Journal of Bio-Environment Control, 16(4):333-337, (2007)

수분조건 및 송풍처리가 참외의 발효과 발생에 미치는 영향

신용습[1]* · 서영진[2] · 연일권[1] · 도한우[1] · 최충돈[1] · 박소득[2] · 김병수[3]
[1]경북농업기술원 성주과채류시험장, [2]경북농업기술원, [3]경북대학교

Effect of Water Condition and Air Circulation on Fruit Fermentation of Oriental Melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Makino)

Yong-Seub Shin[1]*, Young-Jin Seo[2], Il-Kweon Yeon[1], Han-Woo Do[1], Chung-Don Choi[1], So-Deuk Park[2], and Byung-Soo Kim[3]
[1]Seongju Fruit vegetable Experiment Station, Gyeongbuk ATA, Seongju, 719-861, Korea
[2]Gyeongsangbuk-do Agriculture Technology Administration, Daegu, 702-702, Korea
[3]Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

Abstract. This study was conducted to assess effects of soil moisture condition and ventilation on development of fermented fruit of oriental melon. In higher soil moisture condition (−10 kPa), roots absorbed more water and transpiration was decreased under low temperature and high humidity conditions. Development of fermented fruit may be come from absorbed water concentrated placenta with higher soluble solid. Fermented fruit was developed with higher level at Shintozoa and Elite, was developed with lower level at Hongtozoa, and was not developed at self-rooting of oriental melon. Ventilation on fruit did not affect development of fermented fruit at Shintozoa, Elite, Hongtozoa and self-rooting seedling. Ca contents of flesh and placenta of fruit under ventilation treatment were higher than control but contents of Acetaldehyde, Ethanol and Ethylacetate were lower.

Key words : calcium, fermentation products, transpiration, water filling fruit, water soaking fruit

*Corresponding author

서 언

참외 주산지 경북 성주지역의 경우 참외가 수확되는 2월에서 5월경 과육부 및 태좌부에 물이 찬 형태의 발효과가 많이 발생한다. 발효과는 주로 세력이 강한 대목을 사용하고 질소비료를 많이 시용하며, 초세가 강하고, 토양수분이 많고 1회 관개량이 많으며, 날씨가 흐리고 포기당 착과수가 적을 때 많이 발생하는 것으로 보고(Shin, 2005) 되어있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 초봄에 기상이 흐릴 경우 증기압 부족량이 감소되어 증산이 크게 억제되는 반면, 지온은 20 이상으로 유지되어 뿌리의 활력은 비교적 양호한 조건이 된다.

