

몇 가지 LED가 유채의 종자발아, 초기 생장 및 생리활성에 미치는 영향

조자용, 손동모¹, 김종만², 서범석³, 양승렬⁴, 김병운⁵, 허복구^{6*}

전남도립대학 약선식품가공과, ¹전라남도농업기술원, ²전남도립대학 컴퓨터응용전기과, ³(사)한국온실작물연구소, ⁴순천대학교 식물생산과학부, ⁵목포대학교 원예과학과, ⁶(재)나주시천연염색문화재단

Effects of Various LEDs on the Seed Germination, Growth and Physiological Activities of Rape (*Brassica napus*) Sprout Vegetable

Ja Yong Cho, Dong Mo Son¹, Jong Man Kim², Beom Seok Seo³, Seung Yul Yang⁴,
Byoung Woon Kim⁵ and Buk Gu Heo^{6*}

Dept. of Medicated Diet & Food Technology, Jeonnam Provincial College, Damyang 517-802, Korea

¹Jeonnam Agricultural Research & Extension Services, Naju 520-715, Korea

²Dept. of Computer Applied Electricity, Jeonnam Provincial College, Damyang 517-802, Korea

³Korea Greenhouse Crop Research Institute, Damyang 517-911, Korea

⁴Division of Plant Science and Production, Suncheon Nat'l. Univ., Suncheon 540-742, Korea

⁵Dept. of Horticulture Science, Mokpo Nat'l. Univ., Muan 534-729, Korea

⁶Naju Foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 520-931, Korea

Abstract - All the seeds of rape (*Brassica napus*) sprout vegetables were germinated within three days after seeding irrelevant to the light colors. The total fresh weight of rape sprout vegetables at 6 days after seeding have been increased when grown under green and white color lights by 0.339g/10plants and 0.339g/10plants compared with the control. The total flavonoid contents in rape sprouts were increased under red and blue lights by 72.5 and 70.9mg · L⁻¹. Those DPPH radical scavenging activities at 2,000mg · L⁻¹ were increased by 90.0 and 90.3% which were sprouted and grown under blue and white lights. Nitrite radical scavenging activity of sprouts were most decreased compared with the control when grown under the red light by 57.4mg · L⁻¹. And mushroom tyrosinase inhibition activity of rape sprouts was extremely increased under the green light by 22.5mg · L⁻¹.

Key words - Light quality, Flavonoid, Nitrite radical scavenging activity, Tyrosinase

서 언

참살이를 추구하는 소비자들의 무 농약, 무 호르몬 재배 등 식품안전성과 고기능성 식품의 수요 욕구에 힘입어 최근 새싹 채소의 소비가 크게 증가하고 있다(Choe *et al.*, 2006). 새싹 채소에 이용되는 종류는 국내 · 외 유채, 무, 양배추, 클로버 싹 등 초본성 식물의 종자에서 발생하는 싹을 키워 생육초기의 어린 배추과 자엽을 이용하고 있다(Bae *et al.*, 2008). 이 중 유채는 십자화과 식물로 우리나라 농사 고문헌에 관련 기록이 있으며, 일본 흑종유채(*B. napus*)의 시작이 조선중에서 비롯되었다(Lee *et al.*, 1988). 유채는 세계적으로 5대 유지자원 식물인데 약

40%의 지방과 25~30%의 단백질을 함유하고 있기 때문에 식용유로서 뿐만 아니라 사료 단백질 원으로도 이용되고 있으며, 이와 관련된 많은 연구가 이루어졌다(Kim *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1994). 그러나 최근 수요가 증가하고 있는 새싹과 관련된 연구는 거의 없는 실정이다. 특히 항산화, 항당뇨, 항암, 아질산염 제거, 미백 효능 등 생리활성 효과를 갖는 새싹의 생산방법에 관한 연구는 초기 단계이다(Kim *et al.*, 2004).

