

METODE ADAPTASI TANAMAN SAMBUNG NYAWA TERHADAP CAHAYA-UV UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI FLAVONOID

Winarso D. Widodo^{1)*}, Ani Kurniawati¹⁾, Edi Djauhari P²⁾

ABSTRACT

ADAPTATION METHOD OF SAMBUNG NYAWA PLANT TO UV-LIGHT FOR INCREASING FLAVONOID PRODUCTION

The research was objected to study the effects of irradiation of UV-types and irradiation periods on the agronomical characters, physiology and biochemistry response of *Sambung Nyawa* in the first year. The second year experiment was objected to optimalize of first year results to increase the flavonoid content of *Sambung Nyawa* plant by fertilizer treatments. Type of UV affected the plant growth, plant biomass, cinnamic acid content and PAL activity, while irradiation period affected plant growth and biomass. The combination treatment of UV-type and irradiation period increased plant growth, plant biomass, leaf protein and cinnamic acid content. There were no significant effects of fertilizers on UV-exposed plant in biochemical properties of *Sambung Nyawa* plant and cinnamic acid production.

Keywords: flavonoids, cinnamic acid, PAL activities, *Sambung Nyawa*, UV irradiations

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh paparan tipe dan periode pemaparan radiasi UV pada karakter agronomi, tanggap fisiologi dan biokimia tanaman Sambung Nyawa pada tahun pertama. Penelitian pada tahun kedua bertujuan untuk optimalisasi produksi flavonoid berdasarkan hasil paparan UV pada tahun pertama dan ditambah dengan perlakuan pemupukan. Tipe UV mempengaruhi pertumbuhan, produksi biomassa, kandungan cinnamic acid dan aktivitas PAL, lamanya pemaparan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi biomassa. Kombinasi perlakuan tipe UV dan lamanya pemaparan meningkatkan pertumbuhan, biomassa, kandungan protein daun dan kandungan cinnamic acid. Tidak ada pengaruh nyata dari pemupukan pada tanaman dengan paparan UV pada biokimia tanaman Sambung Nyawa dan produksi cinnamic acid.

Kata kunci: aktivitas PAL, cinnamic acid, flavonoid, paparan UV, Sambung Nyawa

PENDAHULUAN

Selama 50 tahun terakhir konsentrasi ozon atmosfer menurun sebesar 5%, yang disebabkan oleh polutan *anthropogenic* seperti *chlorofluorocarbons* sehingga intensitas spektrum UV yang sampai ke bumi semakin tinggi yang dapat berakibat serius pada semua organisme di

bumi (Frohnmeier, Staiger 2003). Kenaikan tingkat radiasi sinar UV di permukaan bumi menyebabkan cekaman lingkungan bagi ekosistem pertanian yang berdampak pada pertumbuhan, morfologi, fisiologi, biokimia, dan anatomi tanaman (Liu *et al.* 2004; Turtola *et al.* 2005). Cekaman ini mengakibatkan pengurangan pertumbuhan tanaman karena kerusakan apparatus fotosintesis, kerusakan DNA, perubahan kandungan protein, dan aktivitas enzim (Teiz, Zeiger 1991; Dey, Harborne 1997).

Mekanisme proteksi yang umum untuk beradaptasi terhadap iradiasi UV adalah mensintesis senyawa yang mengabsorbsi radiasi tersebut. Senyawa sekunder yang menyerap sinar UV adalah fenol, *flavonoid*, *hydroxycyn-namate ester* yang diakumulasi dalam vakuola sel *epidermal* (Dey, Harborne 1997; Frohnmeier, Staiger 2003). Intensitas cekaman, periode paparan cekaman, fase pertumbuhan terpapar cekaman, dan kemampuan tanaman untuk memulihkan diri akan menentukan kemampuan adaptasi tanaman terhadap cekaman (Haryadi, Yahya 1988).

Beberapa studi menunjukkan bahwa pengaruh UV berbeda pada tanaman dan di antara kultivar dari suatu spesies. Rathore *et al.* (2003) melaporkan bahwa tanaman gandum yang dipapar dengan radiasi UV-B menurunkan kadar klorofil total, klorofil a dan b, dan kadar karotenoid, biomassa dan hasil panen serta kadar flavonoid. Gandum yang mendapat air dan hara cukup dapat mengatasi atau melindungi diri dari kerusakan fisiologis dengan mengurangi degradasi pigmen fotosintesis dan meningkatkan akumulasi senyawa penyerap UV, yaitu flavonoid dan antosianin. Pada spesies conifer, peningkatan UV-B tidak memengaruhi pertumbuhan, sebaliknya pada spesies *willows*. Conifer lebih toleran karena mempunyai lapisan lilin pada kutikula yang lebih tebal, luas area daun kecil, dan mempunyai senyawa penyerap UV-B per luas daun yang

¹⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB Kampus IPB Darmaga

²⁾ Departemen Biokimia, FMIPA,IPB; Kampus IPB Darmaga

* Penulis korespondensi: (+62251) 8429346/ pes 6803

tinggi dibandingkan willow dan terdapat flavonols glikosida pada daun conifer (Turtola *et al.* 2005). Respons penekanan pertumbuhan juga terjadi pada *Avena fatua* dan *Setaria viridis* yang dipapar UV-B (Zuk-Golaszewska *et al.* 2003), juga tanaman kapas (*Gossypium hirsutum L.*) yang dipapar UV-B dari berkecambah hingga panen pada 0,8 atau $16\text{kJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ mengalami perubahan tinggi tanaman, panjang ruas dan panjang cabang, jumlah buku pada batang utama, luas daun, panjang dan area petal dan jumlah anther per bunga. Selain itu, juga terjadi perubahan pada densitas sel epidermal dan stomata, indeks stomata, ketebalan daun, tebal palisade dan mesofil (Kakani *et al.* 2003) dan menurunkan hasil kapas hingga 72% (Gao *et al.* 2003). Pada enam genotype kedelai yang dipapar pada empat level radiasi UV-B, yaitu 0 (kontrol), 5, 10 dan $15\text{kJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, terjadi reduksi panjang bunga, petal, *staminal column* dengan mengurangi produksi pollen, perkecambahan pollan dan pertumbuhan.

