장미꽃의 향기정도에 따른 주요성분 및 꽃잎 세포의 미세구조

이영순^{1*} · 이윤혜² · 임성희¹ · 박건환¹ · 최숙영¹ · 홍혜정² · 고정애³

¹경기도농업기술원 원예산업연구과, ²경기도농업기술원 버섯연구소, ³전북대학교 농업생명과학대학

Volatile Compounds and Ultrastructure of Petal Epidermal Cells According to Scent Intensity in *Rosa hybrida*

Young-Soon Lee^{1*}, Yun-Hae Lee², Seung-Hee Lim¹, Gun-Hwan Park¹,
Sunk-Young Choi¹, Hae-Jung Hong², and Jeong-Ae Ko³

¹Horticulture Industrial Research Division, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 445-784, Korea

²Mushroom Research Station, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 445-784, Korea

³College of Agriculture & Life Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Abstract. Principle component and emission localization of volatile compounds were investigated according to scent intensity of rose flower. Scent intensity in cultivars and bred-line of *Rosa hybrida* was divided into three levels; light ('Feel Lip', 'Venus Berry'), medium ('GR07-135'), strong ('Honey Blue'). The major volatile compounds were different depending on the cultivars and selected line; 3,5-dimethoxytoluene (DMT), benzene, 1,3,5-trimethoxy ('Feel Lip'), megastigma-4,6(Z),8(E)-triene ('Venus Berry'), DMT, benzene,1-ethenyl-4-methoxyand, phenylethylalcohol ('GR07-135') and germacrene-D, DMT ('Honey Blue'). The adaxial epidermal cells were conical papillate shape, whereas the abaxial epidermal cells were flat shape. The adaxial epidermal cells of 3 cultivars and 1 selected line were surrounded by thick cell wall and covered by waxy cuticle of 2 cultivars and 1 selected line (except 'Honey Blue'). The adaxial epidermal cells contained starches in 'Feel Lip', osmiophilic droplets in 'Venus Berry', starches, plastids, vacuoles in 'GR07-135' and plastoglobules, plastids, vacuoles in 'Honey Blue'. Based on these results, it appears that plastids and vacuoles in adaxial epidermal cells with conical papillate shape are associated production and emission of volatile compounds in scent *R. hybrida*.

Additional key words: adaxial epidermal cell, dimethoxytoluene (DMT), plastid, vacuole

서 언

장미 꽃잎에서 추출한 향기는 화장품과 향수 생산 등 향기산업에 많이 이용되고 있다(Flament et al., 1993; Zuker et al., 1998). 불가리아에서는 1870년대부터 천연 향기와 향료의 원료로서 향기가 많은 *R. damascena*를 대량 생산하여 장미수(rose water), 장미 기름(attar of rose), 정유(essential oils) 형태로 향기산업에 많이 사용하고 있다(Zuker et al., 1998). 장미 꽃 관련 향기는 400종 이상의 성분으로 알려져 있으며 품종별로 향기의 주요성분과 성분조성 비율이 다르

다고 알려져 있다(Giulia et al., 2006). Flament et al.(1993)과 Magali et al.(2007)은 향기성분을 주요성분 종류에 따라 3그룹(terpenes, lipid derivatives, aromatic compounds)으로 분류하였고 Bent et al.(2007)는 5그룹(fruity, myrrh, old rose, musk, and tea)으로 분류하였다. 장미의 향기 발현에 관한 연구로는 향기 관련 유전자와 향기 성분의 생합성(Xiang et al., 2007), 개화정도별 향기 성분 및 함량 변화 연구(Lee et al., 2008), 전자코를 이용한 장미 품종, 재배방법 및 개화 단계별 향기성분 흡수패턴(Kwon et al., 2004), 향기발현의 유전자와 관련된 germacrene-D 성분의 생합성에 관련된 효

*Corresponding author: rosessea@gg.go.kr

※ Received 19 March 2013; Revised 21 May 2013; Accepted 29 May 2013.

© 2013 Korean Society for Horticultural Science

소를 밝히는 연구(Guterman et al., 2002), 장미 향기 발산의 생리학적(circadian rhythmicity) 연구(Picone et al., 2004), 장미의 주요 향기성분인 3,5-dimethoxytoluene 성분의 합성 경로에 관한 연구(Lavid et al., 2002; Scalliet et al., 2002, 2006) 등이 이루어져 왔다.

