

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 206 «Садово-паркове господарство»

Допускається до захисту

Зав. кафедри садово-паркового господарства

д-р с.-г. наук А.Б. Марченко

« 10 » _____ 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

**Біоекологічні особливості тропічних епіфітних рослин
в колекції НБС ім. М.М. Гришка НАН України**

Виконав **Васютик Анатолій Анатолійович**

Керівник доцент **Олешко О.Г.**

Рецензент

к.б.н. Левандовська С.М.


Я, Васютик Анатолій Анатолійович, засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 206 «Садово-паркове господарство»

Затверджую
Гарант ОП

 д-р с.-г. наук А.Б. Марченко
« 11 » 12 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу
Васютику Анатолію Анатолійовичу

Тема: Біоекологічні особливості тропічних епіфітних рослин
в колекції НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Затверджено наказом ректора № 195/С від 8.06.2023 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до «01» 12 2023 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані.

1. За результатами критичного аналізу літературних джерел дослідити систематику, особливості морфологічної будови та екологічної спеціалізації тропічних епіфітних рослин.
2. Провести таксономічний аналіз колекції тропічних епіфітних рослин у НБС ім. М.М. Гришка НАН України.
3. Встановити особливості вирощування та догляду за тропічними епіфітними рослинами в умовах оранжерей Національного ботанічного саду ім.М.М.Гришка.
4. Дослідити особливості репродуктивної біології та з'ясувати чинники, що впливають на ефективність розмноження тропічних орхідних за умов оранжерейної культури.
5. Розробити приклади створення композицій з тропічними епіфітними рослинами для озеленення приміщень.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	01.10.2022 - 01.03.2023	Виконано
Методична частина	01.03.2023 - 01.04.2023	Виконано
Дослідницька частина	01.04.2023 - 01.10.2023	Виконано
Оформлення роботи	01.10.2023 - 01.12.2023	Виконано
Перевірка на плагіат	01.12.2023 - 03.12.2023	Виконано
Подання на рецензування	03.12.2023	Виконано
Попередній розгляд на кафедрі	03.12.2023	Виконано

Керівник кваліфікаційної роботи


Олешко О.Г.

Здобувач

Васютик А.А.

Дата отримання завдання «20» 09 2022р.

РЕФЕРАТ

Васютик А. Біоекологічні особливості тропічних епіфітних рослин в колекції НБС ім. М.М. Гришка НАН України

У результаті написання кваліфікаційної роботи магістра досліджено біоекологічні особливості тропічних епіфітних рослин в колекції НБС ім. М.М. Гришка НАН України.

На основі літературного аналізу з'ясовано, що близько 80% усіх видів епіфітів належать до класу квіткових рослин Однодольні (*Liliopsida*). Більшість орхідей (*Orchidaceae*) є епіфітами (20 000). Багато епіфітних видів також серед родин *Araceae* (2000), *Asclepiadaceae* (2000), *Gesneriaceae* (2000), *Melastomataceae* (3000), *Rubiaceae* (6000).

Виявлено, що морфологічна будова вегетативних і генеративних органів рослин, особливості росту, а також біологія розмноження тропічних епіфітних рослин є адаптаціями, які забезпечують виживання видів та успішну конкуренцію з іншими рослинами в умовах тропічного лісу.

У результаті інвентаризації виявлено, що колекція родини *Orchidaceae* нараховує 450 природних видів та різновидів і близько 200 сортів. Загалом в колекції представлено 32 роди з родини *Orchidaceae* з Південно-Східної Азії, Південної та Центральної Америки, Африки. Найбільш повно в колекції представлений рід Дендробіум (*Dendrobium* Sw.) – 45 видів, Каттлея (*Cattleya* Lindl.) – 13 видів, Целогіна (*Coelogyne*) – 19 видів, Бульбофіллум (*Bulbophyllum*) – 15 видів.

Визначені екологічні групи обхідних рослин, особливості вирощування тропічних епіфітних рослин у умовах оражерейної культури і розроблені рекомендації щодо вирощування поширених видів орхідей в умовах закритого ґрунту.

Встановлено, що насінневе розмноження *in vitro*, розроблене в лабораторії мікроклонального розмноження тропічних епіфітних орхідей, дає змогу швидко розмножити рослини, вивільнити їх від бактеріальних та вірусних інфекцій, збільшити коефіцієнт розмноження та отримати морфологічно вирівняний садивний матеріал. У аматорській культурі рекомендується застосовувати вегетативне розмноження: діленням, живцюванням, відділенням верхівкових пагонів.