성주지방의 경우 2월 이전 지온이 너무 낮아 뿌리의 활력이 낮은 경우와 5월 말 이후 대기 중 온도가 높아 증기압 부족량이 증가되는 조건에서는 물찬과 형태의 발효과의 발생은 거의 발생하지 않는다. 또한 Suh(1998)는 발효과의 발생 원인을 근권의 혐기적인 조건이 alcohol dehydrogenase 등 당대사와 관련한 효소의 활성을 증가시켜 sucrose 등 당이 ethanol, ethylacetate, acetaldehyde 등 발효산물로 변환되어 발효취가 나며 수침상으로 조직이 변하는 이상발효과의 원인이라고 보고하였다. 하지만 위에서 언급한 바와 같이 발효과 발생 형태는 주로 물찬과 형태로 내부에 물이 차는 증상으로 나타나며 뿌리의 활력이 좋을 때 발생하므로 혐기적인 조건에서는 뿌리의 활력이 악화되어 수분의 공급이 나빠지게 되므로 농가에서 주로 발생되는 발효과 (물찬과)의 직접적인 원인은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 수분조건과 송풍처리가 발효과 발생에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경상북도농업기술원 성주과채류시험장 폭 6m, 길이 50m 크기의 농가형 비닐하우스에서 무가온으로 재배였다. 호흡억제제 및 수분이 발효과 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 오복꿀참외와 신토좌 접목묘를 공시하여 착과 이후 수분함량을 −50 kPa가 되도록 하여 재배하였으며, 착과 후 약 40일경 수확기에 호흡억제제로 0.05M KCN(K-C-N)을 주당 100mL씩 토양에 첨가하였고, 대조구는 10a당 약 56톤씩 관수하여 발효과 발생양상을 조사하였다. 기상조건에 따른 식물체의 증산과 토양수분처리에 따른 생육 단계별 발효과 발생을 조사하기 위하여 생육단계를 과실 비대기(착과 후 약 20~23일경), 착색기(착과 후 27~30일경)의 두 단계로 구분하고 2005년 3월 23일, 4월 3일을 저온 다습한 Low VPD(Vapor Pressure Deficit) 조건으로 하였고, 2005년 3월 24일, 4월 5일을 고온 건조한 High VPD로 하였으며 토양수분은 −10kPa과 −80kPa로 처리하여 조사하였다. 송풍이 발효과 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 오복꿀참외 접목묘와 자근묘를 2005년 3월 15일 정식하여 토양수분이 −20kPa가 되었을 때 10a당 5톤 관수하여 −10kPa의 수분함량이 되도록 한 후, 착과 20일후인 5월 4일부터 수확시까지 식물의 생장에 적당한 0.3m·s^{-1}의 풍속(Choi, 1989)으로 10시부터 11시까지 하루 1시간 동안 자만 5~7절에서 착과된 과실에 송풍하였다(Shin 등, 1999). 참외에 함유된 Ca 함량분석은 과육과 태좌부를 분리하여 원자흡광분석기(Perkin Elmer AAS 3300, USA)를 이용하여 분석하였다(Kim, 1988). 참외의 발효산물로 알려진 acetaldehyde, ethanol, ethyl acetate 함량은 Suh (1998)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시험구는 하우스 1동을 1처리로 하고 하우스내에서 시험구 면적을 구당 18로 하고 난괴법 3반복으로 조사하였으며, 기타 관리는 농촌진흥청 표준영농교본에 준하여 재배하였다.

결과 및 고찰

수확기 참외에 호흡억제제인 0.05M KCN을 주당 100ml씩 관주하고 24시간 후 10a당 56톤의 관개수를 처리하여 48시간 이후 발효과 발생 양상을 조사한 결과, 0.05M KCN 처리구에서는 물찬과 발생은 없었으며 과육이 수침상으로 변한 과실은 95.4% 발생하였다. 대조구는 수침상으로 변한 과실의 발생은 없었고 물찬과는 84% 발생하였다(Table 1). 이와 같은 결과는 뿌리의 호흡이 억제되는 혐기적인 조건에서는 수분 흡수 억제로 인해 물찬과 발생은 없으므로 물찬과 발생원인은 과다한 수분이 뿌리로 유입되기 때문으로 생각된다. 따라서 물찬과는 토양수분이 충분한 조건에서 뿌리로부터의 수분흡수는 많고 공중습도가 높아서 잎과 과실로부터 증산이 억제될 경우 수분은 Osmotic potential이 낮은 과실부위, 특히 당 농도가 높은 태좌부로 쉽게 이동할 것으로 생각된다.

Table 1. Effect of 0.05M KCN on fermentation of oriental melon fruits at harvesting stage.

Treatment	Water filling symptom (%)	Water soaking symptom (%)
0.05M KCN[z]	ND[y]	95.4
Control	84.0	ND

[z]56ton/10a of water was irrigated 24 hours after 0.05M KCN treatment.
[y]Not detected.

Table 2. Influence of soil water potential and vapor pressure deficit (VPD) conditions on fermentation of oriental melon fruits.

Soil water (kPa)	Fermented fruits (%)			
	High VPD		Low VPD	
	Swelling	Ripening	Swelling	Ripening
−10	ND[z]	ND	ND	84.0
−80	ND	ND	ND	ND

[z]Not Detected.