장미 향기는 꽃의 기관 중 꽃잎이 수술과 꽃받침에 비하여 5배 이상 함유하고 있으며 꽃잎의 원추형 유두돌기(conical-papillate) 모양을 가지고 있는 향측면 표피(adaxial epidermis) 세포에서 생성되는 것으로 알려져 왔다(Scalliet et al., 2006; Stubbs and Francis, 1971).

소비자들의 향기에 대한 요구는 점차 증가하고 있지만 장미 육종가들이 향기 특성 구명과 선발이 어려워 최근 대부분의 절화 장미는 화색, 화형, 병저항성, 절화수명 등의 특성만을 고려하여 육성되어 품질은 좋으나 향기가 적은 품종들이 육성되어 상업화되고 있다.

따라서 본 연구는 장미육종 시 향기특성을 선발에 활용하고자 꽃 향기의 이용도를 높이고자 향기정도가 다른 품종의 주요 향기성분 차이와 꽃잎 세포 미세구조 관찰의 비교를 통하여 향기 생성과 발산에 관련된 세포 소기관을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

식물재료

식물재료는 관능조사 결과 향기가 약한 ‘필립’과 ‘비너스

베리’, 중간 정도인 ‘GR07-135’(선발계통)와 강한 ‘허니블루’ 3품종과 1선발계통(Table 1)을 사용하였다. 꽃은 개화 IV단계(꽃잎 전체의 전개가 진행된 만개 상태)에서 수확하여 20°C에서 12시간 동안 물을림을 한 후 향기 성분분석과 세포 미세구조 관찰에 사용하였다.

향기성분 분석

향기 포집은 꽃잎을 여러 장 겹쳐서 편칭(직경 11mm)하여 0.3g을 10mL vial에 넣은 상태에서 하였다. 향기 포집은 headspace-SPME(HS100, Alphamos)방법에 따라 agitator의 온도는 50°C로 유지하고 10분 동안 포집한 후 10분간 fiber (DVB-CAR-PDMS)에 흡착시키고 1분 탈착시켰다(Giulia et al., 2006; Kim et al., 2000). 향기 성분과 함량 분석을 위한 전자코(Fox3000, Alphamos)와 가스크로마토그램(GC/MS) 분석 조건은 Table 2와 같으며 retention time 15.53부터 37.43까지 peak area 1% 이상인 반응을 분석하였다.

Headspace-SPME은 cycle composer software 프로그램으로 운용하였으며 GC/MS 분석은 Xcalibur software system으로 운용하였다. 향기성분 MS data는 NIST(national institute of standards and technology)와 Wiley library를 적용하여 search하였고 향기성분 함량은 GC peak area 값과 peak area %로 표기하였다.

세포의 미세구조

주사전자현미경(scanning electron microscope; S-3000N,

Table 1. Flower and fragrance characteristics of *R. hybrida*.

Cultivar and selected line	Color	No. of petals	Fragrance intensity	Fragrance classify
Feel Lip	Lavenda (RP65C + RPN66A) ²	35.2	Weak	Tea
Venus Berry	Light Pink (RP69C)	42.6	Weak	Fruity
GR07-135	Pink (RP58D)	50.3	Medium	Tea
Honey Blue	Purple (V85C)	47.9	Strong	Old rose, honey

²RHS (The Royal Horticultural Society) color chart.

Table 2. GC/MS conditions for separation of fragrance components.

Item	Condition
Oven temp.	40°C (for 5 min) → 150°C (4°C/min) → 240°C (8°C/min) → 240°C (for 10 min)
Injector temp.	230°C
Transfer line temp.	230°C
Splitless	
Carrier gas	He, flow-rate: 1 mL·min ⁻¹
Column	TR-FFAP (thermo) (30 m × 0.25 mm I.D, 0.25 µm film thickness)
Electron impact ionization voltage	70 eV
Scan range	40-400 m·z ⁻¹
Ion source temp.	200°C

Hitach Co.) 관찰은 장미 꽃잎 조각을 $0.5 \times 0.5\text{cm}$ 크기로 자른 후 Karnovsky's 고정액으로 4°C 에서 2시간 1차 고정한 후 0.05M cacodylate buffer로 10분씩 3회 수세하였다. 1% osmic acid에 1시간 고정하여 증류수로 3회 세척한 후 ethyl alcohol 50, 70, 85, 95, 100%로 농도를 높여가는 에탄올시리즈 방법으로 1시간씩 탈수하였다. 탈수가 끝난 시료는 isoamyl acetate 용액으로 치환한 다음 임계점 건조(HCP-2, Hitach Co.)를 실시하고 ion sputter coater(E-1010, Hitachi, Co.)를 이용하여 코팅한 다음 가속전압 15-18kV에서 검경하였다.