Проаналізовано способи використання орхідей у фітодизайні приміщень. Розроблено композицію «Епіфітне дерево» і підібрано відповідний асортимент, проведено калькуляцію витрат.

Кваліфікаційна робота магістра містить 113 сторінок, 2 таблиці, 32 рисунки, список використаних джерел із 101 найменувань.

Ключові слова: епіфітні тропічні рослини, колекція орхідей, рід *Orchidaceae*, інтродукція, ботанічний сад, фітодизайн приміщень, епіфітне дерево.

ANNOTATION

Vasyutyk A. Bioecological features of tropical epiphytic plants in the collection of the in the National M. Hryshko Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

The bioecological features of tropical epiphytic plants in the collection of the NBS named after M.M. Hryshka of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Based on the literature analysis, it was found that 80% of all epiphyte species belong to the Liliopsida class. Most species of Orchidaceae are epiphytes (20,000). Many epiphytic species are also among the families Araceae (2000), Asclepiadaceae (2000), Gesneriaceae (2000), Melastomataceae (3000), Rubiaceae (6000).

It was found that the morphological structure of the vegetative and generative organs of plants, the peculiarities of growth and reproduction of tropical epiphytic plants are adaptations to the conditions of the tropical forest.

It was found that the collection of the *Orchidaceae* includes 450 natural species from Southeast Asia, South and Central America, and Africa. The genera *Dendrobium* Sw., *Cattleya* Lindl., *Coelogyne*, *Bulbophyllum* are most fully represented in the collection.

Determined ecological groups of bypass plants, peculiarities of growing tropical epiphytic plants under the conditions of greenhouse culture. Recommendations for growing common types of orchids in indoor conditions have been developed.

It has been established that in vitro seed propagation, developed in the laboratory of microclonal propagation of tropical epiphytic orchids, makes it possible to quickly reproduce plants, free them from bacterial and viral infections, increase the reproduction rate and obtain morphologically aligned planting material. In amateur culture, it is recommended to use vegetative reproduction: division, cuttings, division of apical shoots.

Methods of using orchids in phytodesign of premises are analyzed. The composition "Epiphytic tree" was developed and the appropriate range was selected, costing was carried out.

The master's thesis contains 113 pages, 2 tables, 32 figures, a list of used sources from 101 items.

Key words: epiphytic tropical plants, collection of orchids, genus Orchidaceae, introduction, botanical garden, indoor phytodesign, epiphytic tree.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМАТИКА, КЛАСИФІКАЦІЯ, МОРФОЛОГІЯ ТА БІОЛОГІЯ ЕПІФІТНИХ РОСЛИН.....	8
1.1. Характеристика, класифікація тропічних епіфітних рослин та систематичний склад.....	9
1.2. Морфологічні адаптації тропічних епіфітних рослин.....	12
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
2.1. Загальна характеристика колекції тропічних і субтропічних рослин Національного ботанічного саду ім. М.М.Гришка.....	33
РОЗДІЛ 3. КОЛЕКЦІЯ ТРОПІЧНИХ ЕПІФІТНИХ РОСЛИН НАЦІОНАЛЬНОГО БОТАНІЧНОГО САДУ ІМ. М.М. ГРИШКА: ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД І УМОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ.....	35
3.1. Таксономічний склад колекції тропічних епіфітних рослин.....	35
3.2. Аналіз умов культивування тропічних епіфітних рослин в умовах національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка.....	44
3.3. Екологічна спеціалізація та досвід культивування тропічних орхідей в умовах оранжерей.....	50
3.4. Особливості репродукції тропічних орхідних в умовах оранжерейної культури.....	60
РОЗДІЛ 4. СПОСОБИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ТРОПІЧНИХ ЕПІФІТНИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ.....	80
4.1. Способи використання тропічних епіфітних рослин.....	80
4.2. Особливості облаштування епіфітного дерева.....	84
4.3. Характеристика асортименту рослин для епіфітного дерева і кошторис.....	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104

ВСТУП

*Цілий безлюдний континент залишається
поки невідкритим – шукати його слід не на
землі, а в 200 футах над нею.*

Вільям Біт

Надзвичайна адаптивність, стійкість переважної більшості видів до несприятливих умов, видатна роль у формуванні тропічної біоти та значна декоративність дає змогу епіфітним рослинам займати вагоме місце серед складових флори дощових лісів Америки, Африки, Азії та Океанії.