기상조건에 따른 식물체의 증산과 토양수분처리에 따른 생육 단계별 발효과 발생을 조사한 결과, High VPD 조건에서는 물찬과의 발생이 없었으나, Low VPD 조건의 경우 착색기 이후 토양수분을 −10kPa가 되도록 관수한 처리구에서 발효과가 84.0%정도 발생하였다(Table 2). 즉 토양이 건조하여 뿌리로부터 수분의 유입이 적어서 증산이 억제되는 조건에서는 발효과 발생이 없었고, 수분의 공급이 많을지라도 증산이 충분히 이루어지는 조건에서도 발효과가 발생하지 않는 것을 알 수 있었다. 따라서 발효과 발생은 토양수분이 과다하게 공급되고 참외의 생장이 낮고 저온 다습한 조건에서 증산이 억제되어 식물체내에서 수분이 과실

Table 3. Influence of air circulation and rootstocks on fermentation of oriental melon fruits.

Treatment	Fermented fruits (%)			
	Shintojwa	Hongtojwa	Elite	Control (non-graft, melon)
Air circulation	ND[z] (15)[y]	ND (13)	ND (14)	ND (11)
Control	14.3 c[x] (329)	8.3 b (315)	16.4 c (335)	ND a (159)

[z]Not detected.
[y]Number of harvested fruits.
[x]Mean separation by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.
Seedlings were transplanted on Feb. 1, 2005.

로 많이 이동할 때 발생하는 것으로 생각되었다. Shin 등 (2006)은 참외는 착과 후 10일부터 약 25일 정도까지 급격히 비대하는 swelling 단계를 거치며 그 후 30일 정도까지 과실의 비대는 매우 느리며 과실이 착색되는 ripening 단계를 거치는데, 발효과 발생은 ripening 단계에서 발생한다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

일반적으로 바람은 식물체로부터 증산을 촉진시키는 것으로 알려져 있어 송풍에 따른 발효과 발생률, 과실의 Ca 함량 그리고 발효산물을 조사한 결과, 송풍처리 시 대목 종류에 상관없이 모든 처리에서 발효과가 발생하지 않았으나, 송풍처리를 하지 않은 대조구는 엘리트 접목묘는 16.4%, 신토좌 접목묘가 14.3%로 발효과 발생이 비교적 많았고 '홍토좌' 접목묘는 8.3% 였으며 자근묘는 발효과 발생이 없었다(Table 3). Bae 등(2002)과 Choi(1997)의 보고에서도 참외 지주재배 또는 덩굴유인 재배가 포복재배에 비하여 증산이 촉진되며 덩굴의 높이가 높을수록 발효과 발생률이 낮아진다고 하였고, 참외재배에 이용되는 터널형 하우스에서 환기량을 늘려주거나 중력환기를 실시하거나 시설내 공기순환 장치를 설치하여 증산을 촉진시킬 경우 발효과 경감효과가 있는 것으로 보고하여(Shin 등, 1997; Shin 등, 1999; Shin 등, 2001) 증산과 발효과 발생간의 상관성이 매우 높음을 알 수 있다. 그리고 Park과 Chung(1989)은 '신토좌' 호박대목에 접목하였을 때 발효과 발생이 29%로 가장 많았고, '백국좌'와 '친교대목'에서는 16.7%의 발효과가 발생하였으나, 페포계 호박인 'Zucchini A'에 접목한 경우와 무접목구에서는 발효과가 발생하지 않았다고 보고하였으며, Shin(2005)은 세력이 강한 호박대목은 발효과 발생을 조장하는데, 초세가 강한 '신토좌'에서 발생이 많고 초세가 약한 대목에서는 적게 발생한다고 보고하였다. 그러므로 지하부 특성 중에서는 뿌리의 수분흡수력, 즉 뿌리에서 지상부로 공급하는 수분의 공급력이 발효과 발생에 가장 큰 영향을 미치는 요인인 것으로 사료된다.