투과전자현미경(transmission electron microscope; H-7500, Hitachi Co.) 관찰은 주사전자현미경(SEM) 관찰에서와 같은 방법으로 고정과 탈수과정을 거친 시료내부에 100% propylene oxide 용액을 침투시킨 후 포매제로 100% epon 용액과 경화제를 사용하여 블록을 제작하였다. 시료의 가장자리 1mm 정도 남기고 사각형으로 삭정(trimming) 하여 ultramicrotome을 이용하여 300nm로 박절(thick section)하였다. 잘라낸 절편을 광학현미경으로 관찰하면서 85nm 연속된 초박절편(ultrathin section)을 제작하였다. 150mesh Cu grid 위에 얹어 2% methanolic uranyl acetate - lead citrate 이중염색을 실시하였다. 염색이 끝난 grid를 24시간 동안 실온에서 건조시킨 다음 가속 전압 80kV, high resolution mode에서 검경하였다.

결과 및 고찰

주요향기성분 분석

GC/MS를 이용하여 품종과 선발계통별 향기 성분 분석 결과 주요성분은 '필립'의 경우 3,5-dimethoxytoluene(DMT)과 benzene,1,3,5-trimethoxy 성분이었으며, '비너스베리'는 megastigma-4,6(Z),8(E)-triene 성분이었고, 'GR07-135'는 DMT, benzene,1-ethenyl-4-methoxy 및 phenylethylalcohol 성분이었으며, '허니블루'는 germacrene-D와 DMT 성분이었다(Table 3). 품종별 10% 이상인 향기의 주요 성분은 '필립'은 DMT 성분이 0.86×10^7 peak area, benzene,1,3,5-trimethoxy 성분이 0.62×10^7 peak area로 2가지 성분이 각각 17.8%, 12.9%를 차지하였으며, 나머지 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene, Megastigma-4,6(Z),8(E)-triene, trans-caryophyllene 및 3,5,7-tetramethyladamantane 성분 등 7가지 성분으로 구성되어 있었다. '비너스베리'는 megastigma-4,6(Z),8(E)-triene 성분이 0.73×10^7 peak area로 11.5%를 차지하였으며, 나머지 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene와 1-hexanol 성분 등 11가지 성분으로 구성되어 있었다. 'GR07-135'는 DMT성분이 18.0×10^7 peak area, benzene,1-ethenyl-4-methoxy 성분이 5.70×10^7 peak area, phenylethylalcohol성분이 4.10

$\times 10^7$ peak area로 각각 52.4%, 16.0%, 11.7%를 차지하였으며, 나머지 3-hexanol-1-ol과 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene 성분 등 6가지 성분으로 구성되어 있었다. '허니블루'는 germacrene-D 성분이 17.30×10^7 peak area, DMT 성분이 16.08×10^7 peak area로 각각 20.9%, 19.5%를 차지하고 있었으며, 나머지 nerol과 δ -cadinene 성분 등 10가지 성분으로 구성되어 있었다.

품종과 선발계통별 향기정도는 관능조사 결과와 같이 '필립'과 '비너스베리'는 약하였으며, 'GR07-135'는 중간 정도 이었고, '허니블루'는 강하였다. GC/MS를 이용한 품종별 총향기함량(relative abundance)은 '필립'과 '비너스베리'는 각각 2.52×10^7 , 3.66×10^7 peak area이었으며, 'GR07-135'는

Fig. 1. Gas chromatography-mass spectrometry of *R. hybrida*. A, 'Feel Lip'; B, 'Venus Berry'; C, 'GR07-135'; D, 'Honey Blue'.

Table 3. The relative abundance and percentage of volatile compounds in *R. hybrida* petals. Values were calculated as peak area more than 1%.

