 즙액의 당도(Brix)는 당 함량이 높은 초당옥수수보다 더 높다(Lee *et al.*, 1987). 그리고 초당옥수수는 ADPG와 UDPG를 합성하는 효소의 활성이 아주 낮아 종자에는 sucrose가 단옥수수보다 더 많이 축적되며, 전당 함량은 21~27%로 아주 높고, 전분 함량은 5~6%로 아주 낮다(Seo *et al.*, 2002).

한편 단옥수수와 초당옥수수의 전분축적이 적은 또 다른 이유는 유전적으로 종자 발육의 초기과정에서 ethylene이 발생되어 배유세포가 괴사(apoptosis)되므로 전분축적이 억제되기 때문이다(Young *et al.*, 1997). 특히 초당옥수수는

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-810-2914

(E-mail) sslee@yu.ac.kr

<Received October 26, 2005>

출사 후 20~25일 경에 수확하여 풋옥수수로 이용할 때는 종자의 당 함량이 단옥수수보다 2~3배 높아 기호성과 저장성이 좋지만(Lee *et al.*, 1999), 종자로 이용할 때는 저장 전분 함량이 낮아 종자활력이 낮고, 특히 조기재배 시 저온 다습한 불량환경에서 파종하면 출아율이 낮아 재배에 어려움이 있다(Lee *et al.*, 2004).

초당옥수수의 종자활력이 낮은 이유는 낮은 저장양분 이외에 종자의 미숙 혹은 과숙(Lee *et al.*, 2004; Woltz *et al.*, 1998), 수확 후 건조 및 탈곡 시 기계적 상처(Peterson *et al.*, 1995; Styer & Cantliffe, 2000), 저장과정에서 종자의 활력저하(Chang & Sung, 1998; Moreno-Martinez *et al.*, 1998), 저온, 과습 등 불량환경에서 종자의 부패균 침입(Wilson & Mohan, 1994; Parera & Cantliffe, 1991) 등 여러 가지가 있다.

본 연구에서는 옥수수 종류별 종자발육 과정 중 ethylene의 발생과 종자 내부형태의 변화를 보고, 또 ethylene 생합성을 억제하는 aminoethoxyvinyl glycine(AVG), 식물체에서 ethylene의 작용을 억제하는 silver thiosulfate(STS), ethylene을 발생시키는 ethephon(2-chloroethylphosphonic acid, CEPA)을 처리하여 ethylene 발생과 배유조직의 괴사와의 관계를 구명하고, 나아가 초당옥수수 채종 시 종자의 저장양분의 함량을 높일 수 있는 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

옥수수 종자의 ethylene 발생과 종자발육

옥수수 종류별 시험품종 및 계통을 보면 마치종은 NC 7117, 단옥수수(*sugary*, *su*)는 Early Sunglow × GCB70의 교잡종, 초당옥수수(*shrunken-2*, *sh2*)는 Xtrasweet82 × Fortune의 교잡종을 이용하였다.

출사 후 21, 28, 35, 42, 49, 56일에 종자를 수확하여 ethylene 발생, 배와 배유의 발달과 내부형태의 변화를 조사하였다.

초당옥수수의 ethylene 발생조절물질의 처리와 종자 발육

시험 품종은 *sh2* 유전자에 지배되는 Xtrasweet 82을 이용하였다. Ethylene 발생조절물질은 1) 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)에서 ethylene이 생합성될 때 ACC synthase의 작용을 억제하는 AVG, 2) 식물체에서 Ag⁺에 의하여 ethylene의 작용을 억제하는 STS, 3) ethylene 발생을 조장하는 CEPA(Taiz and Zeiger, 2002)를 처리하였다.

처리농도 및 시기는 AVG는 10 μM, STS는 10 mM,

CEPA는 10 mM을(Young *et al.*, 1997) 출사 후 9일과 21일 2회 처리하였다. 약제처리 부위는 전 식물체와 포엽이었고, 처리량은 처리부위에 약제가 완전히 묻도록 500 mL 분무기로 처리하였다.

Ethylene 발생량, 종자의 100립중, 배와 배유의 내부형태는 출사 후 12, 18, 24, 30, 36, 42일에 분석하였다.

