
PENGARUH FLUKTUASI AIR TANAH TERHADAP KANDUNGAN BAHAN KIMIA SKUNDER DAN DIVERSITAS INSEK PADA TANAMAN *Melaleuca ericifolia* Sm.

Ni Luh Watiniasih

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Udayana

Abstract

Fluctuation of water regimes where plant grows has been known to affect the plant chemical, nutrition compositions and plant chemical defenses, which can affect the vulnerability of plants to insect herbivores. This research aimed to compare the concentration of plant nutrition and chemical defenses of Melaleuca ericifolia grows on different water regimes, subsequently to insect herbivore attacks. The leaf total nitrogen was higher in plants growing in water fluctuated areas, therefore the insect herbivores compared to plants growing in prolong-flooded condition. Insect herbivores prefer to consume plants that are more nutritious and less affected by the plant growing conditions.

Key words: *Melaleuca, plant chemicals, herbivore attacks*

1. Pendahuluan

Perbedaan fluktuasi air yang dialami oleh tumbuhan yang hidup pada area yang tergenang air (seperti *Wetland*) akan mempengaruhi interaksi antara tumbuhan dengan serangga. Herbivori banyak ditemukan pada area tersebut, namun terdapat banyak variasi preferensi dari herbivori tersebut dalam memilih tumbuhan yang akan dikonsumsi, baik berdasarkan spesies maupun individu tanaman (Middleton 1999). Pengaruh perbedaan air permukaan tanah terhadap herbivori pada tumbuhan terestrial menunjukkan bahwa preferensi serangga herbivori pada tumbuhan dipengaruhi oleh perbedaan dalamnya air permukaan yang mempengaruhi kandungan nutrisi, produksi bahan kimia skunder dan tersedianya makanan (nutrisi) bagi herbivori (Sipura, *et al.* 2002; Miles, *et al.* 1982).

Kebanyakan studi pengaruh perbedaan air permukaan terhadap serangga herbivori terfokus pada tumbuhan terestrial dengan membandingkan tumbuhan yang mendapatkan air secukupnya dengan tumbuhan yang mengalami kekeringan. Hasil studi ini kebanyakan menemukan bahwa serangga herbivori meningkat karena meningkatnya defisit air (Staley *et al.* 2006; Larson, 1989; Miles, *et al.* 1982) karena pengaruh meningkatnya kandungan nitrogen

pada tumbuhan yang mengalami stres karena kekeringan (White, 1984), yang akhirnya dapat meningkatkan daya tahan hidup larva dari serangga herbivori (De Bruyn and Schiers, 2005; Prudic, 2005). Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa pengaruh defisit air yang berlebihan dapat menurunkan tekanan turgor, yang akan berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan serangga pemakan mesofil daun seperti aphids (Huberty and Denno, 2004). Namun, respon dari serangga herbivori terhadap tumbuhan yang mengalami defisit air tidak konsisten, yang mana berbeda tergantung tipe mulut serangga yang akan mengkonsumsi tumbuhan (*feeding group*) (Koricheva, *et al.*, 1988a).