Compound	RT (min)	Feel Lip		Venus Berry		GR07-135		Honey Blue	
		RA ^z (× 10 ⁷)	PV ^w (%)	RA (× 10 ⁷)	PV (%)	RA (× 10 ⁷)	PV (%)	RA (× 10 ⁷)	PV (%)
3,5-dimethoxytoluene	31.48	0.86 ± 0.02 ^y	17.83 ± 0.71	0.09 ± 0.01	1.56 ± 0.51	18.0 ± 0.54	52.43 ± 0.49	16.08 ± 1.06	19.57 ± 1.37
Benzene, 1,3,5-trimethoxy-	37.43	0.62 ± 0.09	12.96 ± 1.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene	21.15	0.32 ± 0.01	6.62 ± 0.68	0.43 ± 0.01	6.80 ± 1.09	0.57 ± 0.02	1.62 ± 0.23	2.91 ± 0.07	3.58 ± 0.80
Megastigma-4,6(Z),8(E)-triene	24.94	0.27 ± 0.09	5.50 ± 0.21	0.73 ± 0.02	11.58 ± 1.20	0.19 ± 0.01	0.56 ± 0.22	nd	nd
trans-caryophyllene	23.98	0.21 ± 0.07	4.37 ± 0.34	nd	nd	nd	nd	1.60 ± 0.23	1.95 ± 0.02
1,3,5,7-tetramethyladamantane	33.51	0.12 ± 0.04	2.58 ± 0.58	0.23 ± 0.01	3.70 ± 0.08	nd	nd	nd	nd
4-(2,6,6-trimethyl-cyclohex-1-enyl)-butan-2-ol	34.13	0.05 ± 0.01	0.99 ± 0.03	nd	nd	0.14 ± 0.01	0.40 ± 0.03	nd	nd
4-(2,6,6-trimethyl-cyclohex-1-yl)-	30.82	0.04 ± 0.01	0.74 ± 0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4,4-dideuterio-6,6-dimethylcyclohexanone	28.34	0.03 ± 0.01	0.63 ± 0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1-hexanol(CAS)	16.77	nd ^x	nd	0.41 ± 0.06	6.46 ± 0.72	0.50 ± 0.02	1.42 ± 0.61	nd	nd
3-hexanol-1-ol	17.81	nd	nd	0.21 ± 0.01	3.34 ± 0.07	0.67 ± 0.02	1.90 ± 0.21	nd	nd
2-butanone, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	33.86	nd	nd	0.18 ± 0.04	2.88 ± 0.31	nd	nd	nd	nd
2-hexanol-1-ol, (E)-	18.58	nd	nd	0.14 ± 0.01	2.20 ± 0.09	nd	nd	nd	nd
Dihydro-β-ionol	34.14	nd	nd	0.11 ± 0.01	1.76 ± 0.02	nd	nd	2.10 ± 0.11	2.43 ± 0.71
Megastigma-7(E),9,13-triene	19.67	nd	nd	0.09 ± 0.02	1.36 ± 0.05	nd	nd	nd	nd
3-Hexanol-1-ol, acetate, (Z)-	15.53	nd	nd	0.08 ± 0.01	1.27 ± 0.10	0.67 ± 0.04	1.90 ± 0.10	nd	nd
δ-cadinene	28.69	nd	nd	0.07 ± 0.02	1.22 ± 0.05	nd	nd	5.61 ± 0.34	6.87 ± 0.99
Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy-	26.82	nd	nd	nd	nd	5.70 ± 1.20	16.07 ± 2.41	nd	nd
Phenylethylalcohol	33.08	nd	nd	nd	nd	4.10 ± 0.87	11.73 ± 0.99	nd	nd
Germacrene-D	27.35	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17.30 ± 0.87	20.93 ± 2.00
Nerol	30.22	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6.83 ± 0.69	8.34 ± 0.81
2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene	21.19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.21 ± 0.31	3.97 ± 0.55
Tetrahydroionol	29.28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.83 ± 0.09	3.51 ± 0.09
Naphthalene, 1,2,3a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-[1S-cis]-	26.79	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.74 ± 0.18	3.36 ± 0.53
Naphthalene, 1,2,3,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1α,4α,8αα)-	27.61	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.61 ± 0.87	1.93 ± 0.01
Azulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethyl)-[1S-(1α,4α,7α)]-	20.8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.31 ± 0.21	1.60 ± 0.03
Total		2.52 ± 0.28		3.66 ± 0.98		30.54 ± 1.63		64.13 ± 0.99	

^zRelative abundance of volatile compounds.