Широкий діапазон адаптацій до різних природних факторів зумовлює їх відносну невибагливість в умовах кімнатної і оранжерейної культури, а надзвичайна різноманітність і індивідуальний вигляд роблять епіфіти популярними серед колекціонерів рослин.

На сьогодні дуже гостро постає питання збереження природного місцезростання тропічних епіфітів, багато видів занесені до червоних списків світу і охороняється різними конвенціями і договорами світового рівня (Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення - CITES).

Колекція тропічних і субтропічних рослин Національного ботанічного саду ім. М.М.Гришка внесена до державного реєстру наукових об'єктів, що становлять національне надбання України. Це єдина подібна експозиція в Україні. На базі колекції вперше в Україні було започатковано різнопланове вивчення орхідей в умовах оранжерейної культури з метою їх впровадження в промислове квітникарство та охорони *ex situ*. Тут вивчаються морфологічні особливості найдекоративніших видів тропічних орхідей та прогнозування можливості їх вирощування в умовах закритого ґрунту.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження таксономічного складу, біоекологічних особливостей, умов культивування і розмноження тропічних епіфітних рослин у колекції НБС ім. М.М. Гришка НАН України.

У зв'язку з цим вирішувались наступні *завдання*:

1. За результатами критичного аналізу літературних джерел дослідити систематику, особливості морфологічної будови та екологічної спеціалізації тропічних епіфітних рослин.

2. Провести таксономічний аналіз колекції тропічних епіфітних рослин у НБС ім. М.М. Гришка НАН України.

3. Встановити особливості вирощування та догляду за тропічними епіфітними рослинами в умовах оранжерей Національного ботанічного саду ім.М.М.Гришка.

4. Дослідити особливості репродуктивної біології та з'ясувати чинники, що впливають на ефективність розмноження тропічних орхідних за умов оранжерейної культури.

5. Розробити приклади створення композицій з тропічними епіфітними рослинами для озеленення приміщень.

Об'єкт дослідження – колекція тропічних епіфітних рослин у НБС ім. М.М. Гришка НАН України.

Предмет дослідження - екологічні, морфологічні особливості, таксономічний аналіз, умови культивування, розмноження тропічних епіфітних рослин в умовах НБС ім. М.М. Гришка НАН України.

Апробація. Результати досліджень та основні положення дипломної роботи доповідались і обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Інновації у садово-парковому господарстві України» (м. Біла Церква, 1 листопада 2023 р.).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Die epiphytische Vegetation Amerikas, A. F. W. Schimper, Release Date: December 2, 2007 [EBook #23672] [D:\Schimper, Andreas Franz Wilhelm \(1888\). Die epiphytische vegetation Amerikas.pdf](#)
2. Isobyl la Croix. The New Encyclopedia of Orchids: 1500 Species in Cultivation. Timber Press, 2008
3. Черевченко Т. М. Тропічні і субтропічні орхідеї. Київ: «Наукова думка», 1993.
4. Орхідеї / Т. М. Черевченко, Л. І. Буюн, Л. А. Ковальська, В. С. Вахрушкін. К.: «Просвіта», 2001. 224 с.
5. Sydney E. Everhart; Joseph S. Ely; Harold W. Keller (2009). ["Evaluation of tree canopy epiphytes and bark characteristics associated with the presence of corticolous myxomycetes" \(PDF\)](#). Botany. 87 (5): 509–517. [doi:10.1139/b09-027](#)
6. Dabbs, Amy (19 December 2014). ["Epiphytes are easy to grow Houseplants get water from air"](#).
7. Schuettpelz, Eric (2007), [The evolution and diversification of epiphytic ferns](#)
8. Nieder, Jürgen; Prosper'1, Juliana (2001). ["Epiphytes and their contribution to canopy diversity"](#). Plant Ecology. 153: 51–63.
9. Zotz, Gerhard; Hietz, Peter (November 2001). ["The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions"](#). Journal of Experimental Botany. 52 (364):2067–2078 <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2067>
10. Johansson, Dick (1974). ["ECOLOGY OF VASCULAR EPIPHYTES IN WEST AFRICAN RAIN FOREST"](#).
11. Путівник по оранжереях Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України / Кол. авт.; За ред. Т. М. Черевченко. — К.: Фітосоціоцентр, 2007. 88 с. [ISBN 966-306-136-8](#)
12. Фундаментальні та прикладні аспекти сучасної орхідології : [зб.