한편, 광질은 식물의 생장, 형태 형성, 색소형성 등에 대한 에너지원으로서 뿐만 아니라 조절인자로 작용하므로(Fankhauser and Chory, 1997), 유채의 새싹 재배과정에서도 특성의 광질 조사에 의해 생장을 촉진시키고, 생리활성 물질이 많이 함유된 새싹의 생산도 가능할 것이다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 특정 광질을 쉽게 조사할 수

*교신저자(E-mail) : bukgu@naver.com

있으면서도 수은으로 환경 친화적이며 전력절감이 탁월하고 수명이 긴 장점을 갖고 있는 LED(light emitting diode) 광질 (Hwang *et al.*, 2004)이 유채의 종자 발아, 새싹의 생장 및 기 능성 물질의 함유량에 미치는 영향에 대해 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

종자발아와 새싹의 생장

본 연구는 2007년 11월 초부터 2008년 2월 중순까지 전남도립대학 채소학 실험실에서 수행하였다. 공시재료로 사용한 유채 '한라'는 2007년에 수확한 것으로 종자 크기나 무게가 고른 것을 파종 전에 물에 8시간 동안 침종한 다음 이용하였다.

종자 파종은 페트리접시에 100립씩 4반복으로 치상하였다. 발아율은 종실을 치상 후 1일 간격으로 3일간 조사하였고, 생육은 발아 후 2일 간격으로 3회 조사하여 지상부와 지하부의 생장량을 측정하였다.

LED 처리와 재배온도

Light emitting diode(LED)는 본 연구를 위하여 특별히 제작한 것(금오전기, 부천)으로 광질은 피크가 녹색광은 520nm, 적색광은 632nm, 청색광은 460nm, 흰색은 458nm, 황색광은 596nm였으며, 대조구는 형광등으로 피크가 612nm인 것을 이용하였다. LED 처리조건은 시료의 약 30cm 높이에 광원을 설치하였으며, 광도는 1,500lux, 조광 14시간, 암조건 10시간으로 하였다. 이 때 외부광원은 반사필름을 이용하여 차단하였으며, 온도조건은 생장상을 이용하여 주간 25℃, 야간 18℃로 조절하였다.

시료의 추출

생리활성 조사를 위해 각각의 광조건에서 6일간 재배한 시료를 채취하여 45℃ 열풍건조기에서 24시간 건조한 후 methanol에서 24시간 동안 추출하여 감압농축한 시료를 사용하여 측정하였다.

총플라보노이드 함량

총플라보노이드 함량 측정은 각 시료 0.1g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0ml를 시험관에 취하고 10ml의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1ml를 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma Co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을

구하였다.

전자공여능

전자공여능 측정은 DPPH(α, α -diphenyl- β -picryl-hydrazyl)법을 이용하여 시료의 유리기(radical) 소거효과를 측정하는 Lee 등(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 1×10^{-4} M DPPH와 농도별 추출물을 각각 100 μ l씩 취하여 혼합하고, 30분간 암 상태에서 방치한 후 ELISA Reader (Bio-RAD, USA)를 이용하여 517nm에서 잔존 라디칼 농도를 측정하였다. 시료의 환원력 크기는 라디칼 소거활성(Scavenging activity)으로 표시하였고, RC_{50} 은 DPPH 농도가 1/2로 감소하는데 필요한 시료의 양(μ g)으로 나타내었으며 항산화 물질로 잘 알려진 BHT(butylated hydroxytoluene)와 비교하였다. 즉, "DPPH 라디칼 소거활성(%) = (시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도 - 시료를 첨가한 반응구의 흡광도) / 시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도 \times 100"으로 하였다.

아질산염 소거

아질산염소거 효과는 Gray and Dugan(1975)의 방법을 준하여 다음과 같이 측정하였다. 1mM NaNO₂ 20 μ l에 시료 추출액 40 μ l와 0.1N HCl(pH 1.2)을 140 μ l 사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37℃ 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 μ l, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였는데 그 식은 아질산염 소거율(%) = 1 - (1시간 반응후의 1mM NaNO₂의 흡광도 - 공시험구의 흡광도) / 1NaNO₂의 흡광도 \times 100N(%)으로 하였다.