Tanaman mempunyai dua strategi utama untuk resistensi terhadap radiasi UV-B. Pertama, adalah mekanisme perbaikan, sebagai contoh adalah perbaikan kerusakan DNA dengan perbaikan eksisi (*excision repair*), atau perbaikan *pyrimidine dimmers*, dan *photoproduct* DNA lainnya oleh enzim tertentu seperti *photoliase* yang diaktifkan oleh UV-A dan PAR. Kedua, adalah mekanisme penghindaran, yaitu menyaring atau menapis UV-B di jaringan epidermal untuk melindungi jaringan mesofil dengan mengakumualsi senyawa penyerap UV dalam vakuola dan atau dinding sel epidermis (Buchard 2000). Kemampuan tanaman untuk pemulihan atau kemampuan pertahanan akan sangat bergantung antara lain pada ketersediaan faktor tumbuh, misalnya ketersediaan hara. Keseimbangan antara kerusakan yang ditimbulkan radiasi sinar UV dan manfaat yang ditimbulkan karena peningkatan kandungan flavonoid akan berguna sebagai metode untuk memproduksi flavonoid. Flavonoid adalah senyawa yang memberikan banyak manfaat bagi kesehatan. Tanaman sambung nyawa merupakan tanaman obat yang telah banyak dilaporkan manfaatnya dan penggunaannya bagi kesehatan di Indonesia ditentukan oleh kandungan flavonoidnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan penjelasan tentang metode adaptasi tanaman sambung nyawa terhadap radiasi UV secara fisiologi, biokimia, anatomi; mengetahui keterkaitan aktivitas enzim dengan produksi flavonoid daun sambung nyawa akibat induksi UV dan selanjutnya mempelajari peran hara dalam produksi flavonoid sambung nyawa pada keadaan tercekam UV.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan IPB Sawah Baru, Darmaga Bogor. Penelitian dimulai Juli 2007 hingga Nov 2008. Analisis kandungan flavonoid dan pigmen daun dilakukan di laboratorium RGCI, Institut Pertanian Bogor, analisis hara tanah dan jaringan daun dilakukan di Lab. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya

Lahan, pengamatan anatomi daun dilakukan Laboratorium Ekofisiologi, Departemen Agronomi dan Hortikultura. Bahan penelitian adalah bibit sambung nyawa asal setek pucuk berumur 4 minggu, media tanam tanah dan kompos (1:1). Bahan kimia yang digunakan adalah bahan-bahan kimia untuk analisis klorofil, aktivitas enzim PAL dan kadar flavonoid. Peralatan yang digunakan adalah peralatan tanam, struktur bangunan tanaman dengan atap dan sisisinya dari *polycarbonate*, lampu UV sesuai perlakuan (UV-A dan UV-C).

Percobangan menggunakan rancangan kelompok petak tersarang (*nested design*) dengan dua faktor dan tiga ulang-an. Faktor pertama adalah jenis UV, yaitu UV-ambient, tanpa UV, UV-A, dan UV-C. Faktor kedua adalah lama pe-maparan, yaitu 3, 6, dan 9 jam per hari. Peubah yang di-amati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah stomata dan trikoma daun, bobot panen basah dan kering, kadar pigmen (klorofil a, b, dan antosianin), kadar flavonoid dan aktivitas enzim PAL.

Metode penelitian adalah Rancangan Tersarang (*Nested*) dengan tiga ulangan. Sebagai petak utama Radiasi UV menggunakan dua taraf, yaitu UV-B dan non UV-B, jenis pupuk sebagai anak petak menggunakan enam taraf, yaitu 2g urea per polybag (P1), 2g SP-36 per polybag (P2), 1g KCl per polybag (P3), 2g Urea per polybag+2g SP-36 per polybag (P4), 2g Urea per polybag+1g KCl per polybag (P5), 2g SP-36 per polybag+1g KCl per polybag (P6), 2g Urea per polybag+2g SP-36 per polybag+1g KCl per polybag (P7), dan tanpa pemupukan (P8). Peubah yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah stomata dan trikoma daun, analisis hara tanah dan jaringan daun, bobot panen basah dan kering, kadar pigmen (klorofil a, b, dan antosianin), kadar flavonoid, aktivitas enzim PAL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons Pertumbuhan, Produksi, dan Kadar Flavonoid Tanaman Sambung Nyawa terhadap Jenis UV dan Lama Paparan

Interaksi antara jenis radiasi UV dan lama penirinan mempengaruhi tinggi tanaman (Tabel 1). Pertambahan tinggi tanaman terbesar dihasilkan jika tanaman dipapar dengan UV-C selama 6 jam per hari, yang tidak berbeda nyata dari tanaman tanpa paparan UV selama 6 jam. Respon ini sangat berbeda dari laporan penelitian sebelumnya yang umumnya paparan dengan UV-C dan lamanya waktu paparan menekan pertumbuhan tinggi (Zuk-Golaszewska *et al.* 2003).

Interaksi jenis radiasi UV dan lama penirinan mempengaruhi pertambahan daun per minggu (Tabel 2). Radiasi UV-C selama 6 dan 3 jam mengakibatkan per-tambahan daun per minggu negatif yang berarti tidak terjadi pertumbuhan, bahkan terjadi kerontokan atau kematian daun. Paparan UV-A selama 9 jam per hari menghasilkan peningkatan jumlah daun tertinggi, walaupun tidak berbeda

nyata dari paparan UV-Ambient selama 3, 6, dan 9 jam per hari.