배, 배유의 무게 및 100립중

배와 배유의 발달은 종자 30립의 과피를 제거한 후 배와 배유를 분리하여 80°C 송풍식 건조기에서 3일간 건조시킨 후 배와 배유의 무게를 측정하였다. 100립중은 탈곡한 종자를 고르게 섞어 80°C 송풍식 건조기에서 48시간 건조한 후 무게를 측정하였다.

배와 배유 내부구조

배와 배유의 내부형태는 수확 후 즉시 종자 30립을 폭이 좁은 쪽을 길이로 2 mm 두께로 잘라 0.02% Brilliant blue R 250(Sigma & Aldrich, U.S.A.)으로 30초간 염색한 후 증류수로 세척하여 사진을 촬영하였다.

Ethylene 측정

종자의 ethylene 발생량을 측정하기 위하여 종자가 상처를 입지 않도록 손으로 조심스럽게 분리한 후 상해호흡을 없애기 위하여 27°C incubator에서 젖은 paper towel 위에 1시간 동안 놓아두었다. 종자 15립을 50 mL 주사기에 넣고, 50 mL로 부피를 맞춘 후 고무마개로 막아 27°C에서 3시간 발생하는 ethylene을 포집하였다. 주사기 내의 공기 1 mL을 뽑아 gas chromatography(GC)(DS 6200, Donam Instruments, Korea)로 분석하였다. GC의 조건은 Porapak-Q column, FID detector, injector 온도 110°C, oven 온도 70°C, detector 온도 170°C이었으며, flow rate는 N₂ 30 mL/sec, H₂ 30 mL/sec, air 300 mL/sec이었다.

결과 및 고찰

옥수수 종류별 종자의 ethylene 발생과 종자발육

배와 배유의 발달 : 출사 후 21일부터 56일까지 초당옥수수, 단옥수수, 마치종의 배와 배유의 발달 양상을 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 배(胚)의 건물중 변화를 보면 마치종과 단옥수수는 출사 후 56일까지, 초당옥수수는 49일까지 배의 무게가 증가하여 초당옥수수가 마치종과 단옥수수보다 배가 더 빨리 성숙되었다. 출사 후 56일에 조사한 배의

Table 1. Changes in dry weight of embryo and endosperm of dent, sweet, and super sweet corn seeds during the ripening stages.

Type	Days after silking	Dry weight (g/100 seeds)			Embryo/ Seed weight ratio (%)
		Embryo	Endosperm	Total	
Dent corn (<i>Su</i>)	21	0.5f [†]	10.3e	10.8f	4.6
	28	0.9e	12.8d	13.7e	6.6
	35	1.6d	17.5c	19.1d	8.4
	42	2.3c	19.7b	22.0c	10.5
	49	2.6b	21.1b	23.7b	11.0
	56	2.9a	23.7a	26.7a	10.9
Sweet corn (<i>su</i>)	21	1.8e	14.6c	16.4d	11.0
	28	1.9e	14.6c	16.5d	11.5
	35	3.4d	17.3ab	20.7c	16.4
	42	3.7c	17.6a	21.3b	17.4
	49	4.4b	17.6a	22.0a	20.0
	56	4.6a	17.2b	21.8a	21.1
Super sweet corn (<i>sh2</i>)	21	0.6e	6.8c	7.4d	8.1
	28	1.2d	8.6ab	9.9c	12.1
	35	2.9c	8.7ab	11.7ab	24.8
	42	3.4b	9.2a	12.6a	27.0
	49	3.9a	8.1b	12.0ab	32.5
	56	3.9a	8.0b	11.6b	33.6

[†]Means within a column for a given corn type followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

무게는 단옥수수가 가장 컸고, 그 다음은 초당옥수수였으며, 마치종의 배가 가장 작았다.

한편 배유의 무게는 마치종은 출사 후 56일, 단옥수수는 35일, 초당옥수수는 28일까지 증가하였다. 출사 후 56일의 종자 무게는 초당옥수수 < 단옥수수 < 마치종 순으로 커서 배유의 발육이 가장 빨리 정지되는 초당옥수수의 배유 무게가 가장 적었고, 발육기간이 가장 긴 마치종의 배유 무게가 가장 무거웠다.