^yMean ± SE (n = 5).

^xNot detected.

^wPercentage of volatile compounds.

30.54×10^7 peak area이었고, ‘허니블루’는 64.13×10^7 peak area로 나타났다(Fig. 1 and Table 3).

전자코를 이용한 품종과 선발계통 별 향기패턴의 주 성분분석에서 ‘필립’과 ‘GR07-135’의 좌표는 서로 가까이 위치하여 주요 향기 성분이 비슷하였으며, 향기가 가장 강한 ‘허니블루’는 향기가 약한 ‘비너스베리’와 좌표가 멀게 위치하여 향기 주요 성분과 향기 정도의 차이가 있었다(Fig. 2). 최근에 육성된

Fig. 2. Principal component analysis map of headspace analyses of *R. hybrida*. ‘Feel Lip’ (◆), ‘Venus Berry’ (■), ‘GR07-135’ (▲), and ‘Honey Blue’ (●).

장미(tea-scent modern roses) 품종은 대부분 aromatic compounds 그룹으로 DMT와 phenylethylalcohol 성분이 많으며, 고전장미(ancient Chinese roses) 품종은 terpene 그룹으로 germacrene-D, nerol, β -citronellol 및 geraniol 등의 성분이 많이 함유되어 있다고 알려져 있다(Joichi et al., 2005). 이를 기준으로 Flament et al.(1993)의 장미향기 종류별 분류에 의하면 ‘필립’과 ‘GR07-135’는 aromatic compounds 그룹에, ‘비너스베리’는 lipid derivative 그룹에, ‘허니블루’는 terpene 그룹에 속하였다.

세포의 미세구조

품종과 선발계통 별 장미 꽃잎의 주사전자현미경(SEM) 관찰 결과 향기가 발산되는 위치로 알려진 향측면 표피 세포가 있었다. 꽃잎 단면은 향기정도와 관계없이 3품종과 1 선발계통 모두 향측면 표피 세포(axial epidermal cells), 해면 유조직(spongy parenchyma) 배측면 표피 세포(abaxial epidermal cells)가 관찰되었는데(Fig. 3) 이 결과는 Scalliet et al.(2006)과 Baudino et al.(2007)의 보고와 일치하였다. 반면에 향측면 표피 세포의 모양은 ‘필립’, ‘GR07-35’ 및 ‘허니블루’는 원추형(conical papillate shape)이었고, ‘비너스베리’는 납작한 원통형이었으며, 3품종과 1선발계통 모두 세포 위쪽 끝에 유두돌기가 있었고 줄무늬가 있었다(Fig. 4).

Fig. 3. Scanning electron microscope (x200) of cross sections petal in *R. hybrida*. A, ‘Feel Lip’; B, ‘Venus Berry’; C, ‘GR07-135’; D, ‘Honey Blue’. Ad, adxial epidermis; P, spongy parenchyma; Ab, abaxial epidermis.

배측면 표피 세포의 모양은 편평(flat)하였고 표면은 줄무늬가 있었다(Fig. 5). 이러한 결과는 장미 꽃잎의 향측면 표피 세포는 기공(stomata)과 분비모(trichomes)가 적고 원추형 유두돌기 모양을 가지고 있는 반면 배측면 표피 세포는 편평하다는 Stubbs and Francis(1971)의 보고와 일치하였다. 현대 장미(*Rosa hybrida*)에서 주요 향기성분인 DMT의 생성은 향기유전자 OOMT1과 OOMT2를 발현시키는 효소가 있는 장미는 향기가 발산되며(Guterman et al., 2002; Scalliet et al., 2006), 금어초에서도 향기합성에 관련된 효소는 원추형 향측면 세포에 위치해 있다고 하였다(Kolosova et al., 2001).

품종과 선발계통별 향기정도와 향측면 표피 세포의 모양, 크기 및 세포수는 관련이 적은 것으로 보인다. 그러나 향측면 표피 세포의 높이는 향기가 약한 ‘필립’과 ‘비너스베리’는 각각 31.37 μ m, 30.72 μ m이었고, 향기가 중간인 ‘GR07-135’는 36.15 μ m이었으며, 향기가 강한 ‘허니블루’는 40.81 μ m로서 향기가 강한 품종일수록 높게 나타났다(Fig. 4 and Table 4).