Tyrosinase 저해 활성

Tyrosinase의 활성 저해에 의한 미백활성 효과는 멜라닌 합성의 key enzyme인 tyrosinase의 작용결과 생성되는 DOPA(Dihydroxyphenylalanine)의 생성물의 흡광도를 흡수분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 이용하여 측정하였다. 기질로서 시험관에 0.1M potassium phosphate buffer (pH 6.8) 0.4ml, 0.03% tyrosine solution 0.4ml, 시료용액 0.1ml의 혼합액에 효소액 0.05ml(100units)를 첨가하여 37℃에서 10분간 반응시킨 후 신속하게 ice에서 5분간 방치하여 반응을 중단시킨다. 이 반응액을 475nm에서 흡수분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정한 후 tyrosinase 효소활성 저해율을 구하였다. 효소활성 저해율은 시험시료가 포함되지 않은 반응액을

Table 1. Germination speed and rate of rape sprouts under the different LED color condition

Day after seeding (day)	Germination speed and rate (%)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
1	4.7 a ^z	2.7 b	0.0 d	2.7 b	1.3 c	2.0 b	2.0 b
2	74.0 b	88.6 ab	92.0 a	92.6 a	78.7 b	89.3 ab	88.6 ab
3	21.3 a	8.7 b	8.0 b	4.7 c	20.0 a	8.7 b	9.4 b
Total	100	100	100	100	100	100	100

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

대조군으로 하였는데 그 식은 tyrosinase 저해활성 (%) = [(시험 시료)가 들어있지 않은 반응액의 반응 후 흡광도 - 시험시료가 들어있는 반응액의 반응 후 흡광도] / 시험 시료가 들어있지 않은 반응액의 반응 후 흡광도] × 100으로 하였다.

결과 및 고찰

발아율 및 발아속도

유채의 종자발아에 미치는 LED 광질의 영향을 조사한 결과 1일째는 모든 처리구에서 4.7% 미만의 발아율을 나타내었다 (Table 1). 2일째는 74.0~92.7%의 발아율을 나타냈는데, 적색광 처리구에서 92.0%로 가장 높았으며, 청색광 처리구에서 74.0%로 가장 낮게 나타났다. 그러나 발아 속도에는 차이가 있어도 종자 파종 3일 째는 모든 처리구에서 100%의 발아율을 나타냈다.

싹과 뿌리의 크기

유채의 새싹 재배시 LED 광질이 줄기 신장에 미치는 영향을 조사한 결과 파종 후 4일째는 적색 및 적색+청색광 처리구에서 각각 1.96cm로 가장 컸다(Table 2). 종자 파종 후 6일째에는 대조구가 2.23cm인데 비해 적색+백색광 처리구 2.17cm를 제외하고는 모두 대조구 보다 큰 것으로 나타났으며, 특히 백색광 처

리구는 2.83cm로 가장 컸다. 따라서 유채의 새싹 생산시 줄기의 신장 촉진 측면에서는 백색광을 처리하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

유채의 새싹 재배시 LED 광질이 뿌리의 생장에 미치는 영향을 조사한 결과 2일째는 청색광 처리구에서 1.4cm로, 4일째는 백색광 처리구에서 1.6cm로 가장 길었다(Table 3). 파종 후 6일째에는 녹색광 처리구가 2.7cm로 가장 길었는데, 식물체 뿌리 정단의 수는 뿌리 끝 성장점에서 합성되는 사이토키닌의 양과 비례한다(Torrey, 1976). 그러므로 광질의 종류와 사이토키닌에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 나타났지만 본 연구에서는 LED 광질이 유채의 새싹 재배시 뿌리에 영향을 미치는 것과 함께 청색광이 뿌리를 길게 하는데 영향을 미친다는 것을 확인한 만큼 생산 시에는 이를 활용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

새싹의 생체중

유채의 새싹 재배시 LED 광질이 새싹의 생체중에 미치는 영향을 조사한 결과 2일째는 녹색광에서 0.136g/10plants로 가장 무거운 것으로 나타났다(Table 4). 파종 후 4일째에는 대조구에서 0.230g/10plants로 가장 무겁게 나타났으며, 파종 후 6일째에는 녹색광에서 0.339g/10plants로 가장 무겁게 나타났다. Okamoto 등(1996)은 적색광은 식물의 광합성에 관여하고, 청색광은 형태적으로 식물체의 건전한 생장에 필연적이라고 하였

Table 2. Shoot height of rape sprouts under the different LED color condition

Day after seeding (day)	Sprout shoot length (cm)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
2	0.55 ab ^z	0.62 a	0.47 b	0.54 ab	0.66 a	0.64 a	0.52 ab
4	1.78 ab	1.67 ab	1.96 a	1.58 b	1.86 a	1.96 a	1.94 a
6	2.29 bc	2.49 ab	2.22 bc	2.83 a	2.47 ab	2.17 c	2.23 bc

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Root length of rape sprouts under the different LED color condition