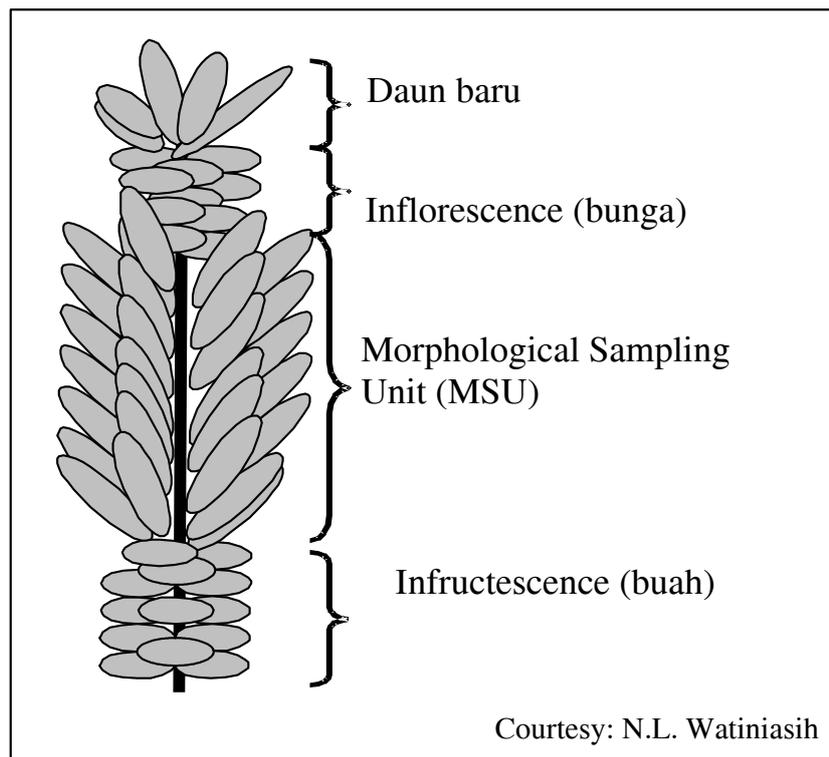
Tumbuhan *wetland* yang dipengaruhi oleh perubahan kedalaman air permukaan sepanjang tahun, termasuk kekeringan dan banjir akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan fisiologi tumbuhan (Middleton, 1999). Namun, belumlah banyak penelitian dilakukan tentang interaksi serangga herbivori dengan tumbuhannya. Banyaknya *wetland* yang sudah berubah termasuk dikeringkan karena pengaruh aktivitas manusia, yang terjadi hampir di seluruh bagian permukaan bumi, akan sangatlah mempengaruhi interaksi serangga termasuk serangga herbivori terhadap tumbuhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan air permukaan terhadap serangga herbivori yang dievaluasi dari pertumbuhan dan kandungan nutrisi dan bahan kimia skunder tumbuhan yang hidup di area *wetland*.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di sebuah *wetland* berair payau bernama Dowd Morass, di sebelah Tenggara Australia. Kedalaman airnya berkisar antara 45-100 cm dengan salinitas berkisar antara 5 - 25 dS m⁻¹. Sampel diambil dari 2 tempat, di area yang tergenang air (Area tergenang) dan area yang tergenang air paling banyak 1 bulan dalam setahun (Area fluktuasi). Tunas baru yang tumbuh setiap tahunnya (Oktober-November) digunakan untuk menganalisis kandungan bahan kimia, dan 10 cabang yang tumbuh pada tahun sebelumnya disebut Morphological Sampling Unit (MSU) (Gambar 1) diambil untuk menentukan jumlah daun dan sejarah kerusakan daun oleh herbivori.

Luas daun dianalisis dari 30 lembar daun yang diambil secara acak dari 10 MSU yang diukur dengan (Mix image analysis software, R. Stolk and G. Sanson, Monash University). Untuk analisis bahan kimia, daun dikeringkan dengan teknik freeze-dried (-80°C) dan dihaluskan dengan menggunakan Planetary Micro Ball Mill. Kandungan total *phenolic* dianalisis dengan metoda Perusian Blue (Price and Butler, 1977) dengan modifikasi sesuai dengan Graham (1992), dan kandungan minyak esensial dan proline dianalisis dengan Soxhlet Extraction. Kandungan total nitrogen daun dianalisis dengan CHN 2000 Analyser. Jumlah bunga yang berbentuk *inflorescence* dihitung langsung pada tanaman dengan menggunakan kuadrat (50x50cm), bersamaan dengan menganalisis jumlah *inflorescence* yang mendapat serangan gall dan jumlah sarang *Strepsicrates ejectana* (Lepidoptera) per pohon. Keanekaragaman serangga herbivori juga dianalisis dengan menggunakan metoda *Effort-Based Sampling*. Tiga cabang dari 5 pohon pada masing-masing area di pukul-pukul



Courtesy: N.L. Watiniasih

Gambar 1. Morphological sampling unit (MSU) yang digunakan untuk menganalisis variable jumlah daun, luas daun, daun rusak oleh serangga penggigit pengunyah, gall pada daun, dan serangga penghisap.

selama 1 menit, dan serangga yang jatuh ditangkap dengan nampan (60x50cm) di bawah cabang yang dipukul. Kemudian serangga dimasukkan ke dalam alkohol 70% untuk diidentifikasi. Untuk konfirmasi, sebagian sampel serangga juga dikirim ke Melbourne Museum untuk diidentifikasi. Analisa masing-masing variable menggunakan analisis Student-test (t_{test}) (Systat 10™ for Window). Beberapa variable ditransform untuk memenuhi persyaratan test (Quinn and Keough, 2002; Zar, 1999).