발효과는 정상과에 비해서 Ca 함량이 낮은 것으로 알려져 있어 송풍에 의해 증산을 촉진시킬 때 과실내의 Ca 함량 변화를 조사한 결과, 과육의 Ca 함량은 송풍처리구에서 0.08~0.12%, 대조구는 0.02~0.06%로 송풍처리구에서 Ca의 함량이 높았다. 과육보다 Ca 함량이 비교적 낮은 태좌부의 경우에도 송풍처리구의 Ca 함량이 비교적 많은 편이었다(Fig. 1). 대목별로 송풍처리와 대조구로 짝을 지워 송풍처리효과를 Paired t-test를 통해 효과를 분석한 결과, 과육의 경우 송풍구에서 99% 수준에서 Ca 함량이 유의하게 높았고, 태좌부는 송풍구가 95% 수준에서 높았다. 따라서 과실부위는 비교적 증산이 잘 일어나지 않는 부위일지라도 송풍처리에 의해 증산이 증가하여 수분유입과 함께 Ca 전류량도 많아져서 과실의 Ca 함량이 증가한 것으로 생각된다. Ca는 세포의 분화, 성장 및 과실의 발육 등에 필수원소로 잘 알려져 왔으며(Burström, 1968), Ca이 부족할 경우에는 과실은 급격히 신장하는 반면 과실로의 이동은 느려 생리장애를 유발하는 것으로 알려져 있는데(Ho와 Adams, 1989), 특히 멜론류 과실의 수침증상(Watercore 또는 Water soaking)과 Alcoholic fermentation은 Ca의 부족에서 기인하는 것으로 보고(Lester와 Dunlap, 1985; Shear, 1975) 되어 있어 본 실험의 결과와 유사하였다. 일반적으로 Ca은 수동적으로 흡수되며 Ca의 이동은 증산류에 의해 식물체의 각 기관으로 분배되므로 증산이 많이 일어나는 식물의 기관에는 Ca 함량이 높고 꽃이나 과실처럼 상대적으로 증산이 적게 일어나는 기관은 Ca 이동이 적

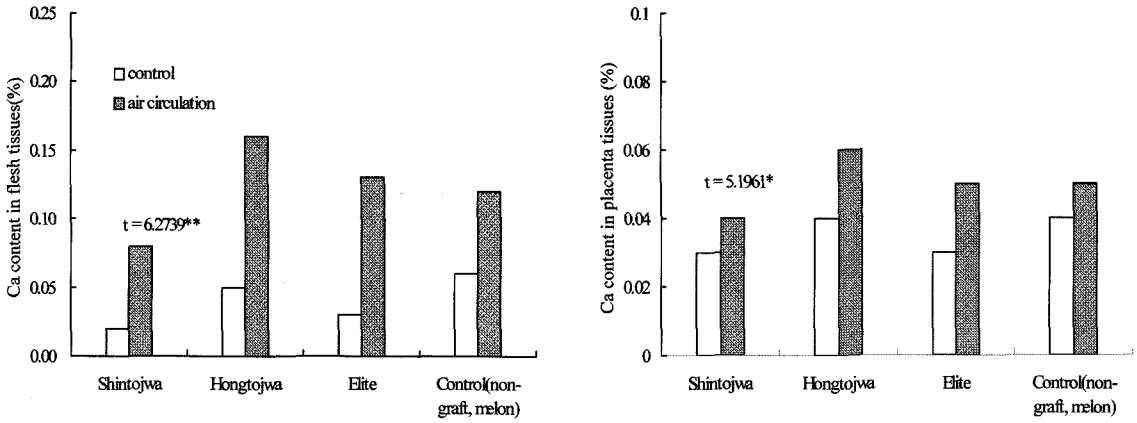

Fig. 1. Effect of air circulation on Ca content of oriental melon fruits born on the plants grafted onto rootstock cultivar. Difference between treatments was calculated by Paired t-test.

은 편이며, 같은 기관일지라도 증산이 잘 일어날 경우 식물체 내 Ca 함량이 많아지게 된다는 보고(Bangerth, 1979; Kirkby와 Pilbeam, 1984; Alarcon 등, 1999)와도 일치하는 것으로 생각된다. Chung과 Choi(1998)는 '금싸라기은천참외'에 '금슬신토좌'를 접목하여 Ca의 흡수와 축적에 관하여 검토한 결과, Ca의 흡수와 축적은 증산량의 증가에 의한 것이라고 단정하지는 않았으나, 참외 재배가 거의 무가온 시설재배를 하므로 피복과 환기불량으로 다습조건이 되기 쉽기 때문에 증산억제에 따른 석회 흡수억제가 예상된다고 하였다. 그러므로 시설참외의 경우 태좌조직으로의 Ca^{2+}의 이동, 축적이 원활하지 못한 점이 발효과 발생을 유발하는 하나의 중요한 원인이라고 하였다. 또한 참외 발효과 발생은 착과 후 28~30일경부터 발생하며, 발효과의 발생은 과육이나 태좌부의 세포벽 구성물질인 Ca^{2+}가 저온에 의하여 흡수가 억제되어 세포벽의 中層(middle lamella)이 불실하여 세포벽이 화학적으로 분해되어 허물어지는 것이 아니라, 어떤 이유로 해서 물리적으로 찢어짐으로서 발생한다(Chung 등, 2000)는 보고도 있다.