Day after seeding (day)	Root length (cm)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
2	1.4 a ^z	0.9 c	1.0 bc	1.3 ab	1.10 bc	1.20 ab	1.10 bc
4	1.5 a	1.3 ab	1.1 b	1.6 a	1.50 a	1.30 ab	1.10 b
6	2.7 a	2.1 ab	1.8 b	2.0 ab	1.61 bc	1.62 bc	1.37 c

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Total fresh weight of rape sprouts under the different LED color condition

Day after seeding (day)	Total sprout fresh weight (g/10plants)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
2	0.132 a ^z	0.136 a	0.117 ab	0.113 ab	0.109 b	0.116 ab	0.124 ab
4	0.176 b	0.193 a	0.193 a	0.175 b	0.211 a	0.195 a	0.230 a
6	0.260 b	0.339 a	0.266 b	0.322 a	0.304 ab	0.213 b	0.260 b

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

는데, 본 연구에서는 녹색광과 백색광 처리구에서 상대적으로 무겁게 나타났다. 이는 새싹이 광을 충분히 받고 반응할 만큼 충분한 성장을 하지 못한데도 한 원인이 있는 것으로 추정되었다.

총플라보노이드 함량

플라보노이드는 항산화작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레기, 항균, 항바이러스, 면역증강 작용, 모세혈관 작용 등의 효과가 있다(Park *et al.*, 2008). 그런 측면에서 유채의 새싹 재배시 LED 광질이 새싹의 메탄올 추출물의 플라보노이드 함량에 미치는 영향을 조사한 결과 청색광 처리구에서 72.5mg · L⁻¹로 가장 높게 나타났다(Table 5). 총플라보노이드 함량이 가장 낮은 것은 황색광 처리구로 47.2mg · L⁻¹로 25.3mg · L⁻¹의 차이를 보여 광질이 총플라보노이드 함량에 분명히 영향을 미친 것으로 나타났다. 따라서 총플라보노이드 함량이 높은 유채를 싹기름 재배하려면 청색광을 이용하는 것이 효율적일 것으로 생각된다.

전자공여능

LED 광질을 달리하여 재배한 유채 새싹의 메탄올 추출물의

전자공여능을 조사한 결과 전반적으로 125mg · L⁻¹의 농도에서는 11.7%이하를 나타내었다(Table 6). 500mg · L⁻¹ 이상의 농도에서는 LED 광질 처리구에 따른 차이가 뚜렷해 청색광과 백색광 처리구에서는 각각 46.6 및 46.5%로 다른 광처리구 보다 높은 경향을 보인 반면에 적색광과 황색광 처리구는 각각 34.7 및 36.5%로 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 2,000mg · L⁻¹의 농도에서 백색광 처리구는 90.3%, 청색광 처리구는 90.0%를 나타낸 반면에 황색광 처리구는 85.0%, 적색광 처리구는 85.3%를 나타내었다. 이러한 결과는 최근 산화적 스트레스에 의해 기인한 많은 종류의 질병이 발생되고 있으며, 이와 관련하여 우수한 항산화 활성을 갖는 물질에 대한 탐색연구가 활발히 진행되고 있으며(Yagi, 1987), 항산화 활성이 높은 식물은 대체적으로 항암 효과가 높다(Heo *et al.*, 2007)는 점에서 의미 있는 결과라 할 수 있다. DPPH(α,α -diphenyl- β -picryl-hydrazyl) 농도가 1/2로 감소하는데 필요한 시료의 양을 나타내는 RC₅₀ 또한 백색광에서 610.3mg · L⁻¹로 가장 적은 양을 나타내었다. 따라서 유채 종자를 이용한 싹기름 재배시 항산화 활성이 높은 새싹 생산을 위해서는 백색광 처리를 하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

Table 5. Total flavonoid contents of rape sprouts under the different LED color condition

LED	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
Total phenol compound contents (mg · L ⁻¹)	72.5 a ^z	59.7 b	48.6 c	70.9 a	47.2 c	61.4 b	60.4 b

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 6. DPPH radical scavenging activity of rape sprouts under the different LED color condition