Tabel 1 Rata-rata Pertambahan Tinggi Tanaman Per Minggu pada Berbagai Jenis Radiasi Ultraviolet dan Lama Penyinaran

Lama Penyinaran	Radiasi			
	UV-A	UV-C	Non-UV	UVambient
3 jam	3,58 ^{bc}	2,03 ^{cd}	2,03 ^{cd}	2,58 ^{cd}
6 jam	2,67 ^{cd}	6,58 ^a	6,58 ^a	2,20 ^{ce}
9 jam	2,74 ^{cd}	5,48 ^{ab}	5,48 ^{ab}	1,55 ^{cde}

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Tabel 2 Interaksi Jenis Radiasi Ultraviolet dan Lama Penyinaran terhadap Rata-rata Pertambahan Daun Tanaman Per Minggu

Lama penyinaran	Radiasi			
	UV-A	UV-C	Non-UV	UV- Ambient
3 jam	6,66 ^{cd}	8,88 ^{bcd}	6,25 ^{cd}	18,99 ^{ab}
6 jam	1,13 ^{de}	-8,31 ^e	9,94 ^{bcd}	17,46 ^{abc}
9 jam	24,50 ^a	0,59 ^f	4,91 ^d	17,36 ^{abc}

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Pertambahan cabang per minggu dipengaruhi oleh interaksi jenis dan lama paparan UV. Pertambahan cabang tertinggi ditemukan jika tanaman dipapar UV-C selama 6 jam meskipun tidak berbeda nyata dari paparan UV-A 6 jam (Tabel 3). Induksi percabangan merupakan salah satu adaptasi tanaman terhadap UV (Frohnmyer, Staiger 2003).

Tabel 3 Interaksi Jenis Radiasi Ultraviolet dan Lama Penyinaran terhadap Rata-rata Pertambahan Cabang Tanaman Per Minggu

Lama Penyinaran	Radiasi			
	UV-A	UV-C	Non-UV	UV- Ambient
3 jam	1,47 ^{df}	1,09 ^{df}	0,34 ^{gf}	3,38 ^{abc}
6 jam	4,00 ^{ab}	4,56 ^a	3,03 ^{bcd}	2,00 ^{de}
9 jam	3,59 ^{abc}	-0,22 ^{gh}	1,59 ^{df}	2,38 ^{def}

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Bobot basah dan kering panen tertinggi dicapai pada penyinaran dengan UV-A , diikuti UV ambient, non UV dan UV-C. Lama penyinaran 3 jam per hari menghasilkan bobot panen tertinggi (Tabel 4). Efek penekanan pertumbuhan dan pengurangan hasil terhadap akibat radiasi UV-B dan UV-C telah dilaporkan sebelumnya pada kapas (Gao *et al.* 2003).

Bobot kering panen dipengaruhi oleh jenis radiasi dan lamanya waktu penyinaran. Penyinaran. Radiasi dengan UV-A 3 jam menghasilkan bobot panen kering tertinggi jika dibandingkan dengan dengan perlakuan lainnya. Penyinaran dengan UV-C 9 jam atau tanpa UV selama 9 jam menghasilkan bobot panen kering terendah (Tabel 5).

Tabel 4 Pengaruh Jenis Radiasi Ultraviolet dan Lama Penyinaran terhadap Bobot Basah dan Bobot Kering Panenan dan Kadar Air Daun

Perlakuan	Bobot basah panenan	Bobot kering panenan	Kadar air
Jenis Radiasi:			
UV-A	55,86 ^a	3,75 ^a	91,19
UV-C	11,08 ^c	0,95 ^c	91,35
Non-UV	38,46 ^b	2,78 ^b	90,43
UV-Ambient	44,61 ^b	3,11 ^b	90,94
Lama penyinaran:			
3 jam	37,04 ^a	2,64 ^a	90,98
6 jam	31,48 ^b	2,14 ^b	91,20
9 jam	23,87 ^c	1,79 ^c	88,20

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Tabel 5 Interaksi Jenis Radiasi Ultraviolet dan Lama Penyinaran terhadap Bobot Kering Tanaman

Lama Penyinaran	Radiasi			
	UV-A	UV-C	Non-UV	UVambient
3 jam	4,81 ^a	3,34 ^{bc}	3,34 ^{bc}	3,27 ^{bc}
6 jam	3,63 ^b	2,71 ^{cd}	2,71 ^{cd}	2,93 ^{bcd}
9 jam	2,79 ^{bcd}	2,30 ^d	2,30 ^d	3,14 ^{bc}

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%.

Jenis UV mempengaruhi apparatus fotosintesis, yaitu klorofil a dan klorofil total. Kandungan klorofil yang terpapar UV ambien dan non-UV mengandung konsentrasi klorofil a dan total tertinggi, namun tidak berbeda nyata dengan UV-A dan UV-C (Tabel 6). Kerusakan apparatus fotosintesis juga merupakan salah satu pengaruh radiasi UV yang tingkat pengaruhnya sangat ditentukan dosis radiasi dan fase pertumbuhannya. Daun yang lebih tua umumnya lebih tahan terhadap radiasi karena kandungan senyawa penyerap UV yang lebih tinggi (Krause 1999).

Aktivitas enzim PAL dan kandungan *cinnamic acid* meningkat secara nyata pada perlakuan UV-C. Hal ini sesuai dengan laporan penelitian sebelumnya bahwa aktivitas pembentukan senyawa penyerap UV akan meningkat dengan adanya paparan UV. Peningkatan waktu paparan dari 3 menjadi 6 jam juga meningkatkan aktivitas biosintesis senyawa penyerap UV. Peningkatan paparan menjadi 9 jam menurunkan aktivitas biosintesis, yang duga terkait dengan kerusakan protein sebagai *precursor*

lintasan *phenylpropanoid*. Kandungan flavonoid tidak dipengaruhi nyata oleh jenis UV maupun lamanya waktu penyinaran (Tabel 7).

Tabel 6 Pengaruh Jenis Radiasi dalam Lama Penyinaran Terhadap Pigmen Daun

Perlakuan	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil Total	Antosianin
Jenis Radiasi:				
UV-A	2,97 ^{ab}	1,35	4,32 ^{ab}	1,12
UV-C	3,02 ^{ab}	1,42	4,43 ^{ab}	1,13
Non-UV	3,63 ^a	1,65	5,28 ^a	1,20
UV-Ambient	3,16 ^a	1,33	4,49 ^{ab}	1,01
Lama Penyinaran:				
3 jam	3,21	1,48	4,69	1,14
6 jam	2,84	1,26	4,10	1,05
9 jam	2,95	1,35	4,30	1,13

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%.