참외 발효과의 발효취를 생성하는 대표적인 물질로 acetaldehyde, ethanol, ethylacetate 등이 알려져 있어 송풍이 발효산물의 생성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 시험한 결과, acetaldehyde를 제외한 ethanol, ethylacetate는 미미한 수준으로 검출되었으나 대목 종류별 공히 송풍구에서 acetaldehyde, ethanol, ethylacetate 함량이 낮았다(Fig. 2). 하지만 Suh(1998)의 결과를 보면 발효정도가 가벼운 참외의 경우

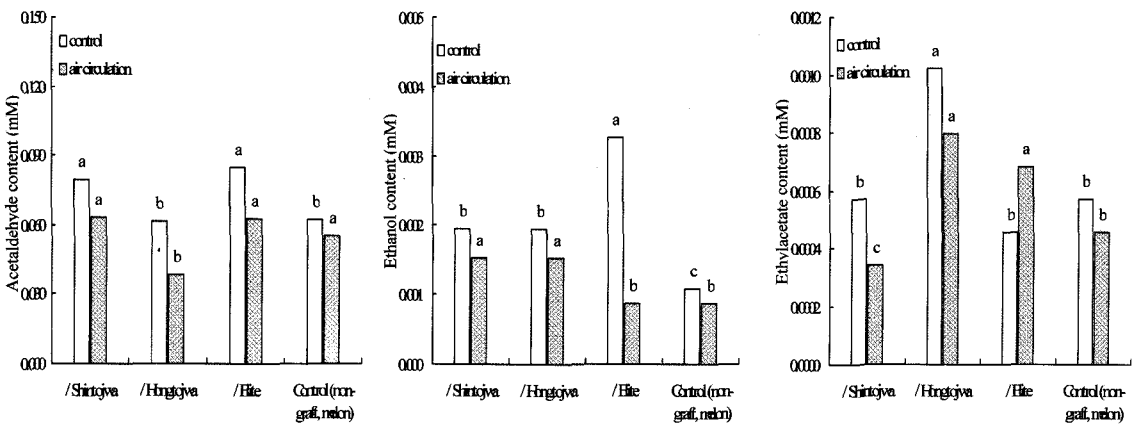

Fig. 2. Effect of air circulation on contents of fermentation products. Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

acetaldehyde 함량은 0.64mM, ethanol은 2.99mM, ethylacetate는 0.036mM 정도라고 하였으나 본 연구에서는 acetaldehyde가 0.030~0.065mM이었고 ethanol, ethylacetate는 거의 검출되지 않아 혐기적인 대사에 의한 발효는 진행되지 않았던 것으로 생각된다.

적 요

토양수분 조건 및 송풍처리가 참외 발효과 발생에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다. 토양수분이 과다한 조건(-10kPa)에서 뿌리로부터 수분흡수는 많고 저온다습의 기상조건으로 증산이 억제될 때 흡수된 수분이 삼투압이 낮은 과실부위 특히 당 농도가 높은 태좌부로 이동하여 물찬 참외가 발생하는 것으로 생각된다. 참외 발효과는 신토좌, 엘리트 등 세력이 강한 대목에서 많이 발생하고 세력이 약한 홍토좌 대목에서는 적게 발생하고 자근묘에서는 발생하지 않았다. 과실부위 송풍처리로 신토좌, 엘리트, 홍토좌, 자근묘 등 대목의 종류와 관계없이 발효과가 발생하지 않았다. 과육 및 태좌부의 칼슘함량은 무처리구에 비하여 송풍처리구에서 유의하게 높았으며 acetaldehyde, ethanol, ethylacetate 등 발효산물의 함량도 적었다.