ст.]. Вип. 1 / [редкол. та уклад.: Л. І. Буюн та ін.] ; Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка, НАН України. - Київ, 2014. 180 с.

14. Putz, Francis E.; N. Michele Holbrook. Strangler Fig Rooting Habits and Nutrient Relations in the Llanos of Venezuela (англ.) // *American Journal of Botany* : journal. American Journal of Botany, Vol. 76, No. 6, 1989. Vol. 76, no. 6. P. 781—788. doi:10.2307/2444534. — JSTOR 2444534.

15. Черевченко Т.М., А.Н. Лаврентьева, Р.В. Иванников Биотехнология тропических растений in vitro – Киев: «Наукова думка», 2008.

16. Черевченко Т.М., С.Н. Приходько, Т.К. Майко Тропические и субтропические растения закрытого грунта – Киев: «Наукова думка», 1988.

17. Sáyago, R., Lopezaraiza-Mikel, M., Quesada, M., Álvarez-Añorve, M. Y., Cascante-Marín, A., & Bastida, J. M. (2013). Evaluating factors that predict the structure of a commensalistic epiphyte–phorophyte network. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1756), 20122821.

18. Cáceres, M. E., Lücking, R., & Rambold, G. (2007). Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, 6(3), 117-136.

19. Migenis, L. E., & Ackerman, J. D. (1993). Orchid—phorophyte relationships in a forest watershed in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*, 9(2), 231-240.

20. D. Denffer, H. Ziegler, F. Ehrendorfer, A. Bresinsky: Strasburger Lehrbuch der Botanik. 32. Auflage. 1983, S. 124.

21. U. Lüttge, M. Kluge und G. Bauer: Botanik. 5. Auflage. 2005, S. 405 ff.

22. W. Nultsch, A. Grahle und U. Ruffer: Mikroskopisch-Botanisches Praktikum für Anfänger. 8. überarbeitete Auflage. 1988, S. 170 ff.

23. Chomicki, G., L. P. R. Bidel, F. Ming, M. Coiro, X. Zhang, Y. Wang, Y. Baissac, C. Jay-Allemand, and S. S. Renner. 2015. The velamen protects photosynthetic orchid roots against UV-B damage, and a large dated phylogeny implies multiple gains and losses of this function during the Cenozoic. *New*

Phytologist 205(3): 1330–1341.

24. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions Gerhard Zotz, Peter Hietz *Journal of Experimental Botany*, Volume 52, Issue 364, 1 November 2001, Pages 2067–2078, <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2067>

25. Ackerman JD, Sabat A, Zimmerman JK. 1996. Seedling establishment in an epiphytic orchid: an experimental study of seed limitation. *Oecologia* 106,192–198.

26. Adams III WW, Martin CE. 1986. Physiological consequences of changes in life form of the Mexican epiphyte *Tillandsia deppeana* (Bromeliaceae). *Oecologia* 70, 298–304.

27. Ball E, Hann J, Kluge M, Lee HSJ, Lüttge U, Orthen B, Popp M, Schmitt A, Ting IP. 1991 *a*. Ecophysiological compartment of the tropical CAM-tree *Clusia* in the field. I. Growth of *Clusia rosea* Jacq. on St John, US. Virgin Islands, Lesser Antilles. *New Phytologist* 117, 473–481.

28. Ball E, Hann J, Kluge M, Lee HSJ, Lüttge U, Orthen B, Popp M, Schmitt A, Ting IP. 1991 *b*. Ecophysiological compartment of the tropical CAM-tree *Clusia* in the field. II. Modes of photosynthesis in trees and seedlings. *New Phytologist* 117, 483–492.

29. Benzing DH. 1978. Germination and early establishment of *Tillandsia circinnata* Schlecht (Bromeliaceae) on some of its hosts and other supports in Southern Florida. *Selbyana* 5, 95–106.