3. Hasil

Variasi tumbuhan yang tumbuh pada area tergenang dan area fluktuasi dapat dilihat pada Gambar 2. Secara morfologi, *M. ericifolia* yang tumbuh di area tergenang kelihatan lebih stres

dibandingkan dengan tumbuhan yang tumbuh di area fluktuasi. Demikian juga, jika dilihat dari daun per MSU jauh lebih banyak pada tumbuhan yang hidup di area fluktuasi dibandingkan dengan area tergenang. Tetapi, jumlah inflorescence per quadrat lebih banyak ditemukan pada *M. ericifolia* yang tumbuh di area tergenang dibandingkan dengan area fluktuasi. Luas daun per MSU tidak berbeda antara kedua area (Tabel 1).

Total nitrogen dan proline dari daun lebih tinggi pada *M. ericifolia* yang tumbuh di area fluktuasi dibandingkan dengan area tergenang, demikian juga kandungan minyak esensialnya. Namun kandungan phenolic dan air pada daun tidak berbeda antara kedua area (Tabel 1).

M. ericifolia pada area fluktuasi



M. ericifolia pada area tergenang



Gambar 2. Tumbuhan *Melaleuca ericifolia* Sm. yang tumbuh di area fluktuasi (atas) dan area tergenang (bawah).

Keanekaragaman serangga yang berinteraksi dengan *M. ericifolia* di kedua area bervariasi. Jumlah serangga keseluruhan per tumbuhan lebih banyak di area fluktuasi dibandingkan dengan area tergenang, dan keanekaragaman serangga pada tingkat famili lebih tinggi pada area fluktuasi. Sejalan dengan itu, jumlah serangga dengan alat mulut penghisap per MSU lebih tinggi di area fluktuasi, namun jumlah

serangga dengan tipe mulut penggigit, jumlah daun dan inflorescence dengan gall tidak berbeda antar area. Sarang *S. ejectana*, dimana serangga ini menggunakan bagian tumbuhan tersebut untuk makan dan berlindung ditemukan jauh lebih banyak pada tumbuhan yang hidup pada area fluktuasi dibandingkan dengan area tergenang (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan Pertumbuhan Dan Morphologi Tumbuhan, Kandungan Kimia dan Serangga Herbivori Pada Area yang Berbeda.

Variables	N	Area		t-value
		Fluktuasi	Tergenang	
Jumlah daun per MSU	10	210 ± 15	163 ± 8	0.003*
Infructescence per pohon	10	26.1 ± 15.7	84.8 ± 12.7	0.002*
Luas daun per MSU (mm ²)	5	1384 ± 110	1270 ± 273	0.246
Nitrogen tanah (%)	18	1.0 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.150
Nitrogen daun (%)	10	2.1 ± 0.1	1.8 ± 0.1	0.006*
Total proline (mg 100 g ⁻¹)	9	35.0 ± 3.6	6.7 ± 2.8	<0.001*
Minyak esensial (%)	9	7.4 ± 0.1	7.8 ± 0.2	0.002*
Kandungan air pd daun (%)	5	109.0 ± 14.1	87.2 ± 19.3	0.485
Total phenolic (%)	5	6.8 ± 0.9	6.4 ± 0.8	0.680
Jumlah serangga per pohon	5	13.8 ± 2.2	56.2 ± 12.9	0.017*
Diversitas famili per pohon	5	11.2 ± 0.8	6.6 ± 1.1	0.007*
Serfangga dg tipe mulut penggigit pengunyah per pohon	5	1.3 ± 0.6	0.5 ± 0.3	0.137
Daun rusak oleh serangga penggigit pengunyah per MSU	10	1.8 ± 0.4	0.8 ± 0.2	0.110
Gall pada daun per MSU	10	3.1 ± 0.9	0.8 ± 0.3	0.066
Serangga penghisap per MSU	5	2.8 ± 1.1	1.0 ± 0.5	0.036*
Infructescence dengan galls per quadrat (%)	10	17.9 ± 8.0	19.7 ± 2.9	0.628
<i>S. ejectana</i> per quadrat	10	45.5 ± 12.9	4.3 ± 1.1	<0.001*

Keterangan :

Angka yang tertera merupakan rata-rata ± SE (standard error) dan t-values menyatakan perbedaan masing-masing variable yang dianalisis dengan perbedaan nyata ditandai dengan asterik (*).