배와 배유의 무게를 합한 종자의 무게는 마치종은 출사 후 56일, 단옥수수는 49일, 초당옥수수는 출사 후 35일까지 증가하였다. 이것은 마치종 종자의 건물중은 출사 후 49-56일, 단옥수수는 49일, 초당옥수수는 출사 후 28~42일까지 계속 증가한다는 다른 연구자의 보고와 비슷한 경향을 보였다(Lee *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2004).

종자 중 배가 차지하는 비율을 보면 마치종은 출사 후 49일까지, 단옥수수와 초당옥수수는 출사 후 56일까지 계속 증가하였다. 그리고 종자가 성숙된 후 배가 종자 중 차지하는 비율은 마치종은 약 11%, 단옥수수는 약 21%, 초당옥수수는 33% 이었다. 이것은 마치종은 배의 크기는 작지만 배유에 저장 양분이 많고, 초당옥수수는 배유의 발달은 적지

만 상대적으로 배의 크기는 다른 옥수수보다 더 컸기 때문이다.

배와 배유의 내부형태 변화 : 종자의 외부 크기가 거의 결정된 출사 후 21일부터 종자 발달과정에 따른 내부의 형태적 특성을 보면 Photo 1과 같다.

마치종은 출사 후 21일에 이미 종자 정부(頂部)로부터 약 1/3되는 곳의 배유에 동공(洞空, cavity)이 생겼고, 출사 후 35일에는 동공이 줄어들면서 정부쪽이 움푹 들어갔다. 청색으로 염색된 조직은 죽은 세포를 의미하는데 출사 후 21일에는 동공의 주위의 일부 조직만 염색되었으나 그 이후부터 죽은 조직의 부위가 확대되어 출사 후 49일 이후에는 배 주위에도 조직이 모두 염색되었다.

단옥수수는 마치종과 같은 위치에 동공이 생성되지만 출사 후 42일 이후에는 동공이 없어졌다. 이것은 배에 전분 함량이 낮아 동공이 생성되었다가 수분이 감소하면서 붕괴되어 정부에서 배 쪽으로 배유가 주저앉아 동공이 없어진 것으로 추정된다.

초당옥수수는 출사 후 21-28일에는 마치종과 단옥수수와 같은 위치에 동공이 형성되었으며, 35일에는 동공이 배 위쪽 뿐 아니라 옆쪽으로도 확대되었다. 초당옥수수는 배유에

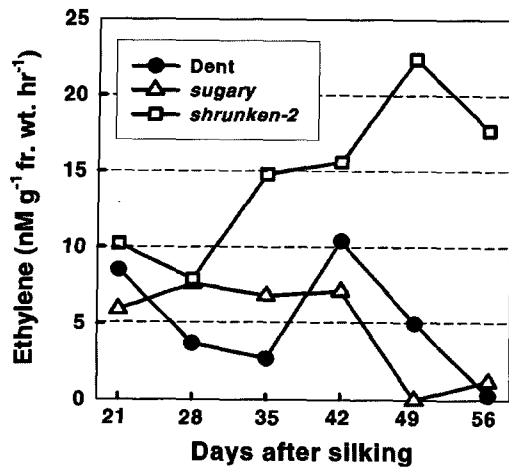


Fig. 1. Changes in ethylene production of dent, sweet, and super sweet corn seeds during the ripening stages.

전분 함량이 극히 적어 수분 감소로 발생한 동공이 없어지면서 종자의 크기가 축소되는 것 같다.

종자의 ethylene 발생 : 종자 발육에 따른 ethylene 발생 양상은 Fig. 1과 같다. 출사 후 21일에는 ethylene 발생량은 단옥수수 < 마치종 < 초당옥수수의 순으로 많았으나 옥수수 종류 간 차이는 적었다. 그 이후에는 옥수수 종류에 따라 경향이 현저히 달랐는데 마치종은 출사 후 21일에서 35일까지는 ethylene 발생량이 감소하였다가 42일에는 급격히 증가하였고, 49일 이후에는 다시 급격히 감소하였으며, 56일에는 거의 발생하지 않았다. 출사 후 42일에 급격히 증가하는 ethylene 발생은 마치종에서 정부의 denting과 관계가 있는 것 같다.