Concentration (mg · L ⁻¹)	DPPH radical scavenging activity (% of control)						
	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
31	2.5 b ^z	2.2 b	2.9 ab	4.2 a	3.6 ab	2.8 b	1.6 c
63	6.3 ab	5.6 b	5.3 b	7.6 a	5.8 b	5.6 b	4.9 c
125	11.7 b	9.5 c	10.1 b	14.4 a	11.3 b	11.3 b	9.3 c
250	25.9 a	22.6 ab	19.7 b	26.8 a	21.3 ab	22.4 ab	20.9 b
500	46.6 a	41.1 ab	34.7 b	46.5 a	36.5 b	41.0 ab	38.2 b
1000	74.2 a	67.1 ab	55.3 c	72.0 a	58.1 c	66.8 b	63.6 b
2000	90.0 a	87.9 ab	85.3 b	90.3 a	85.0 b	88.4 ab	87.4 ab
RC ₅₀ ^y	600.6 c	692.9 ab	871.2 a	610.3 c	819.5 ab	697.0 bc	745.0 b

^zMean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

^yExtract concentrations (mg · L⁻¹), which show 50% activity of DPPH radical scavenging, were determined by interpolation.

아질산염소거

유채의 새싹 재배시 LED 광질이 새싹의 메탄올 추출물 500mg · L⁻¹의 아질산염소거율을 조사한 결과 대조구에서 66.7%로 가장 높았다(Table 7). 가장 낮은 아질산염소거율을 나타낸 처리구는 적색광 처리구로 57.4%를 나타내어 대조구와 13.7%의 차이를 나타냈다. 일반적으로 식품의 가공 및 저장 중에 널리 이용되고 있는 아질산염은 단백질 식품, 의약품 및 잔류 농약 등에 함유되어 2급 및 3급 아민과 반응하여 독성물질로 알려진 nitrosamin을 생성하며, 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액 중의 헤모글로빈이 산화되어 메트로헤모글로빈을 형성하여 각종 질병을 일으키는 것으로 알려져 이에 대한 생성억제 방법이 모색되고 있다(Normington *et al.*, 1986). 그러므로 유채 종자를 이용한 새싹 재배시 아질산염소거율이 높은 것을 생산하고자 할 때는 형광등 아래나 LED를 이용한 백색광 또는 청색광을 이용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

Tyrosinase의 저해활성

LED 광질을 달리하여 재배한 유채 새싹의 메탄올 추출물 2,000mg · L⁻¹이 tyrosinase 활성저해에 미치는 영향을 조사한 결과 22.5%를 나타낸 녹색광 처리구를 제외하고는 모두 14.5% 이하의 저해활성을 나타냈다(Table 8). 보통 색소의 침착, 주근깨 등을 유발하는 멜라닌 색소의 생합성 경로는 tyrosine으로부터 tyrosinase의 효소작용에 의해서 생성되는 dopaquinone 등의 유도체를 경유하여 아미노산 및 단백질과의 중합반응으로 생성된다(Pawelek and Korner, 1982). 그러므로 tyrosinase 활성저해 효과가 높은 것은 미백효과가 높음을 의미하므로 미백 효과가 높은 유채 새싹을 생산하기 위해서는 녹색광을 처리하여 재배하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 보면 LED 광질을 달리하여 유채의 새싹을 재배한 결과 특정의 광질 조사는 특정의 생리활성물질의

함유량에 영향을 미친 만큼 이를 현장에서 적용하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

적 요

유채의 새싹 발아와 생리활성에 효과적인 영향을 미치는 LED 광질 종류를 구명하기 위해 청색, 녹색, 적색, 백색, 황색, 적색+청색광을 발광 14시간, 암조건 10시간, 주간 25℃, 야간 18℃로 조절하여 종자 발아와 새싹을 생장을 시켰다. 생리활성 조사는 새싹을 메탄올로 추출한 것을 이용하여 실시하였다. 종자 발아율과 발아속도는 광질에 관계없이 3일 만에 100% 발아되었다. 파종 후 6일째의 신선중은 녹색광과 백색광에서 각각 0.339g/10plants 및 0.339g/10plants로 높았다. 새싹의 총플라보노이드 함량은 적색광과 백색광 처리구에서 각각 72.5 및 70.9mg · L⁻¹로 많았다. 전자공여능은 추출물 2,000mg · L⁻¹일 때 청색광과 백색광 처리구에서 각각 90.0 및 90.3%로 높았다. 아질산염 소거능은 적색광 처리구에서 57.4mg · L⁻¹로 가장 낮게 나타났다. Tyrosinase 저해 활성은 녹색광 처리구에서 22.5mg · L⁻¹로 가장 많이 나타났다.