4. Pembahasan

Tumbuhan *M. ericifolia* diserang oleh jumlah dan diversitas herbivori yang relatif rendah di Dowd Morass, (data dari kedua area digabungkan). Ini memperlihatkan bahwa hanya sedikit serangga spesialis seperti, *S. ejectana* yang dapat hidup dan bertahan pada tumbuhan pada *M. ericifolia*. Herbivori yang menyerang daun juga ditemukan sangat sedikit (<5%), tetapi perlu dicatat bahwa kemungkinan banyak daun yang dimakan tidak terdeteksi karena keseluruhan lembar daun dimakan oleh herbivori. Hal ini disebabkan ukuran daun *M. ericifolia* yang sangat kecil (lihat Table 1). Tingginya kandungan bahan kimia skunder sebagai pertahanan tumbuhan terhadap herbivori pada daun *Melaeuca* dibandingkan dengan species lain (Farag, *et al.*, 2004) mungkin akan menguntungkan herbivori spesialis dibandingkan dengan herbivori generalis. Seperti misalnya, studi yang dilakukan pada pengaruh *phenolic glycoside* pada tumbuhan 'willow' (*Salix* sp.) menemukan bahwa pertumbuhan rata-rata serangga spesialis, *Nematus calais* (Lepidoptera), berkorelasi secara positif dengan kandungan *phenolic glycoside*, tetapi pertumbuhan rata-rata serangga non-spesialis seperti *Goniactena occidentalis* (Coleoptera) berkorelasi negatif (Matsuki and McLean Jr., 1994). Struktur dan konsentrasi bahan kimia lainnya mungkin juga berpengaruh terhadap keberadaan serangga herbivori pada tumbuhan *M. ericifolia*. Di Dowd Morass, ditemukan bahwa kebanyakan serangga phytophagous (pemakan bagian tumbuhan yang berwarna hijau), mengkonsumsi daun-daun yang baru saja tumbuh, dimana telah ditemukan bahwa daun yang masih muda lebih cenderung untuk dikonsumsi oleh serangga dengan tipe mulut penggigit pengunyah (*chewing insects*), karena daunnya lebih banyak mengandung nutrisi dan lunak serta daunnya lebih sedikit mengandung serat, selulose dan lignin (Peeter *et al.*, 2007; Peeters, 2002a; 2002b).

Larva *S. ejectana* banyak ditemukan pada tumbuhan *M. ericifolia* di Dowd Morass. *Sterpsicrates ejectana* mempunyai pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan *M. ericifolia*, tidak hanya melalui proses herbivori tetapi juga karena digunakannya bagian tumbuhan yang baru tumbuh untuk membuat sarang dan berlindung. Hal ini dapat berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan tumbuhan, yaitu dengan berkurangnya

jumlah atau area daun tumbuhan yang digunakan untuk berfotosintesis. Serangga ini juga umum ditemukan pada tumbuhan bangsa Myrtaceae lainnya, termasuk pada *Eucalyptus amygdalina* Labill dan *Leptospermum* spp. (Fox and Macauley, 1977). Tumbuhan tersebut juga mempunyai kandungan bahan pertahanan kimia seperti *phenolic* dan minyak esensial yang tinggi (Morrow and Fox, 1980). Bagaimana serangga ini mempertahankan diri dari tingginya kandungan bahan kimia skunder tumbuhan belumlah jelas, namun penelitian lain pada *Pieris rapae* L. (Lepidoptera) yang menyerang tanaman kubis menghindarkan diri dari kandungan bahan kimia toksik yang tinggi dengan mengubahnya menjadi bahan kimia yang kurang toksik dan mengeluarkannya bersamaan dengan faeses (Wittstoc *et al.*, 2004).

Melaleuca ericifolia yang tumbuh pada kondisi yang selalu tergenang air memproduksi lebih banyak inflorescence dibandingkan dengan *M. ericifolia* yang tumbuh di area fluktuasi. Namun perbedaan tersedianya air permukaan tidak mempengaruhi frekuensi gall yang hidup pada *inflorescence*.