Tabel 7 Kandungan Protein, Cinnamic Acid, Aktivitas Enzim PAL Dan Kandungan Flavonoid Pada Tanaman Sambung Nyawa yang di Papar Berbagai Jenis Radiasi dan Lama Penyinaran

Perlakuan	Protein	Cinamic	PAL	Flavonoid/cm ² /luas
Jenis Radiasi:				
UV-A	0,775 ^b	4,222	0,00967 ^d	5,559 ^b
UV-C	0,801 ^b	7,669	0,00956 ^a	9,846 ^a
Non-UV	0,961 ^a	4,578	0,01100 ^c	4,820 ^b
UV-Ambient	0,782 ^b	4,462	0,00989 ^{cd}	6,020 ^b
Lama Penyinaran:				
3 jam	0,805	1,48	0,00993 ^a	7,364
6 jam	0,862	1,26	0,00960 ^a	7,148
9 jam	0,805	1,35	0,01007 ^b	6,604

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Pengaruh Radiasi Ultraviolet dan Pemupukan Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Flavonoid Daun Sambung Nyawa [*Gynura Procumbens (L) Merr*]

Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Cabang

Radiasi UV-Ambient pada tanaman sambung nyawa meningkatkan tinggi tanaman per minggu dibandingkan dengan UV-C (Tabel 1). Tanaman yang mendapat paparan radiasi UV-C menunjukkan perubahan warna menjadi kecokelatan terutama yang terpapar langsung UV-C, yaitu daun bagian atas. Pertumbuhan pucuk sedikit demi sedikit terhambat sehingga pertumbuhan tinggi tanaman menjadi sangat lambat. Pada *Avena sativa* dan *Setaria viridis* paparan

terhadap UV-B pada berbagai dosis menyebabkan perubahan morfologi tanaman, yaitu menurunkan tinggi tanaman; pucuk dan akar (Zuk-Golaszewska *et al.* 2003). Hal yang sama terjadi pada tanaman kapas (*Gossypium hirsutum L.*) yang dipapar UV-B menurunkan parameter vegetative dan reproduktif sehingga menghasilkan kanopi yang lebih kecil, suatu indikasi sensitivitas kapas terhadap UV-B (Kakani *et al.* 2003).

Pengaruh kombinasi pemupukan hara tidak menunjukkan perbedaan tinggi tanaman yang nyata dibandingkan tanaman kontrol (tanpa pemupukan), kecuali pada tanaman

Tabel 8 Rata-rata Pertambahan Pertumbuhan Tanaman Per Minggu

Perlakuan	Δ Tinggi (cm)	Δ Daun (daun/tan)	Δ Cabang (cabang/tan)
Radiasi:			
UV-C	1,610 ^b	19,453 ^b	2,841
UV Ambient	2,262 ^a	30,664 ^a	2,959
Pemupukan (per polybag):			
1g N	1,815 ^{ab}	26,927	3,396 ^a
0,8g P	2,068 ^a	26,657	2,729 ^{ab}
0,4g K	2,026 ^a	21,907	2,198 ^b
1g N + 0,8g P	1,980 ^{ab}	27,854	3,469 ^a
1g N + 0,4g K	1,921 ^{ab}	22,709	3,146 ^{ab}
0,8g P + 0,4g K	1,421 ^b	25,177	2,813 ^{ab}
1g N + 0,8g P + 0,4g K	1,998 ^{ab}	27,802	3,292 ^a
Tanpa pemupukan	2,260 ^a	21,438	2,157 ^b

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji BNJ/ Tukey 5%

yang hanya dipupuk P dan K. Pemupukan dengan kombinasi N dan K menurunkan tinggi tanaman secara nyata dibandingkan dengan kontrol maupun kombinasi pemupukan hara lainnya. Diduga kuat bahwa peranan hara N sangat diperlukan untuk pertumbuhan tinggi tanaman sambung nyawa. Hal ini sesuai dengan peran hara N yang memacu pertumbuhan vegetatif tanaman.

Efek penekanan pertumbuhan vegetatif dari radiasi UV-C tidak terlihat pada pembentukan percabangan tanaman sambung nyawa. Rata-rata pertambahan cabang/ minggu hanya dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan pemupukan.

Pemberian hara tunggal N, kombinasi N dan P, dan kombinasi hara makro lengkap N, P dan K mampu meningkatkan pertumbuhan cabang yang lebih besar secara signifikan dibandingkan tanaman kontrol (Tabel 8).

Interaksi antara radiasi ultraviolet dan pemupukan juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman per minggu (Tabel 9). Tanaman tertinggi diperoleh dari paparan dengan UV ambient dan tanpa dipupuk. Pemupukan dengan hara tunggal N, P, K dan kombinasi N dan P tidak berbeda nyata dari tanaman tanpa pemupukan. Apabila tanaman sambung nyawa dipapar dengan UV-C maka pemupukan dengan hara tunggal maupun kombinasinya tidak memberikan pengaruh yang

berbeda dengan tanaman tanpa pemupukan pada pertumbuhan tinggi.

Pertambahan jumlah daun per minggu hanya dipengaruhi oleh paparan radiasi ultraviolet. Efek penekan pertumbuhan vegetatif dari radiasi UV-C ditunjukkan oleh penurunan tinggi tanaman secara nyata dibandingkan dengan UV ambient. Penekanan pertambahan daun mencapai 60% dibandingkan dengan UV *ambient* (Tabel 1).