단옥수수는 출사 후 21일에서 42일까지는 ethylene 발생량이 6~7 nM g⁻¹fr.wt.hr⁻¹로 마치종보다는 높게 유지되었지만 초당옥수수보다는 낮았다. 그리고 49일 이후에는 ethylene 이 거의 발생하지 않았는데 배유의 건물중은 출사 후 42일까지 증가하였기 때문에(Table 1) 이때는 이미 전분축적이 끝난 시기이기 때문으로 생각된다.

초당옥수수는 어느 시기에서나 마치종과 단옥수수보다 ethylene 발생량이 현저히 높았고, 출사 후 49일까지 ethylene 발생량이 계속 증가하였으나 56일에는 다소 감소하였다.

초당옥수수의 ethylene 발생 조절제 처리에 따른 종자 발육

초당옥수수 배유조직의 과사가 ethylene의 영향이라면 ethylene 발생을 억제하는 물질을 처리하였을 때 배유의 발

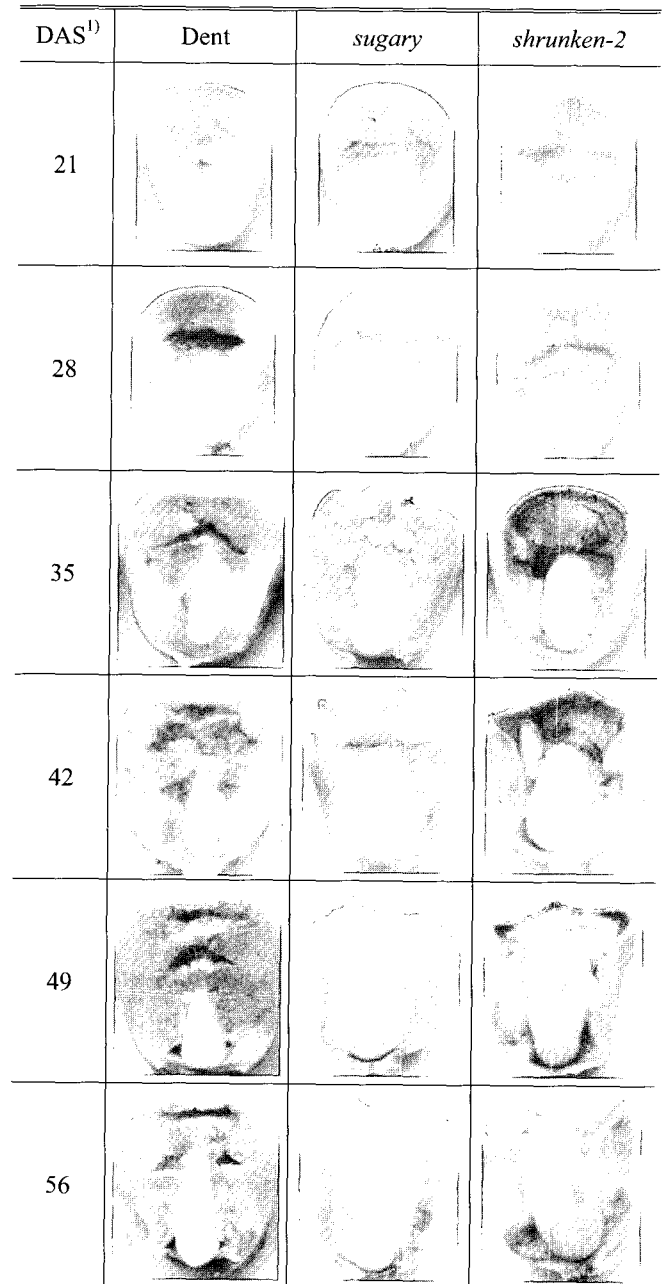


Photo. 1. Seed development of dent, sweet (*su*) and super sweet (*sh2*) corn during the ripening stages. DAS¹⁾; Days after silking.

육을 촉진하고, 반면 ethylene 발생을 조장하는 물질을 처리하였을 때 배유의 발육을 억제할 것이다. Ethylene 발생을 억제하는 AVG와 STS, 그리고 ethylene 발생을 조장하는 CEPA를 처리하여 이들 물질이 초당옥수수의 ethylene 발생량과 종자발육 관계를 규명하여 초당옥수수 종자 채종 시 종자의 무게를 증가시킬 수 있는 방법을 알고자 하였다.