주제어 : 물찬과, 발효산물, 수침과, 증산, 칼슘

인 용 문 헌

1. Alarcon, C., R. Madrid, C. Egea, and I. Guillen. 1999. Calcium deficiency provoked by the application of different forms and concentrations of Ca to soil-less cultivated muskmelon. Scientia Horticulturae 81:89-102.
2. Bae, S.G., S.D Park, Y.S. Shin, and I. K. Yeon. 2002. Effect of vining scheme on the growth, quality and yield of oriental melon. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20:19-24. (in Korean).
3. Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Annu. Rev. Phytopathol. 17:97-122.
4. Burström, F. 1968. Calcium and plant growth. Biol. Rev. 43 : 287-316.
5. Choi, H.L. 1989. Ventilation of agricultural facility. Taekwang press. p. 253-294. (in Korean).
6. Choi, J.K. 1997. Analysis for effects of fruit on the quality and yield in staking cultivation of oriental melon. Thesis for M. S. Kyungbook National University. (in Korean).
7. Chung, H.D. and Y.J. Choi. 1998. Effect of temperature and foliar application of NAA and GA_3 on ^{45}Ca translocation and accumulation in the grafted melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa*) plants. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:491-496. (in Korean).
8. Chung, H.D., Y.J. Choi, G.S. Lee, and H.S. Lee. 2000. The effects seeding age, bagging and PE house coverings on fruit quality of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:464-470. (in Korean).
9. Ho, L.C. and P. Adams. 1989. Calcium deficiency. A matter of inadequate transport to rapidly growing organs. p. 202-207.
10. Kim, D.S. 1988. Soil chemical separation method. R.D.A. Agricultural techniques institute. p.222-223. (in Korean).
11. Kirkby, E.A. and D.J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant Cell Environ. 7:397-405.
12. Lester, G.E. and J.R. Dunlap. 1985. Physiological changes during development and ripening of 'Perlita' muskmelon fruits. Sci. Hort. 26:323-331.
13. Park, J.Y. and H.D. Chung. 1989. Effect of several rootstocks on plant growth, fruit quality and yield in oriental melon. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 30:262-270. (in Korean).
14. Shear, C.B. 1975. Calcium related disorders of fruits and vegetables. HortScience, 10:361-365.
15. Shin, Y.S. 2005. Influence of root hydraulic conductance, soil water potential and atmospheric vapor pressure deficit on fruit fermentation of oriental melon(*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Makino) grown in plastic greenhouse. Thesis for Ph D. Kyungpook National University (in Korean).
16. Shin, Y.S., I.K. Yeon, S.G. Bae, S.K. Choi, and B.S. Choi. 2001. Effect of air circulation in greenhouse on development of fermented fruits in oriental melon. J. Bio-Env. Con. 10:23-29. (in Korean).
17. Shin, Y.S., I.K. Yeon, S.K. Choi, and B.S. Choi. 1999. Effect of forced-air circulation of ambient fruit on the occurrence fermented-fruit and fruit quality of oriental melon. J. Bio-Env. Con. 8:99-107. (in Korean).
18. Shin, Y.S., Y.J. Seo, I.K. Yeon, H.W. Do, J.E. Lee, C.D. Choi, S.D. Park, and B.S. Kim. 2006. Effect on Plant Growth, Fruit Elongation and Quality by Rootstock Sort of Oriental Melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Makino). J. Bio-Env. Con. 15:358-363. (in Korean).
19. Shin, Y.S., W.S. Lee, I.K. Yeon, S.K Choi, and B.S. Choi. 1997. Effect of root zone warming by hot water on fruit characteristics and yield of greenhouse-grown oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.). J. Bio. Fac. Env. 6:110-116 (in Korean).
20. Suh, D.W. 1998. Effect of Ca^{2+}, hypoxia and plant growth regulators on fermented-fruit of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.). Thesis for Ph D. Kyungbook National University (in Korean).