Tabel 9 Rata-rata Interaksi Radiasi Ultraviolet dan Pemupukan terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Per Minggu

Pemupukan (per polybag)	Radiasi	
	UV-C	UV-Ambient
	cm	
1g N	1,390 ^{c,d}	2,240 ^{a,b,c}
0,8g P	1,886 ^{b,c,d}	2,250 ^{a,b,c}
0,4g K	1,729 ^{b,c,d}	2,323 ^{a,b}
1g N + 0,8g P	1,652 ^{b,c,d}	2,308 ^{a,b}
1g N + 0,4g K	2,042 ^{b,c}	1,800 ^{b,c,d}
0,8g P + 0,4g K	1,079 ^d	1,763 ^{b,c,d}
1g N + 0,8g P + 0,4g K	1,694 ^{b,c,d}	2,302 ^{a,b,c}
Tanpa pemupukan	1,411 ^{b,c,d}	3,108 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%

Luas Daun

Radiasi UV-C menurunkan luasan daun secara nyata. Suatu ulasan tentang pengaruh UV melaporkan bahwa radiasi UV mempengaruhi morfogenesis tanaman, di antaranya pengurangan luas daun, peningkatan tebal daun, pemendekan ruas, dan menginduksi percabangan (Frohn-meyer, Staiger 2003). Namun dilaporkan pula bahwa toleransi tanaman terhadap radiasi UV juga bergantung pada *ecotype* tanaman. Tanaman yang tumbuh pada lokasi yang terpapar UV tinggi, misalnya pada lokasi dengan *altitude* tinggi, akan mempunyai toleransi yang lebih baik dibandingkan dengan pada lokasi yang terpapar UV rendah. Selain itu, lama waktu ekspose dan dosis radiasi juga mempengaruhi repon tanaman terhadap UV.

Jumlah Stomata dan Trikoma

Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi UV mempengaruhi jumlah stomata dan trikoma daun. Jumlah stomata dan trikoma paling banyak terdapat pada tanaman dengan perlakuan UV *ambient* yaitu 24,94 stomata dan 41,94 trikoma. Nogue's *et al.* (1988) menyimpulkan dari hasil penelitiannya tentang pengaruh radiasi UV-B pada penutupan stomata bahwa terdapat pengaruh langsung dari radiasi UV-B pada stomata yang mengakibatkan perubahan fotosintesis mesofil daun. Dosis radiasi UV-B mempengaruhi konduktans stomata *conductance* permukaan

daun. Semakin tinggi dosis radiasi UV-B akan menurunkan konduktans stomata baik pada permukaan atas maupun permukaan bawah daun. Sebaliknya pada dosis lebih rendah hanya menurunkan jumlah stomata bagian permukaan atas daun saja.

Pemupukan juga berpengaruh pada jumlah stomata dan trikoma daun. Tanaman dengan perlakuan 0,8g P+0,4g K per polybag memiliki jumlah stomata paling sedikit yaitu 32,25, jumlah trikoma paling banyak, yaitu 53,25, terdapat pada tanaman dengan perlakuan 0,8g P. Hal ini dapat diperhatikan pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10 Luas Daun dan Anatomi Daun Pengaruh Radiasiultraviolet dan Pemupukan

Perlakuan	Luas daun	Stomata	Trikoma
Radiasi:			
UV-C	200,29 ^b	20,56 ^b	31,44 ^b
UV Ambient	255,43 ^a	24,94 ^a	41,94 ^a
Pemupukan (per polybag):			
1g N	251,08	22,75 ^{a,b}	33,00 ^b
0,8g P	185,06	24,50 ^{a,b}	53,25 ^a
0,4g K	223,58	16,00 ^b	34,00 ^b
1g N + 0,8g P	204,85	21,00 ^b	32,25 ^b
1g N + 0,4g K	246,00	25,50 ^{a,b}	38,75 ^b
0,8g P + 0,4g K	204,44	32,25 ^a	38,25 ^b
1g N + 0,8g P + 0,4g K	279,11	20,25 ^b	32,25 ^b
Tanpa pemupukan	228,77	19,75 ^b	31,75 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji BNJ/ Tukey 5%

Interaksi antara radiasi ultraviolet dan pemupukan memberikan pengaruh yang nyata pada jumlah stomata daun. Tanaman dengan pemupukan 0,8g P+0,4g K dan dipaparkan dengan UV-C menghasilkan jumlah stomata yang paling banyak yaitu 35,50, pemupukan 1g N dan dipaparkan UV-C menghasilkan jumlah stomata paling rendah, yaitu 12,50. Interaksi antara UV-C dan pemupukan 1g N, jumlah trikoma paling banyak (55,00), perlakuan UV-C dan 1g N menghasilkan jumlah trikoma yang rendah (18,00) (Tabel 10).

Kadar Air dan Bobot Panenan

Pemupukan mempengaruhi kadar air daun hasil panenan. Tanaman yang hanya dipupuk dengan hara tunggal K 0,4g mengakibatkan penurunan kadar air panen secara nyata dibandingkan dengan tanaman kontrol dan merupakan kadar air panen terendah yaitu 92,29%. Tanaman tanpa pemupukan memiliki kadar air yang yang paling tinggi (92,99%) meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dari kadar air pada pemupukan 1g N+0,8g P+0,4g K dan 1g N+0,8g P (Tabel 11).

Produksi biomassa, yaitu bobot basah dan bobot kering hasil panen sambung nyawa menurun sebagai akibat perlakuan radiasi UV-C dibandingkan tanaman yang terpapar UV ambient. Penurunan bobot panen sambung nyawa terkait erat dengan penurunan laju pertumbuhan da-