장미 꽃잎 향측면 표피 세포를 투과전자현미경(TEM)을 통하여 세부 미세구조를 관찰한 결과 3품종과 1선발계통 모두 세포벽이 있었다(Figs. 6A to 6D). ‘허니블루’를 제외한 2품종과 1선발계통은 왁스층으로 덮힌 파도모양의 큐티클층이 있었고 향기가 강한 ‘허니블루’는 큐티클층이 매우 얇거나 적었다. Caissard et al.(2004)은 금어초 꽃잎에서 메틸 벤조네이트(methylbenzonate)의 내부 저장고(internal pool)가 그 성분의 발산과 높은 밀접한 연관성이 있는 것으로 보아 큐티클층은 투기성(permeability)이 있는 것으로 보이며, 큐티클층의 두께와 미세구조는 투기성과 관련이 없으나 화학적인 조성과의 관련이 있어 알칸(alkanes)과 수산화 에테르 화합물(hydroxyl esters create steric)은 투기성과 관련되어 왁스층의 형성을 억제한다고 보고하였다. 본 실험에서는 향기가 강한 ‘허니블루’는 큐티클층에 왁스층이 얇거나 매우 적어 투기성이 높고 표피 세포 내에서 합성이 이루어져서 생성된 향기의 발산을 저해하는 정도가 적어 향기가 강하게

Fig. 4. Scanning electron microscope of adaxial epidermal cells of petal in *R. hybrida*. A, E, I, ‘Feel Lip’; B, F, J, ‘Venus Berry’; C, G, K, ‘GR07-135’; D, H, L, ‘Honey Blue’. A-D (x3000); E-H (x500); I-L (x1000).

Fig. 5. Scanning electron microscope (x500) of abaxial epidermal cells of petal in *R. hybrida*. A, ‘Feel Lip’; B, ‘Venus Berry’; C, ‘GR07-135’; D, ‘Honey Blue’.

Table 4. The number and size of epidermal cell in *R. hybrida* petal.

Cultivar and selected line	No. of adaxial epidermal cell (cells/ μm^2)	No. of abaxial epidermal cell (cells/ μm^2)	Height of adaxial epidermal cell (μm)
Feel Lip	0.14 ± 0.02^z	0.21 ± 0.08	31.37 ± 3.36
Venus Berry	0.08 ± 0.01	0.18 ± 0.16	30.72 ± 3.50
GR07-135	0.14 ± 0.03	0.20 ± 0.02	36.15 ± 2.02
Honey Blue	0.22 ± 0.02	0.20 ± 0.03	40.81 ± 1.66

^zMean $\pm$ SE (n = 3).

Fig. 6. Transmission-electron micrographs (x20000) of adaxial epidermal cells of petal in *R. hybrida*. A, E, 'Feel Lip'; B, F, 'Venus Berry'; C, G, 'GR07-135'; D, H, 'Honey Blue'. cu, cuticle; cw, cell wall; s, starch; o, osmiophilic droplets; p, plastid; pla, plastoglobules; v, vacuole; tws, tightly whorled structure.

발산될 가능성이 있다고 보인다.

품종들과 선발계통에 따라 많이 관찰된 세포 소기관들은 향기가 약한 '필립'과 '비너스베리'는 각각 전분립(starch), 오스미움소체(osmiophilic droplets)가, 향기가 중간인 'GR07-135'는 전분립, 색소체(plastid) 및 액포(vacuole)가, 향기가 강한 '허니블루'는 색소체낭(plastoglobule), 색소체 및 액포이다(Figs. 6E to 6H). 장미는 만개 상태인 개화 IV 단계에서 향기함량이 가장 많다고 알려져 있다(Lee et al., 2008; Bergougnoux et al., 2007). 개화정도별 향측면 표피 세포는 개화 II, III 단계에서는 전분 고함유 색소체(starch-rich plastids)를 가지고 있고 개화 IV 단계에서는 색소체낭이 많은 색소체(plastoglobule-rich plastids)를 가지고 있다. 액포는 다른 꽃들의 꽃잎 표피세포에서 관찰된 것(Weston and Pyke, 1999)과 같이 전자불투명 물질(electron-opaque material) 형태로 가변적인 양을 가지고 있다. 전분립의 양은 향기 생성의 능력과 상관관계가 없다(Bergougnoux et al., 2007). Caissard (2004)의 연구결과에서는 향기가 최대로 발산되는 단계에서 단단한 소용돌이 모양 구조(tightly whorled structure)와