사 사

이 연구는 농림식품부 농림기술개발연구과제 지원(107016-02-1-SB010)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

인용문헌

Bae, J.H., J.Y. Cho, B.W. Kim, H.G. Jang and B.G. Heo. 2008. Effects of storage humidity on the sprout growth of mulberry cut twigs. *J. Bio-Environment Control*. 17: 20-25(in Korean).

Table 7. Nitrite radical scavenging activity of rape sprouts under the different LED color condition

LED	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
Nitrite radical scavenging activity (% of control, in 500mg · L ⁻¹)	64.4 a [*]	61.0 ab	57.4 b	65.3 a	60.6 ab	64.7 a	66.7 a

^{*}Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 8. Mushroom tyrosinase inhibition activity of rape sprouts under the different LED color condition

LED	Blue	Green	Red	White	Yellow	Red+Blue	Control
Mushroom tyrosinase inhibition activity (% of control, in 2,000mg · L ⁻¹)	14.5 b [*]	22.5 a	2.6 e	10.4 c	2.6 e	6.1 d	12.2 bc

^{*}Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

- Choe, J.S., S.O. Kwon, Y.H. Park and H.K. Chun. 2006. Producers' perceptions of agricultural food safety and policy. *Kor. J. Community Living Sci.* 17(3): 55-65(in Korean).
- Fankhauser, C. and J. Chory. 1997. Light control of plant development. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 13: 203-229.
- Gray, J. and J.L.R. Dugan. 1975. Inhibition of N-Nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* 40: 981-985.
- Heo, B.G., Y.S. Park, S.U. Chon, S.Y. Cho and S. Gorinstein. 2007. Antioxidant activity and cytotoxicity of methanol extracts from aerial parts of Korean salad plants. *BioFactors* 30: 79-89.
- Hwang, M.K., C.S. Huh and Y.J. Seo. 2004. Optic characteristics comparison and analysis of SMD type Y/G/W HB LED. *J. Killee.* 18(4): 15-21(in Korean).
- Kim, I.S., T.B. Kwon and S.K. Oh. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 20: 188-193(in Korean).
- Kim, M.J., S.Y. Cho, M.K. Lee and K.H. Shin. 2008. Effects of *Aralia elata* water extracts on activities of hepatic oxygen free radical generating and scavenging enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 653-658(in Korean).
- Lee, J.I., J.K. Bang, C.H. Park and Y.H. Park. 1988. Relationship between Weoldongcho and cultivated rapeseed and its introduction to Korea. *Kor. J. Breed.* 20: 231-235(in Korean).
- Lee, J.T., S.H. Yun, M.E. Park and J.I. Yun. 1994. Estimation of growth development stages and development rate in rape plant by air temperature and daylength. *Kor. J. Environ. Agric.* 13: 47-59(in Korean).
- Lee, S.J., D.W. Park, H.G. Jang, C.Y. Kim, Y.S. Park, T.C. Kim and B.G. Heo. 2006. Total phenol content, electron donating ability, and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24: 338-341(in Korean).
- Normington, K.W., I. Baker, M. Molina, J.S. Wishnok, S.R. Tannenbaum and S. Puju. 1986. Characterization of a nitrite scavenger 3-hydroxy-2-pyrone, from chinese wild plum juice. *J. Agric Food Chem.* 34: 215-221.
- Okamoto, K., T. Yanagi, S. Takita, M. Tanaka, T. Higuchi, Y. Ushida and H. Watanabe. 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. *Acta Hort.* 440: 111-116.
- Park, Y.S., S.T. Jung, S.G. Kang, B.G. Heo, P. Arancibia-Avila, F. Toledo, J. Drzewiecki, J. Namiesnik and S. Gorinstein. 2008. Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. *Food Chemistry.* 107: 640-648.
- Pawelek, J.M. and A.M. Komer. 1982. The biosynthesis of mammalian melanin. *Amer. Sci.* 70: 136-141.
- Torry, J.G. 1976. Root hormones and plant growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27: 435-459.
- Yagi, K. 1987. Lipid peroxides and human disease. *Chem. Phy. Lipids* 45: 337-341.

(접수일 2008. 5. 6; 수락일 2008. 6. 18)