30. Benzing DH. 1980. *The biology of bromeliads*. Eureka, CA, USA: Mad River Press.

31. Benzing DH. 1990. *Vascular epiphytes. General biology and related biota*. Cambridge: Cambridge University Press.

32. Benzing DH. 2000. *Bromeliaceae—profile of an adaptive radiation*. Cambridge: Cambridge University Press.

33. Benzing DH, Davidson EA. 1979. Oligotrophic *Tillandsia circinnata* Schlecht (Bromeliaceae): an assessment of its patterns of mineral allocation and reproduction. *American Journal of Botany* 66, 386–397.
34. Benzing DH, Friedman WE, Peterson G, Renfrow A. 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. *American Journal of Botany* 70, 121–133.
35. Benzing DH, Pockman WT. 1989. Why do non-foliar green organs of leafy orchids fail to exhibit net photosynthesis? *Lindleyana* 4, 53–60.
36. Benzing DH, Renfrow A. 1974. The mineral nutrition of Bromeliaceae. *Botanical Gazette* 135, 281–288.
37. Benzing DH, Seemann J, Renfrow A. 1978. The foliar epidermis in Tillandsioideae (Bromeliaceae) and its role in habitat selection. *American Journal of Botany* 65, 359–365.
38. Bewley JD, Krochko JE. 1982. Desiccation tolerance. In: Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H, eds. *Physiological plant ecology II. Encyclopaedia of plant physiology*, New Series, Vol. 12B. New York: Academic Press, 325–378.
39. Biebl R. 1964. Zum Wasserhaushalt von *Tillandsia recurvata* L. und *Tillandsia usneoides* L. auf Puerto Rico. *Protoplasma* 58, 345–368.
40. Bond BJ. 2000. Age-related changes in photosynthesis of woody plants. *Trends in Plant Science* 5, 349–353.
41. Borland AM, Griffiths H. 1996. Variations in the phases of crassulacean acid metabolism and regulation of carboxylation patterns determined by carbon-isotope-discrimination techniques. In: Winter K, Smith JAC, eds. *Crassulacean acid metabolism. Biochemistry, ecophysiology and evolution*. Ecological Studies. Berlin: Springer, 230–249.
42. Castro-Hernández JC, Wolf JHD, García-Franco JG, González-Espinosa M. 1999. The influence of humidity, nutrients and light on the establishment of the epiphytic bromeliad *Tillandsia guatemalensis* in the highlands of Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 47, 763–773.

43. Chazdon RL, Pearcy RW. 1991. The importance of sunflecks for the forest understory plants. *BioScience* 41, 760–766.
44. Clifford PE, Neo HH, Hew CS. 1995. Regulation of assimilate partitioning in flowering plants of the monopodial orchid *Aranda Noorah* Alsagoff. *New Phytologist* 130, 381–389.
45. Coley PD, Bryant JP, Chapin I FS. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230, 895–899.
46. Crawley MJ. 1997. *Plant ecology*. Oxford: Blackwell Scientific.
47. Davidson D, Epstein WW. 1989. Epiphytic associations with ants. In: Lüttge U, ed. *Vascular plants as epiphytes*. New York: Springer-Verlag, 200–233.
48. Earnshaw MJ, Winter K, Ziegler H, Stichler W, Cruttwell NEG, Kerenga K, Cribb PJ, Wood J, Croft JR, Carver KA, Gunn TC. 1987. Altitudinal changes in the incidence of crassulacean acid metabolism in vascular epiphytes and related life forms in Papua New Guinea. *Oecologia* 73, 566–572.
49. Feild TS, Lawton RO, Dawson TE. 1997. Comparative nutrient relations in canopy-rooted and ground-rooted *Didymopanax pittieri* Marchal (Araliaceae) hemiepiphytes in a wind-exposed tropical montane forest. *Biotropica* 28, 774–776.
50. Field C, Mooney HA. 1986. The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In: Givnish TJ, ed. *On the economy of plant form and function*. Cambridge: Cambridge University Press, 25–55.
51. Gemma JN, Koske RE. 1995. Mycorrhizae in Hawaiian epiphytes. *Pacific Science* 49, 175–180.
52. Gessner F. 1956. Der Wasserhaushalt der Epiphyten und Lianen. In: Stocker O, ed. *Pflanze und Wasser. Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Vol. 3. Berlin: Springer, 915–950.
53. Griffiths H, Maxwell K. 1999. In memory of CS Pittendrigh: does exposure in forest canopies relate to photoprotective strategies in epiphytic bromeliads? *Functional Ecology* 13, 15–23.