색소체낭(plastoglobule)이 관찰되었으며, 스트로마(stroma)에 있는 오일 droplets 혹은 색소체낭(plastoglobules)이 관찰되는 것으로 보아 정유(essential oils)의 합성은 색소체(plastids)에 기인하고, 색소체에서 합성된 향기 등의 2차 대사산물은 액포에서 분리 저장하고 있다고 하였다. 이에 따라 본 실험의 결과에서와 같이 장미 꽃잎의 향측면 표피 세포 내에 색소체, 색소체낭 및 액포가 많음이 향기가 강하게 발산되는 것과 매우 관련이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 향기가 강하게 발산되는 장미 품종은 꽃잎의 향측면 표피세포 내의 색소체에서 DMT 성분과 germacrene-D, nerol, β -citronellol, geraniol 등의 terpene 그룹의 성분이 생성되고 액포에서 분리 저장하여 향을 발산한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 방향성 장미육종과 장미 꽃잎을 산업화에 이용할 때에는 꽃잎의 세포학적 특성에 따라 향기 생성에 관련된 색소체가 많으며, 향기를 분리 저장하는 큰 액포가 많고, 강한 향을 발산하는 향기성분을 많이 발현될 수 있도록 이들 소기관들과 성분생성과 관련된 향기유전자의 발현 효소가 존재하는 품종들을 이용하는 것이 유리할 것으로 보인다.

초 록

장미 꽃의 향기정도에 따른 주요성분과 향기발산 위치를 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 향기정도는 약한 품종(‘필립’과 ‘비너스베리’), 중간 선발계통(‘GR07-135’) 및 강한 품종(‘허니블루’) 3수준으로 구분되었다. 품종과 선발계통 별 주요 향기성분은 ‘필립’은 3,5-dimethoxytoluene (DMT)와 benzene,1,3,5-trimethoxy 성분이었으며, ‘비너스베리’는 megastigma-4,6(Z),8(E)-triene 성분이었고, ‘GR07-135’는 DMT, benzene,1-ethenyl-4-methoxy 및 phenylethylalcohol 성분이었으며, ‘허니블루’는 germacrene-D와 DMT 성분이 있었다. 향측면 표피세포는 원추형의 유두상 돌기 모양이 있었고 배측면 표피세포는 편평한 모양이었다. 3품종과 1선발계통 모두 두꺼운 세포벽이 있었고, ‘허니블루’를 제외한 2품종과 1선발계통은 왁스로 덮인 큐티클층이 있었다. 향측면 표피세포에 ‘필립’은 전분립이, ‘비너스베리’는 오스미움 소체가, ‘GR07-135’는 전분립, 색소체 및 액포가, ‘허니블루’는 색소체, 색소체 및 액포가 있었다. 결과적으로 방향성 장미 꽃 향기의 주요성분은 품종에 따라 달랐으며, 생성과 발산은 유두돌기가 있는 향측면 표피 세포내의 색소체와 액포가 관련되어 있었다.

추가 주요어 : 향측면 표피세포, DMT, 색소체, 액포

인용문헌

Baudino, S., J.C. Caissard, V. Bergougnoux, F. Jullien, J.L. Magnard, G. Scalliet, J.M. Cock, and P. Hugueney. 2007. Production and emission of volatile compounds by petal cells. *Plant Signal Behavior* 2:525-526.

Bent, E. 2007. Fragrance is unpredictable, but breeder undeterred. *Floraculture Intl.* September:32-33.

Bergougnoux, V., J.C. Caissard, F. Jullien, J.L. Magnard, G. Scalliet, J.M. Cock, P. Hugueney, and S. Baudino. 2007. Both the adaxial and abaxial epidermal layers of the rose petal emit volatile scent compounds. *Planta* 226:858-866.

Caissard, J.C., C. Joly, V. Bergougnoux, P. Hugueney, M. Mauriat, and S. Baudino. 2004. Secretion mechanisms of volatile organic compounds in specialized cells of aromatic plants. *Cell Biol.* 2:1-15.

Flament, I., C. Debonneville, and A. Furrer. 1993. Volatile constituents of roses, p. 269-281. In: R. Teranishi, R.G. Buttery, and H. Sugisawa (eds.). *Bioactive volatile compounds from plants*. ACS Symp. Ser. 525. American Chemical Society, Washington, DC.