Tersedianya air permukaan yang terus menerus mungkin juga menurunkan kualitas makanan yang tersedia untuk insect herbivori dengan mempengaruhi kandungan kimia daunnya. Pengaruh perbedaan air permukaan terhadap kandungan nutrisi tumbuhan dan herbivori telah banyak diteliti (Kagata and Ohgushi, 2006; De Bruyn and Schiers, 2005; Matsson, 1980). *Melaleuca erifolia* di area tergenang mengandung nitrogen yang relatif tinggi (1.5-2% berat kering) dibandingkan dengan tumbuhan wetland lainnya (0.13-1.07% berat kering) (McJannet *et al.*, 1995). Kandungan nitrogen pada tanah di Dowd Morass tidak berbeda antar area (~1%), mengisyaratkan bahwa tersedianya air permukaan secara terus menerus menghambat penyerapan nitrogen oleh *M. ericifolia*, walaupun tumbuhan ini dapat bertahan pada area yang selalu tergenang air bertahun-tahun. Di samping itu, tingginya kandungan proline ditemukan pada *M. ericifolia* di area fluktuasi. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa peningkatan kandungan proline pada tumbuhan berkaitan dengan kekeringan dan salinitas tanah (Naidu, 2003; Naidu *et al.*, 1987).

Pertahanan kimia tumbuhan seperti minyak esensial dan *phenolic* mungkin berpengaruh terhadap penurunan serangan serangga herbivori pada *M. ericifolia* di Dowd Morass, namun

konsentrasi bahan kimia ini kelihatannya tidak dipengaruhi oleh perbedaan air permukaan, dan tidak berkorelasi dengan perbedaan serangga herbivori antar area. Hal ini memperlihatkan bahwa pengaruh perbedaan air permukaan terhadap serangga herbivori tidaklah tetap, yang mana mungkin dipengaruhi oleh kompleksitas pengaruh antara air, nutrisi dalam tanah dan metabolisme tumbuhan (Koricheva *et al.*, 1998b). Secara garis besarnya penelitian ini menemukan bahwa pertahanan kimia pada daun *M. ericifolia* merupakan faktor yang sangat penting dalam mempengaruhi penurunan serangga herbivori. Konsentrasi kandungan bahan kimia ini tidak dapat menjelaskan secara detail perbedaan diversitas serangga pada masing-masing area, namun serangga herbivori memperlihatkan preferensinya untuk memilih tumbuhan dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi.

5. Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian ini terungkap, bahwa tingginya kandungan nitrogen dan proline sebagai sumber nutrisi yang sangat diperlukan pada *M.*

ericifolia yang tumbuh pada area berfluktuasi lebih dipilih oleh serangga herbivori, khususnya *S. ejectana*, namun perbedaan kandungan pertahanan kimia tumbuhan dapat juga berpengaruh terhadap rendahnya serangan herbivori pada tanaman yang tumbuh pada area yang tergenang.

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana kandungan nutrisi dan pertahanan kimia tumbuhan seperti minyak esensial yang diketahui relatif tinggi pada *M. ericifolia* berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan serangga herbivori yang berinteraksi dengan tumbuhan tersebut.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih ditujukan kepada anggota Laboratorium 'Wetland Ecology' serta Ass./Prof. Jenny Read dan Dr. Elisa Raulings atas bimbingan, bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung. Penelitian dibiayai oleh School of Biological Sciences, Monash University dan AusAid Scholarship (ADS) periode 2003-2007. Tidak lupa juga terimakasih ditujukan kepada pemeriksa naskah sehingga naskah menjadi lebih sempurna.

Daftar Pustaka

- De Bruyn, L. and J. Schiers. 2005. "Plant-Mediated Effects Of Drought Stress On Host Preference And Performance Of A Grass Miner", *Oikos*, (108): 371-385.
- Farag, R.S., A.S. Shalaby, G.E. El-Baroty, N.A. Ibrahim, M.A. Ali, and E.M. Hassan. 2004. "Chemical and Biological Evaluation of The Essential Oils of Different Melaleuca Species", *Phytotherapy Research*, (18): 30-35.
- Fox, L.R. and B.J. Macauley. 1977. "Insect Grazing On *Eucalyptus* In Response To Variation In Leaf Tannins And Nitrogen", *Oecologia*, (29): 145-162.
- Huberty, A.F. and R. F. Denno. 2004. "Plant Water Stress And Its Consequences For Herbivorous Insects: A New Synthesis", *Ecology*(85): 1383-1398.
- Kagata, H. and T. Ohgushi. 2006. "Nitrogen Homeostasis In A Willow Leaf Beetle *Plagioderia Versicolora*, Is Independent Of Host Plant Quality", *Entomologia Experimentalis et Applicata*, (118): 105-110.
- Koricheva, J., S. Larson, and E. Haukioja. 1988a. "Insect Performance On Experimentally Stress Woody Plants: A Meta Analysis", *Annual review of entomology*, (443): 195-216.
- Koricheva, J., S. Larsson, E. Haukioja, M. Kainanen. 1998 b. "Regulation Of Woody Plant Secondary Metabolism By Resource Availability: Hypothesis Testing By Means Of Meta-Analysis", *Oikos*, (83): 212-226.
- Larson, S. 1989. "Stressful Times For The Plant Stress-Insect Performance Hypothesis", *Oikos*, (56): 277-283.
- Matsson, W. J. 1980. "Herbivory In Relation To Plant Nitrogen Content", *Annual Review of Ecological System*, (11): 119-161.