54. Griffiths H, Ong BL, Avadhani PN, Goh CJ. 1989. Recycling of respiratory CO₂ during crassulacean acid metabolism: alleviation of photoinhibition in *Pyrrosia pilloselloides*. *Planta* 179, 115–122.
55. Griffiths H, Smith JAC. 1983. Photosynthetic pathways in the Bromeliaceae of Trinidad: relations between life-forms, habitat preference and the occurrence of CAM. *Oecologia* 60, 176–184.
56. Grubb PJ, Edwards PJ. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rainforest in New Guinea. III. The distribution of mineral elements in the above-ground material. *Journal of Ecology* 70, 623–648.
57. Halbinger C. 1941. Hardy and beautiful Mexican *Laelias*. *American Orchid Society Bulletin* 10, 31–32.
58. Harper JL. 1977. *Population biology of plants* London: Academic Press.
59. Härtel O. 1940. Physiologische Studien an Hymenophyllaceae. II. Wasserhaushalt und Resistenz. *Protoplasma* 34, 489–514.
60. Helbsing S, Riederer M, Zotz G. 2000. Cuticles of vascular epiphytes: efficient barriers for water loss after stomatal closure? *Annals of Botany* 86, 765–769.
61. Hietz P. 1997. Population dynamics of epiphytes in a Mexican humid montane forest. *Journal of Ecology* 85, 767–777.
62. Hietz P, Briones O. 1998. Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. *Oecologia* 114, 305–316.
63. Hietz P, Wanek W, Popp M. 1999. Stable isotopic composition of carbon and nitrogen, and nitrogen content in vascular epiphytes along an altitudinal transect. *Plant, Cell and Environment* 22, 1435–1443.
64. Hofstede RGM, Wolf JHD, Benzing DH. 1993. Epiphytic biomass and nutrient status of a Colombian upper montane rain forest. *Selbyana* 14, 37–45.
65. Holbrook NM, Putz FE. 1996. From epiphyte to tree: differences in leaf structure and leaf water relations associated with the transition in growth form in eight species of hemiepiphytes. *Plant, Cell and Environment* 19, 631–642.

66. Holtum JAM, Winter K. 1999. Degrees of crassulacean acid metabolism in tropical epiphytic and lithophytic ferns. *Australian Journal of Plant Physiology* 26, 749–757.
67. Johansson D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Suecica* 59, 1–136.
68. Klinge H. 1963. Über Epiphytenhumus aus El Salvador, Zentralamerika. II. Kennzeichnung des Humus durch analytische Merkmale. *Pedobiologia* 2, 102–107.
69. Körner C. 1991. Some often overlooked plant characteristics as determinants of plant growth: a reconsideration. *Functional Ecology* 5, 162–173.
70. Kress WJ. 1989. The systematic occurrence of vascular epiphytes. In: Lüttge U, ed. *Vascular plants as epiphytes: evolution and ecophysiology*. Ecological Studies. Heidelberg: Springer Verlag, 234–261.
71. Laman TG. 1995. *Ficus stupenda* germination and seedling establishment in a Bornean rain forest canopy. *Ecology* 76, 2617–2626.
72. Larson RJ. 1992. Population dynamics of *Encyclia tampensis* in Florida. *Selbyana* 13, 50–56.
73. Le Gouallec JL, Cornic G, Blanc P. 1990. Relations between sunfleck sequences and photoinhibition of photosynthesis in a tropical rain forest understorey herb. *American Journal of Botany* 77, 999–1006.
74. Lesica P, Antibus RK. 1990. The occurrence of mycorrhizae in vascular epiphytes of two Costa Rican rain forests. *Biotropica* 22, 250–258.
75. Lüttge U. 1997. *Physiological ecology of tropical plants*. Berlin: Springer Verlag.
76. Lüttge U. 1999. One morphotype, three physiotypes: sympatric species of *Clusia* with obligate C₃ photosynthesis, obligate CAM and C₃-CAM intermediate behaviour. *Plant Biology* 1, 138–148.
77. Martin CE, Schmitt AK. 1989. Unusual water relations in the CAM atmospheric epiphyte *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae). *Botanical Gazette* 150, 1–8.