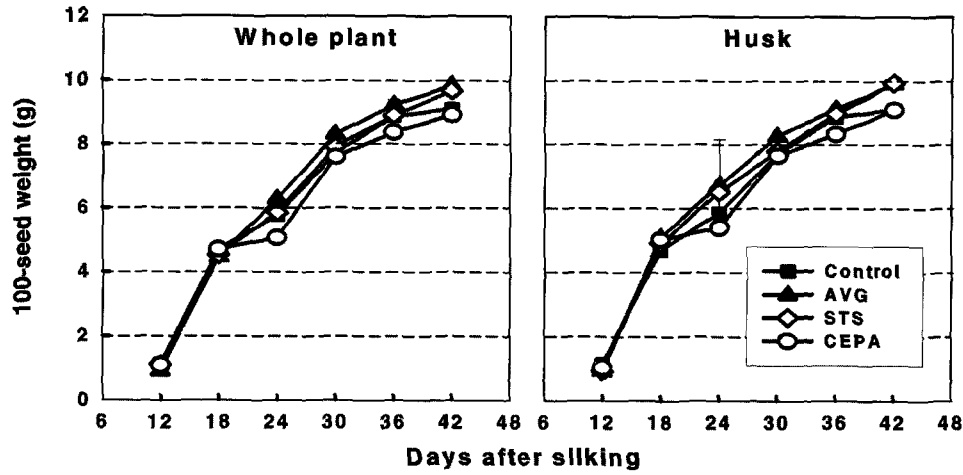


Fig. 2. Changes in 100-seed weight of a super sweet corn hybrid, Xtrasweet82, affected by the position of AVG, STS, and CEPA applications during the ripening stages.

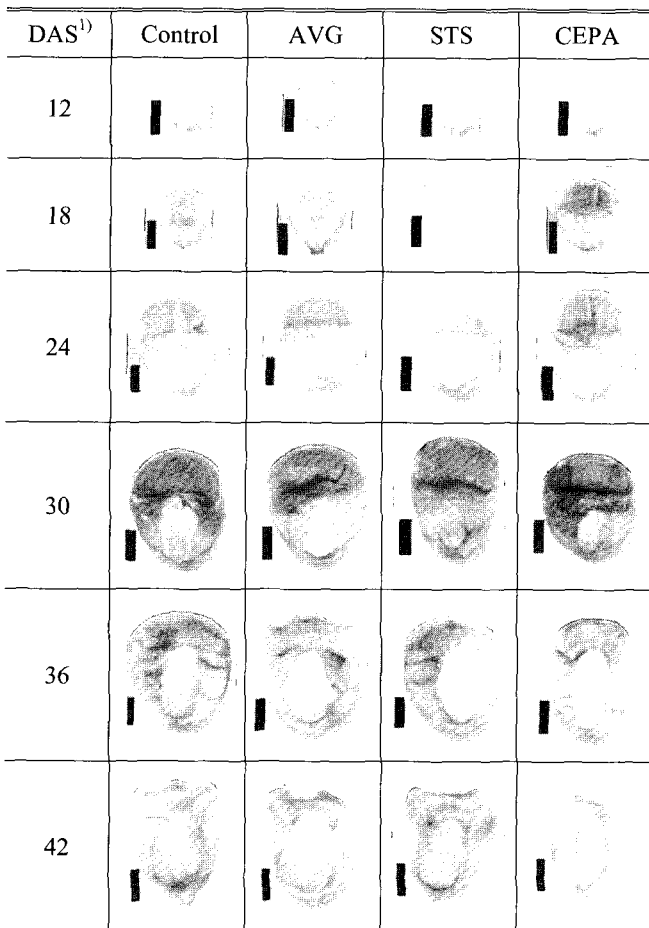


Photo. 2. Seed development of a super sweet corn hybrid, Xtrasweet82, affected by AVG, STS, and CEPA applied on the whole plants at 9 and 21 days after silking. DAS¹⁾; Days after silking.