- Matsuki M. and S. F. McLean Jr. 1994. "Effects Of Different Leaf Traits On Growth Rates Of Insect Herbivores On Willows", *Oecologia*, (100): 141-152.
- McJannet, C.L., P.A. Keddy, and R.A. Pick. 1995. "Nitrogen And Phosphorous Tissue Concentrations In 41 Wetland Plants: A Comparison Across Habitats And Functional Groups", *British Ecological Society*, (9): 231-238.
- Middleton, B. 1999. "Succession And Herbivory In Monsoonal Wetlands". *Wetlands Ecology and Management* (6): 189-202.
- Miles, P.W., D. Aspinall, and A.T. Correll. 1982. "The Performance Of Two Chewing Insects On Water-Stress Food Plants In Relation To Changes In Their Chemical Composition", *Australian Journal of Zoology*, (30): 347-355.
- Morrow, P.A. and L.R. Fox. 1980. "Effects of Variation In *Eucalyptus* Essential Oil Yield On Insect Growth And Grazing Damage", *Oecologia*, (45): 209-219.
- Naidu, B.P. 2003. "Production Of Betaine From Australian *Melaleuca* Spp. For Use In Agriculture To Reduce Plant Stress", *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (43): 1163-1170.
- Naidu, B.P., G. P. Jones, L.G. Paleg, and A. Poljakoff-Mayber. 1987. "Proline Analogous In *Melaleuca* Species: Response Of *Melaleuca Lanceolata* And *M. Uncinata* To Water Stress And Salinity", *Australian Journal of Plant Physiology*, (14): 669-677
- Peeters, P. J. 2002a. "Correlations Between Leaf Constituent Levels And The Densities Of Herbivorous Insect Guilds In An Australian Forest", *Austral Ecology*, (27): 658-671.
- Peeters P. J. 2002b "Correlations Between Leaf Structural Traits And The Densities Of Herbivorous Insect Guilds", *Biological Journal of Linnean Society*, (77): 43-65.
- Peeters, P.J., G.D. Sanson, and J. Read. 2007. "Leaf Biomechanical Properties And The Densities Of Herbivorous Insect Guilds", *Functional Ecology*, (21): 246-255.
- Prudic, K.L., J.C. Oliver and M.D. Bowers. 2005. "Soil Nutrient Effects On Oviposition Preference, Larval Performance, And Chemical Defences Of A Specialist Insect Herbivore", *Oecologia*, (143): 578-587.
- Quinn G. P. and M.J. Keough. 2002. *Experimental Design And Data Analysis For Biologist*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Sipura, M., A. Ikonen, J. Tahvanainen, and H. Roininen. 2002. "Why Does Leaf Beetle *Gareucella Lineola* F. Attacks Wetland Willows?", *Ecology*, (83): 3393-3407.
- Staley, J.T., S.R. Montimer, G.J. Masters, M.D. Morecroft, V.K. Brown, and M.E. Taylor. 2006. "Drought Stress Differentially Affects Leaf-Mining Species", *Ecological Entomology*, (31): 460-469.
- White, T.C.R. 1984. "The Abundance Of Invertebrate Herbivores In Relation To The Availability Of Nitrogen In Stress Food Plants", *Oecologia*, (63): 90-105.
- Wittstoc, U., N. Agerbirk, E.J. Stauber, C.E. Olsen, M. Hippler, T. Mitchell-Olds, J. Gershenson, and H. Vogel. 2004. "Successful Herbivore Attack Due To Metabolic Diversion Of A Plant Chemical Defence", *Proceeding of the Natural Academy of Science of the United States of America*, (101): 4859-4864.