Giulia, B., N. Monica, A.L. Alexa, and R. Anna. 2006. Development of a headspace-solid phase micro extraction method to monitor change in volatile profile of rose (*Rosa hybrida* cv. David Austin) petals during processing. *J. Chromatogr. A* 1159:190-197.

Guterman, I., M. Shalit, N. Menda, D. Piestun, M. Dafny-Yelin, G. Shalev, E. Bar, O. Davydov, M. Ovadis, M. Emanuel, J. Wang, Z. Adam, E. Pichersky, E. Lewinsohn, D. Zamir, A. Vainstein, and D. Weiss. 2002. Rose scent: Genomics approach to discovering novel floral fragrance-related genes. *Plant Cell* 14:2325-2338.

Joichi, A., K. Yomogida, K.I. Awano, and Y. Ueda. 2005. Volatile components of tea-scented modern roses and ancient Chinese roses. *Flavour Fragr. J.* 20:152-157.

Kim, H.J., K. Kim, N.S. Kim, and D.S. Lee. 2000. Determination of floral fragrance of *Rosa hybrida* using solid-phase trapping-solvent extraction and gas chromatography mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 902:389-404.

Kolosova, N., D. Sherman, D. Karlson, and N. Dudareva. 2001. Cellular and subcellular location of S-adenosyl-L-methionine: benzoic acid carboxyl methyltransferase, the enzyme responsible for biosynthesis of the volatile ester methylbenzoate in snapdragon flowers. *Plant Physiol.* 126:956-964.

Kwon, M.K., J.Y. Ko, and Y.Y. Han. 2004. Analysis of volatile compounds of cultivars, culture method and flowering stage of *Rosa hybrida* by using electronic nose. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(Suppl. I):132. (Abstr.)

Lee, Y.S., S.J. Kim, and K.J. Kim. 2008. Analysis of Volatile compounds according to the flowering stages of rose using gas-chromatography mass. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:501-507.

Lavid, N., J. Wang, M. Shalit, I. Guterman, E. Bar, T. Beuerle, N. Menda, S. Shafir, D. Zamir, Z. Adam, A. Vainstein, D. Weiss, E. Pichersky, and E. Lewinsohn. 2002. O-methyltransferases involved in the biosynthesis of volatile phenolic derivatives in rose petals. *Plant Physiol.* 129:1899-1907.

Magali, C.M., J. Frederic, H. Philippe, and B. Sylvie. 2007. Fragrance heritability in Hybrid Tea roses. *Scientia Hort.* 113:177-181.

Picone, J.M., R.A. Clery, N. Watanabe, H.S. Mac Tavish, and C.G.N. Turnbull. 2004. Rhythmic emission of floral volatiles from *Rosa damascene semperflorens* cv. Quatre Saisons. *Planta* 219:468-478.

Scalliet, G., C. Lionnet, M.L. Behec, L. Dutronc, J.L. Magnaet, S. Baudino, V. Bergougnoux, F. Jullien, P. Chambrier, P. Vergne, C. Dumas, J.M. Cock, and P. Hugueney. 2006. Role of petal specific orcinol O-methyltransferases in the evolution of rose scent. *Plant Physiol.* 140:18-29.

Scalliet, G., N. Journot, F. Jullien, S. Baudino, J.L. Magnaet, S. Channeliere, P. Vergne, C. Dumas, M. Bendahmane, J.M. Cock, and P. Hugueney. 2002. Biosynthesis of the major scent component 3,5-dimethoxytoluene and 1,3,5-trimethoxybenzene by novel rose O-methyltransferases. *FEBS Lett.* 523:113-118.

Stubbs, J.M. and M.J.O. Francis. 1971. Electron microscopical studies of rose petal cells during flower maturation. *Planta Medica* 20:211-218.

Weston, E.L. and K.A. Pyke. 1999. Developmental ultrastructure of cells and plastids in petals Wallflower. *Ann. Bot.* 84:763-769.

Xiang, L., J.A. Milc, N. Pecchioni, and L.Q. Chen. 2007. Genetic aspects of floral fragrance in plants. *Biochem. (Moscow)* 72: 351-358.

Zuker, A., T. Tzfira, and A. Vainstein. 1998. Genetic engineering for cut-flower improvement. *Biotechnol. Adv.* 16:33-79.