78. Matelson TJ, Nadkarni NM, Longino JT. 1993. Longevity of fallen epiphytes in a neotropical montane forest. *Ecology* 74, 265–269.
79. Maxwell C, Griffiths H, Young AJ. 1994. Photosynthetic acclimation to light regime and water stress by the C₃-CAM epiphyte *Guzmania monostachia*: gas-exchange characteristics, photochemical efficiency and the xanthophyll cycle. *Functional Ecology* 8, 746–754.
80. Mooney HA, Bullock SH, Ehleringer JR. 1989. Carbon isotope ratios of plants of a tropical forest in Mexico. *Functional Ecology* 3, 137–142.
81. Muchow RC, Sinclair TR. 1989. Epidermal conductance, stomatal density and stomatal size among genotypes of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Plant, Cell and Environment* 12, 425–431.
82. Ng CKY, Hew CS. 2000. Orchid pseudobulbs—‘false’ bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival. *Scientia Horticulturae* 83, 165–172.
83. Nowak EJ, Martin CE. 1997. Physiological and anatomical responses to water deficits in the CAM epiphyte *Tillandsia ionantha* (Bromeliaceae). *International Journal of Plant Sciences* 158, 818–826.
84. Parkhurst DF. 1994. Diffusion of CO₂ and other gases inside leaves. *New Phytologist* 126, 449–479.
85. Putz FE, Holbrook NM. 1989. Strangler fig rooting habits and nutrient relations in the Llanos of Venezuela. *American Journal of Botany* 76, 781–788.
86. Rabatin SC, Stinner BR, Paoletti MG. 1993. Vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi, particularly *Glomus tenue*, in Venezuelan bromeliad epiphytes. *Mycorrhiza* 4, 17–20.
87. Richardson BA, Richardson MJ, Scatena FN, McDowell WH. 2000. Effects of nutrient availability and other elevational changes on bromeliad populations and their invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 16, 167–188.
88. Richardson KA, Currah RS. 1995. The fungal community associated with the roots of some rainforest epiphytes of Costa Rica. *Selbyana* 16, 49–73.

89. Roderick ML, Berry SL, Saunders AR, Noble IR. 1999. On the relationship between the composition, morphology and function of leaves. *Functional Ecology* 13, 696–710.
90. Schmidt G, Stuntz S, Zotz G. 2001. Plant size—an ignored parameter in epiphyte ecophysiology. *Plant Ecology* 153, 65–72.
91. Schmidt G, Zotz G. 2000. Herbivory in the epiphyte, *Vriesea sanguinolenta* Cogn. & Marchal (Bromeliaceae). *Journal of Tropical Ecology* 16, 829–839.
92. Schmidt G, Zotz G. 2001. Ecophysiological consequences of differences in plant size—in situ carbon gain and water relations of the epiphytic bromeliad, *Vriesea sanguinolenta*. *Plant, Cell and Environment* 24, 101–112.
93. Vance ED, Nadkarni NM. 1990. Microbial biomass and activity in canopy organic matter and the forest floor of a tropical cloud forest. *Soil Biology and Biochemistry* 22, 677–684.
94. Yong JWH, Hew CS. 1995. The importance of photoassimilate contribution from the current shoot and connected back shoots to inflorescence size in the thin-leaved sympodial orchid *Oncidium Goldiana*. *International Journal of Plant Science* 156, 450–459.
95. Zimmerman JK. 1990. Role of pseudobulbs in growth and flowering of *Catasetum viridiflavum* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 77, 533–542.
- Zotz G, Andrade J-L. 1998. Water relations of two co-occurring epiphytic bromeliads. *Journal of Plant Physiology* 152, 545–554.
96. Zotz G, Andrade J-L. 2001. Ecología de epífitas y hemiepífitas. In: Guariguata M, Kattan G, eds. *Ecología de Bosques lluviosos Neotropicales*. San José, Costa Rica: IICA (in press).
97. Zotz G, Hietz P, Schmidt G. 2001 a. Small plants, large plants: the importance of plant size for the physiological ecology of vascular epiphytes. *Journal of Experimental Botany* 52, 2051–2056.
98. Zotz G, Thomas V. 1999. How much water is in the tank? Model calculations for two epiphytic bromeliads. *Annals of Botany* 83, 183–192.

99. Zotz G, Winter K. 1994 a. Annual carbon balance and nitrogen use efficiency in tropical C3 and CAM epiphytes. *New Phytologist* 126,481–492.

100. Zotz G, Winter K. 1994 b. A one-year study on carbon, water and nutrient relationships in a tropical C3-CAM hemiepiphyte, *Clusia uvitana*. *New Phytologist* 127,45–60.

101. Zotz G, Winter K. 1996. Diel patterns of CO₂ exchange in rainforest canopy plants. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smith AP, eds. *Tropical forest plant ecophysiology*. New York: Chapman & Hall, 89–113.