Tabel 11 Struktur Anatomi Daun Pengaruh Radiasi Ultraviolet dan Pemupukan

Pemupukan (per polybag)	Radiasi	
	UV-C	UV-Ambient
	Jumlah stomata	
1g N	12,50 ^d	33,00 ^{ab}
0,8g P	22,00 ^{abcd}	27,00 ^{abcd}
0,4g K	13,50 ^{cd}	18,50 ^{bcd}
1g N + 0,8g P	18,00 ^{bcd}	24,00 ^{abcd}
1 g N + 0,4g K	29,50 ^{abc}	21,50 ^{abcd}
0,8 g P + 0,4g K	35,50	29,00 ^{abc}
1g N + 0,8g P + 0,4g K	16,50 ^{cd}	24,00 ^{abcd}
Tanpa pemupukan	17,00 ^{bcd}	22,50 ^{abcd}
Jumlah trikoma		
1g N	18,00 ^h	48,00 ^{abc}
0,8g P	55,00 ^a	51,50 ^{ab}
0,4g K	27,50 ^{efgh}	40,50 ^{abcde}
1g N + 0,8g P	30,00 ^{efgh}	34,50 ^{cdefg}
1g N + 0,4g K	43,00 ^{abcde}	34,50 ^{cdefg}
0,8g P + 0,4 g K	30,50 ^{defgh}	46,00 ^{abcd}
1g N + 0,8g P + 0,4g K	23,00 ^{gh}	41,50 ^{abcde}
Tanpa pemupukan	24,50 ^{fgh}	39,00 ^{bcdef}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji BNJ/ 5%

un akibat radiasi UV. Suatu penelitian lapang terhadap tanaman *Phaseolus vulgaris* menunjukkan bahwa paparan UV-B selama 33 hari menurunkan biomassa, luas daun dan mengurangi panjang daun dibandingkan paparan UV-A. Namun, tidak terdapat perbedaan signifikan terhadap parameter pigmen fotosintesis dan senyawa penyerap UV (Antonelli *et al.* 1997).

Pemupukan tanaman sambung nyawa dengan hara makro tunggal atau kombinasinya tidak meningkatkan produksi, baik produksi basah maupun kering. Diduga hal ini disebabkan oleh ketersediaan hara yang memadai dalam media tanam sehingga pengaruh dari pemupukan menjadi tidak terlihat.

Tanaman yang dipapar dengan UV ambien dan hanya dipupuk dengan hara K mempunyai kadar air yang paling rendah, berbeda secara nyata dari tanaman pupuk atau tanaman yang dipupuk dengan kombinasi N dan P, tanaman yang dipapar UV-C dan dipupuk tidak menunjukkan perbedaan kadar air yang nyata (Tabel 12).

Kandungan Pigmen dan Flavonoid

Terdapat pengaruh penekanan oleh radiasi UV-C terhadap kandungan klorofil a, b dan klorofil total daun tanaman sambung nyawa jika dibandingkan dengan radiasi UV-ambient (Tabel 13). ResponS penurunan kandungan pigmen juga terjadi pada tanaman gandum yang dipapar terhadap UV-B, yang menurunkan klorofil a, b, total, dan karotenoid (Rathore at al 2003).

Repons yang membedakan antara tanaman sambung nyawa dan gandum adalah bahwa pada gandum penurunan aparatus fotofitensis diikuti dengan peningkatan senyawa penyerap UV yaitu flavonoid, pada tanaman sambung nyawa

Tabel 12 Pengaruh Radiasi Ultraviolet dan Pemupukan Terhadap Kadar Air dan Bobot Panen Tanaman

Perlakuan	Kadar Air (%)	Bobot Basah Panenan (g)	Bobot Kering Panenan (g)
Radiasi:			
UV-C	92,63	52,55 ^b	10,17 ^b
UV Ambient	92,75	141,66 ^a	33,87 ^a
Pemupukan (per polybag):			
1 g N	92,71 ^{ab}	91,65 ^{ab}	6,74 ^{ab}
0,8 g P	92,49 ^{ab}	93,88 ^{ab}	6,98 ^{ab}
0,4 g K	92,29 ^b	75,24 ^b	5,83 ^b
1 g N + 0,8 g P	92,86 ^a	114,17 ^a	7,80 ^a
1 g N + 0,4 g K	92,50 ^{ab}	93,33 ^{ab}	7,05 ^{ab}
0,8 g P + 0,4 g K	92,79 ^{ab}	113,41 ^a	8,03 ^a
1gN+0,8gP+0,4g	92,86 ^a	96,42 ^{ab}	6,94 ^{ab}
Tanpa pemupukan:	92,99 ^a	98,74 ^{ab}	6,76 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji BNJ/ Tukey 5%

wa hal ini tidak terjadi (Tabel 11). Sejumlah penelitian melaporkan bahwa salah satu adaptasi tanaman terhadap efek negatif radiasi UV adalah dengan peningkatan senyawa penyerap UV yaitu flavonoid (Dey, Harborne 1997; Burchard *et al.* 2001; Rathore *et al.* 2003). Pengaruh yang nyata dari perlakuan radiasi ultraviolet terhadap kandungan flavonoid daun sambung nyawa terjadi pada tanaman dengan perlakuan UV-Ambient sebesar 1,26cm⁻² daun dan 0,03 per daun.

Tabel 13 Pengaruh Radiasi Ultraviolet dan Pemupukan terhadap Kandungan Flavonoid dan Pigmen Daun

Perlakuan	Flavonoid		Klorofil		
	per luas (cm ²)	per bobot (g)	a	b	Total
Radiasi:					
UV-C	0,95 ^b	0,02 ^b	2,40 ^b	1,09 ^b	3,49 ^b
UV Ambient	1,26 ^a	0,03 ^a	3,26 ^a	1,39 ^a	4,65 ^a
Pemupukan (per polybag):					
1 g N	1,04	0,02	3,03	1,37	4,40
0,8 g P	1,04	0,02	2,45	1,01	3,46
0,4 g K	1,16	0,02	2,56	1,22	3,78
1 g N + 0,8 g P	0,93	0,02	2,49	1,12	3,61
1 g N + 0,4 g K	1,18	0,03	2,97	1,34	4,31
0,8 g P + 0,4 g K	1,25	0,03	2,62	1,12	3,73
1 g N + 0,8g P + 0,4 g K	0,92	0,02	3,59	1,52	5,12
Tanpa pemupukan:	1,31	0,03	2,91	1,25	4,16

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji BNJ/ Tukey 5%

Perlakuan pemupukan ataupun interaksi antara radiasi UV dan pemupukan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Beberapa penelitian melaporkan bahwa hara makro N dan P dalam status kekurangan akan dapat meningkatkan kandungan flavonoid pada tanaman. Penelitian dengan