100립중 : Ethylene 발생 억제제와 촉진제를 처리하였을 때 100립중의 변화를 보면 Fig. 2와 같다. 어느 처리에서나 100립중은 출사 후 42일까지 계속 증가하였는데 그 중 ethylene 발생 억제제인 AVG와 STS는 100립중을 증가시켰으며, 촉진제인 CEPA는 입중을 다소 감소시켰다. 이는 ethylene 발생억제제로 인한 배유세포의 괴사를 감소시켜 종자의 입중이 증가한다는 Young *et al.*(1997)의 보고와도 같은 경향이였다.

처리 부위별 배, 배유의 내부형태 변화 : 출사 후 9일과 21일에 ethylene 발생억제제인 AVG와 STS, 발생촉진제인 CEPA를 포엽을 벗긴 암이삭, 포엽과 ear leaf, 식물체 전체에 처리한 후 종자 내부 형태의 변화는 처리부위와 관계없이 비슷하였고, 어느 부위에 처리하거나 다소의 긍정적인 효과가 인정되어 그 중 식물체 전체에 ethylene 발생 억제제와 촉진제를 처리하였을 때 종자의 내부 형태의 변화를 보면 Photo 2와 같다. 출사 후 12일에는 모든 처리에서 종자의 내부 형태가 비슷하였다. 그러나 출사 후 18일에는 CEPA 처리에서만 종자의 중앙에 가로로 동공이 발생하였고, 무처리와 AVG 및 STS 처리에는 모두 정상적이였다.

출사 후 24일에는 무처리, AVG 및 STS 처리에서도 약간의 동공이 생기기 시작하였는데 무처리가 약간 더 심한 경향이었고, CEPA 처리에서는 동공이 확대되었다. 출사 후 30일에는 모든 처리에서 배유에 가로로 동공이 크게 발달하였고, 출사 후 36일부터는 모든 처리에서 배 주위의 모든 배유조직이 심하게 수축되었다.

Ethylene 발생 : 초당옥수수에서 출사 후 9일과 21일에

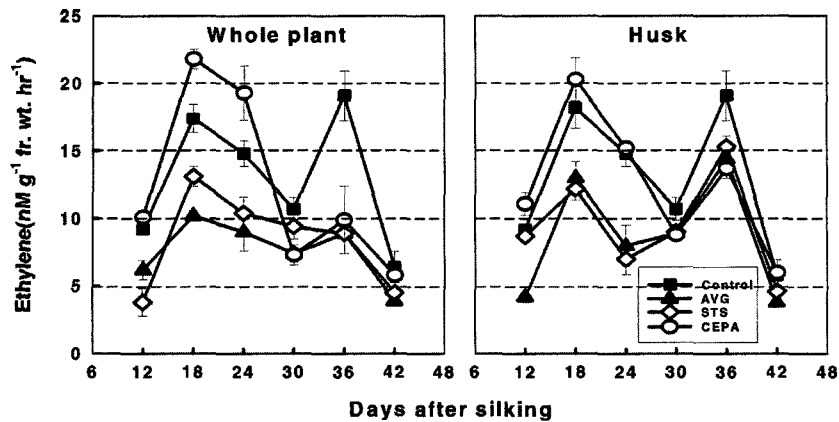


Fig. 3. Changes in ethylene production of a super sweet corn hybrid, Xtrasweet82, affected by the position of AVG, STS, and CEPA applications during the ripening stages.

ethylene 발생 억제제인 AVG와 STS, 촉진제인 CEPA를 전 식물체와 포엽에 처리하였을 때 종자의 ethylene 발생량의 변화는 Fig. 3과 같다. 전 식물체에 처리한 것과 포엽에만 처리한 것 모두 ethylene 발생양상은 비슷하였다. 무처리에서는 암이삭 발육 중 ethylene 발생량이 출사 후 18일까지는 증가하였지만 그 이후부터 30일까지 감소하였다가 36일에 다시 증가하는 2개의 peak를 보였다. Young *et al.* (1997)도 초당옥수수에서 출사 후 16-20일 사이와 출사 후 36일 경에 2개의 ethylene 발생 peak가 나타난다고 보고하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였다.