Arabidopsis thaliana menunjukkan bahwa kadar antosianin dan flavonol meningkat dengan berkurangnya hara nitrogen. Namun, jenis flavonoid dapat berbeda bergantung pada kondisi budi daya tanaman. Pada kondisi budi daya normal, kaemferol, suatu jenis flavanol, lebih dominan, pada kondisi kekurangan nitrogen dan kombinasi faktor abiotik terjadi trigger produksi quersetin (Lillo *et al.* 2008)

Krause *et al.* (1999) melaporkan bahwa daun tanaman tropis yang dipapar dengan UV-B dan UV-A ambien berkontribusi terhadap penurunan efisiensi PSII (Photosystem II) yang dapat balik. Sensitivitas terhadap UV_B bergantung pada status aklimatisasi dan fase pertumbuhan daun dan cenderung menurun dengan meningkatnya senyawa penyerap UV di vakuola. Hasil ini juga menunjukkan bahwa radiasi UV-B dan UV-A di daerah tropis secara signifikan berkontribusi terhadap fotoinhibisi PSII selama paparan matahari, khususnya daun yang terlindungi yang terpapar terhadap matahari penuh.

Kandungan Protein dan Aktivitas Phenylalalnine Amino Lyase (PAL)

Adaptasi tanaman sambung nyawa terhadap paparan radiasi UV-C tidak ditunjukkan dengan induksi produksi senyawa penyerap UV (flavonoid) atau peningkatan proses biosintesis senyawa tersebut. Pada Tabel 13 terlihat bahwa paparan UV-C tidak meningkatkan aktivitas PAL maupun senyawa antara dalam produksi flavonoid yaitu *cinnamic acid*. Flavonoid dibentuk melalui lintasan fenilpropanoid, di mana enzim PAL merupakan enzim kunci dalam produksi senyawa fenolik. Paparan UV-C justru menekan aktivitas enzim PAL dan selanjutnya juga menurunkan produksi *cinnamic acid*, namun tidak mempengaruhi kadar protein. Hal ini berbeda dari laporan penelitian pada tanaman *Pisum sativum* cv. Midfreezer bahwa aktivitas PAL dan kandungan flavonoid meningkat karena paparan UV (Hrazdina, Parsons 1982).

KESIMPULAN

Jenis sinar ultra violet (UV) dan lama paparan UV mempengaruhi pertambahan tinggi tanaman, tertinggi pada paparan UV-C selama 6 jam/hari. Radiasi UV-C selama 6 dan 3 menekan pertambahan daun per minggu. Paparan UV-A selama 3 atau 9 jam per hari menghasilkan pertambahan daun tertinggi. Pertambahan cabang tertinggi jika dipapar UV-C selama 6 jam meskipun tidak berbeda nyata dengan paparan UV-A 6 jam. Bobot basah dan kering panen tertinggi dicapai pada penyinaran dengan UV-A , diikuti UV ambient, tanpa UV dan UV-C. Lama penyinaran 3 jam per hari menghasilkan bobot panen tertinggi. Radiasi dengan UV-A 3 jam menghasilkan bobot panen kering tertinggi berbeda nyata dari perlakuan lainnya, UV-C 9 jam atau tanpa UV selama 9 jam menghasilkan bobot panen kering terendah. Jenis UV mempengaruhi apparatus fotosintesis, yaitu klorofil a dan total. Kandungan klorofil yang terpapar UV ambient dan non UV mengandung

konsentrasi klorofil a dan total tertinggi namun tidak berbeda nyata dari UV-A dan UV-C. Aktivitas enzim PAL dan kandungan cinnamic acid meningkat secara significant pada perlakuan UV-C, namun tidak diikuti oleh kenaikan kandungan flavonoid daun. Aktivitas enzim PAL dan kandungan *cinnamic acid* meningkat secara signifikan pada perlakuan UV-C. Peningkatan waktu paparan dari 3 menjadi 6 jam juga meningkatkan aktivitas biosintesis senyawa penyerap UV.

Radiasi UV-C pada tanaman sambung nyawa menurunkan secara nyata tinggi tanaman/ minggu dibandingkan UV-C, menurunkan jumlah daun dan meningkatkan jumlah cabang, serta menurunkan jumlah stomata dan trikoma. Pemupukan hara P dan K meningkatkan tinggi tanaman secara nyata. Penekanan pertambahan daun mencapai sekitar 60% dibandingkan dengan UV ambien. Pemberian hara tunggal N, kombinasi N dan P, dan kombinasi hara makro lengkap N, P, dan K mampu meningkatkan pertumbuhan cabang yang lebih besar secara nyata dibandingkan tanaman kontrol. Pemupukan 0,8g P+0,4g K per polybag menghasilkan jumlah stomata paling banyak yaitu 32,25, dan jumlah trikoma paling banyak, yaitu 53,25, yang terdapat pada tanaman dengan pemupukan 0,8g P. Produksi biomassa, yaitu bobot basah dan bobot kering hasil panen sambung nyawa menurun sebagai akibat pemupukan radiasi UV-C dibandingkan tanaman yang terpapar UV ambien. Radiasi UV-C menekan kandungan klorofil a, b, dan klorofil total daun tanaman sambung nyawa, dan penurunan apparatus fotosintesis tidak diikuti dengan peningkatan senyawa penyerap UV, yaitu flavonoid. Adaptasi tanaman sambung nyawa terhadap paparan radiasi UV tidak ditunjukkan dengan induksi produksi senyawa penyerap UV (flavonoid) atau peningkatan proses biosintesis dari senyawa tersebut. UV-C tidak meningkatkan aktivitas PAL maupun senyawa antara dalam produksi flavonoid, yaitu *cinnamic acid*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Diren DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui dana Hibah Fundamental. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang besar kepada Bregas Budianto (Departemen GFM, FMIPA), Iswandi Anas dan Krisantini untuk kebaikannya mengusahakan lampu UV, serta semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonelli F, D Grifoni, F Sabatini, G. Zipoli. 1997. *Morphological and Physiological Responses of Bean Plants To Supplemental UV radiation in a Mediterranean climate*. Plant Ecology 128: 127–136.
- Berenguer CL, MCM Ballesta, CG Viguera, M Carvaja. 2008. *Leaf Water Balance Mediated by Aquaporins*