Ethylene 발생 억제제(AVG, STS) 처리는 어느 부위에서나 ethylene 발생양상은 무처리와 비슷하였지만 발생량을 현저히 감소시켰고, ethylene 발생억제제인 AVG가 ethylene 작용을 억제하는 STS보다 ethylene 발생 억제효과가 더 컸다.

한편 ethylene 발생 촉진제인 CEPA 처리는 첫 번째 peak를 중심으로 출사 후 24일까지는 어느 부위에 처리하였거나 무처리보다 ethylene 발생량이 많았다. 그러나 출사 후 36일의 2번째 peak에서는 전 식물체 처리와 포엽에 처리한 것은 무처리보다 ethylene 발생량이 오히려 적었다.

종합고찰

종자의 발육단계에서 초당옥수수는 단옥수수와 마치종보다 ethylene 발생량이 많고, 출사 후 35일부터는 ethylene 발생량이 급격히 증가하였고(Fig. 1), 이 때 배 위와 옆으로도 배유 조직이 괴사되어 동공이 크게 생겼다(Photo 1). 그리고 배유의 건물중도 더 이상 증가하지 않으므로(Table 1)

ethylene 발생과 조직의 괴사, 배유의 생장억제 등이 서로 연관이 있는 듯하다.

단옥수수는 ethylene 발생량이 초당옥수수보다는 적었지만 출사 후 42일까지 계속 발생하였으나 그 이후에는 ethylene이 발생되지 않았고(Fig. 1), 배유 조직의 괴사도 같은 경향으로 출사 후 42일에는 배유조직의 괴사가 없었으며(Photo 1), 배유의 건물중도 증가하지 않아(Table 1) 성숙이 완료된 듯하다. 그러나 초당옥수수는 단옥수수에서 모두 배유의 건물중 증가가 끝난 후에도 배의 건물중은 증가하므로 배의 생장은 ethylene의 영향을 받지 않는 듯하다.

마치종은 초기에 ethylene 발생량이 다소 높았던 것은 배유 정부의 조직이 괴사하여 denting 되는 것과 관계가 있는 듯하다. 그 후에는 ethylene 발생이 감소하였다가 출사 후 42일에 다시 증가한 것은 배 주위의 세포가 죽는 것과 관계가 있는 듯하다. 그러나 초기에 denting 된 정부를 제외하고는 건조되어도 종자가 쭈그러지지 않는 것은 전분 축적이 많기 때문으로 생각된다.

AVG와 STS 처리는 ethylene 발생을 현저히 억제시켰고(Fig. 3), 종자의 발육 중 배유에 동공 발생을 지연시켜(Photo 2) 100립중도 증가하였다(Fig. 2). AVG는 ACC에서 ethylene을 합성하는 ethylene synthase의 활성을 억제하므로 ethylene 발생을 감소시켰지만 ethylene 발생보다는 Ag^+ 에 의하여 ethylene의 작용을 억제한다고 알려진 STS도(Taiz & Zeiger, 2002) ethylene 발생에 효과적이었으며(Fig. 3), 100립중의 증가도 무처리보다 빠른 경향이였다(Fig. 2). 그러나 STS의 효과가 AVG보다 다소 떨어지는 것으로 보아 STS의 영향으로 ethylene이 조직에 축적되면 발생량이 적어지는 것으로 생각되며, Young *et al.*(1997)도

인용문헌

AVG와 STS 처리가 ethylene 발생을 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 ethylene 발생을 조장하는 CEPA 처리는 ethylene 발생량을 증가시켰으며(Fig. 3), 100립중을 다소 감소시켰다(Fig. 2).

따라서 초당옥수수의 발육 중 ethylene 발생은 종자 발육을 억제하는 하나의 원인으로 보인다. 그리고 AVG와 STS 등 ethylene 발생 억제제의 처리는 어느 부위에 처리하나 다소의 긍정적인 효과가 인정되지만 종자의 활력을 검정하지 않았으므로 더욱 검토가 필요하다.