- Under Salt Stress And Associated Glucosinolate Synthesis In Broccoli.* Plant Science 174:321–328.
- Bieza K, R Louis. 2004. *An Arabidopsis mutant tolerant to lethal ultraviolet-B levels show constitutively elevated accumulation of flavonoid and other phenolic.* Plant Physiol 126:1105–1115.
- Buchard P, W Bilger, G Weissbock. 2000. *Contribution of Hydroxycinnamates And Flavonoids To Epidermal Shielding of UV-A and UV-B Radiation In developing Rye Primary Leaves As Assessed by Ultraviolet-induced Chlorophyll Fluorescence Measurements.* Plant, Cell and Environment (23):1373–138.
- Castellarin SD et al. 2007. *Transcriptional Regulation of Anthocyanin Biosynthesis in Ripening Fruits of Grapevine Under Seasonal Water Deficit.* Plant, Cell and Environment 30: 1381–1399.
- Dey PM, JB Harborne. 1997. *Plant Biochemistry.* Acad. Press. London. 554p.
- Erkan M, SY Wang, CY Wang. 2008. *Effect of UV Treatment On Antioxidant Capacity, Antioxidant Enzyme Activity And Decay In Strawberry Fruit.* Postharvest Biology and Technology 48:163–171.
- Frohnmyer H, D Staiger. 2003. *Ultraviolet-B radiataion Responses In Plants. Balancing and protection.* Plant Physiol. 133:1420–1428.
- Gao WY Zheng, JR Slusser, GM Heisler. 2003. *Impact of Enhanced Ultraviolet Radiation On Cotton Growth, Development, Yield, And Qualities Under Field Conditions.* Agric. and Forest Meteor. 129:241–248.
- Gao WY Zheng et al. 2004. *Effect of supplementary ultraviolet-B irradiation on Maize Yield and Qualities : a Field Experiment.* Photochemistry and Photobiology (80):127–131.
- Haryadi SS, S Yahya. 1988. *Fisiologi Stress Lingkungan.* PAU Bioteknologi. IPB. 236 hal.
- Hrazdina G, GF Parsons. 1982. *Induction of Flavonoid Synthesizing Enzymes by Light In Etiolated Pea (*Pisum sativum* cv. Midfreezer) seedlings.* Plant Physiol. 70:506–510.
- Hyodo H, Kuroda H, Yang SH. 1978. *Introduction of PAL and Increase in Phenolic in Lettuce in Relation The Development.* Plant Physiol. 62:31–35.
- Kakani VGR, Reddy, D Zhao, AR Mohammed. 2003. *Effect of ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsutum L.*) Morphology and Anatomy.* Annals Botany 91:817–826.
- Koti S, KR Reddy, VG Kakani, D Zhao, VR Reddy. 2004. *Soybean (*Glycine max*) Pollen Germination Characteri-Stic, Flower And Pollen Morphology In Respon To Hanced Ultraviolet-B radiation.* Annals Botany 94 (64) : 855–864.
- Krause HG, CSH Garden, OY Koroleva, K Winter. 1999. *Effects of Solar Ultraviolet Radiation on the Potential Efficiency of Photosystem II in Leaves of Tropical Plants.* Plant Physiology 121:1349–1358
- Laposi, RS Veres, O Mile, I Meszaros. 2005. *Effect of Supplemental UV-B Radiation on The Photosynthesis-physiological Properties and Flavonoid Content of Beech Seedlings (*Fagus sylvatica L.*) in outdoor condition.* Acta Biologica Szegediensis 49(1):151–153.
- Lillo C, U Lea, P Ruoff. 2008. *Nutrient Depletion as a Key Factor for Manipulating Gene Expression and Product Formation in Different Branches of The Flavonoid pathway.* Plant, Cell and Environment 31:587–601.
- Liu Q, T Callaghan, Zou Y. 2004. *Effect of Elevated Solar UV-B Radiation from Ozone Depletion on Terrestrial Ecosystems.* J. Moutain Scie. 1(3):276–288.
- Merken HM, Casandra, GR Beecher. 2001. *Kinetic Method for The Quantitative of Anthocyanin, Flavonols, and Flavons in Food.* J. Agric. Food. Chem 49:272–273.
- Nogues S, DJAllen, JIL Morison, NR Baker. 1988. *Ultraviolet-B Radiation on Water Relation, Leaf Development, and Photosynthesis in Droughted Pea Plants.* Plant Physiol. (117):173–181
- Patakas A, N Nikolaou, E Zioziou, K Radoglou, B Noitsakis. 2002. *The Role of Organic Solute and Ion Accumulation In Osmotic Adjustment In Drought-Stressed Grapevines.* Plant Science 163:361–367
- Rathore D, SB Agrawal, A Singh. 2003. *Influences of Supplemental UV-B Radiation and Mineral Nutrients on Biomass, Pigment, and Yield of Two Cultivars of Wheat (*Triticum aestivum L.*).* IJOB 32:1–15.
- Teiz L, E Zeiger. 1991. *Plant Physiology.* The Cumming Publ. California. 559p.
- Turtola S et al. 2005. *Clone-spesific Responses in Leaf Phenolic of Willows Exposed to Enhanced UV-B Radiation and Drought Stress.* Global Change Biology 11:1655–1663.
- Vorasoot N, Songsri P, Akkasaeng C, Jogloy S, Patanothai A. 2003. *Effect of water stress on yield and agronomic*

- characters of peanut.* Songklanakarin J. Sci. Technol. 25(3) : 283–288.
- Zhou Y, BR Singh. 2004. *Effect of Light On Anthosyanin Levels In Submerged, Harvested Cranberry Fruit.* J. Biomed. and Biotech. 5:259–263.
- Zuk-Golaszewska K, MK Upadhyaya, J Golaszewski. 2003. *The effect of UV-B Radiation On Plant Growth And Development.* Plant Soil Environ 49(3):135–140.