적 요

옥수수의 종자발육에 ethylene이 미치는 영향을 알기 위하여 마치종, 단옥수수, 초당옥수수의 배와 배유의 발육과 ethylene 발생을 조사하였다. 그리고 초당옥수수에 ethylene 발생과 작용을 조절하는 aminoethoxyvinyl glycine(AVG), silver thiosulfate(STS), ethephon(2-chloroethylphosphonic acid, CEPA)를 출사 후 9 및 21일에 전 식물체와 포엽에 처리하여 ethylene 발생양상과 배와 배유의 발육을 조사하여 채종 시 종자발달을 촉진할 수 있는 방법을 찾고자 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 마치종은 배와 배유 모두 출사 후 56일까지 건물중이 증가하였다. 그러나 단옥수수와 초당옥수수의 배는 출사 후 각각 56일 및 49일까지, 배유는 출사 후 35일 및 28일까지 증가하였다.

2. 종자의 ethylene 발생량은 초당옥수수가 단옥수수나 마치종보다 많았다.

3. 배유조직의 변화는 출사 후 21일부터 배의 끝 부분에서 동공이 생기기 시작하여 마치종은 동공이 유지되나 단옥수수는 출사 후 42일에는 동공이 붕괴되었고, 초당옥수수는 배 위쪽 및 옆쪽까지 동공이 생겼다가 수축되었다.

4. 초당옥수수 품종 Xtrasweet 82에서 AVG와 STS는 ethylene 발생량을 감소시키고 100립중을 다소 증가시켰으나, CEPA는 ethylene 발생량을 증가시키고 100립중을 감소시키는 경향이였다.

5. CEPA 처리는 배유에 동공이 발생하는 시기가 다소 빨랐으나 AVG와 STS 처리는 큰 효과가 없었다.

사 사

본 연구는 농림부 농림기술관리센터의 연구비 지원에 의한 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

Chang, S. M. and J. M. Sung. 1998. Deteriorative changes in primed sweet corn seeds during storage. *Seed Sci. & Technol.* 26 : 613-626.

Lee, S. S., S. H. Yun, and J. H. Kim. 1999. Sugars, soluble solids, and flavor of sweet, super sweet, and waxy corns during grain filling. *Korean J. Crop Sci.* 44(3) : 267-272.

Lee, S. S., S. H. Yun, and J. M. Seo. 2004. Optimum harvest time for high quality seed production of sweet and super sweet corn hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 49(5) : 373-380.

Lee, S. S., T. J. Kim, and J. S. Park. 1987. Sugars, soluble solids and flavor as influenced by maturity of sweet corn. *Korean J. Crop Sci.* 32(1) : 86-91.

Moreno-Martinez, E., S. Jimenez, and M. E. Vazquez. 2000. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. *J. Stored Products Research* 36(1) : 25-36.

Parera, C. A. and D. J. Cantliffe. 1991. Improved germination and modified imbibition of *shrunk-2* sweet corn by seed disinfection and solid matrix priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(6) : 942-945.

Park, K. Y., B. H. Choe, S. K. Jong, S. S. Lee, and S. U. Park. 1988. Current status of quality improvement in maize. *Korean J. Crop Sci.* 33 Special Issue(Crops Quality Vol. 1) : 49-63.

Peterson, J. M., J. A. Perdomo, and J. S. Burris. 1995. Influence of kernel position, mechanical damage and controlled deterioration on estimates of hybrid maize seed quality. *Seed Sci. & Technol.* 23 : 647-657.

Seo, J. M., S. H. Yun, and S. S. Lee. 2002. Performance of imported sweet corn hybrids in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 47(4) : 305-310.

Styer, R. C., D. J. Cantliffe, and L. C. Hannah. 1980. Differential seed and seedling vigor in *shrunk-2* compared to three other genotypes of corn at various stages of development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3) : 329-332.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology* (3rd ed.). Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts. p. 690.

Young, T. E., D. R. Gallie, and D. A. DeMason. 1997. Ethylene-mediated programmed cell death during maize endosperm development of wild-type and *shrunken2* genotypes. *Plant Physiol.* 115 : 737-751.

Wilson, D. O. and S. K. Mohan. 1992. Effect of seed moisturization and fungicide treatment on final stand of low vigor *shrunken-2* sweet corn inbreds. *J. Prod. Agri.* 5(4) : 510.

Woltz, J. M., D. M. TeKrony, D. B. Egli, and P. Vincelli. 1998. Corn cold test germination as influenced by soil moisture, temperature, and pathogens. *Seed Technol.* 20(1) : 56-70.