

Происхождение и распространение цветковых растений в связи с коэволюцией

Устинова Елена,
4 курс, кафедра биологической эволюции

1) Происхождение цветка

2) Разнообразиие цветковых растений

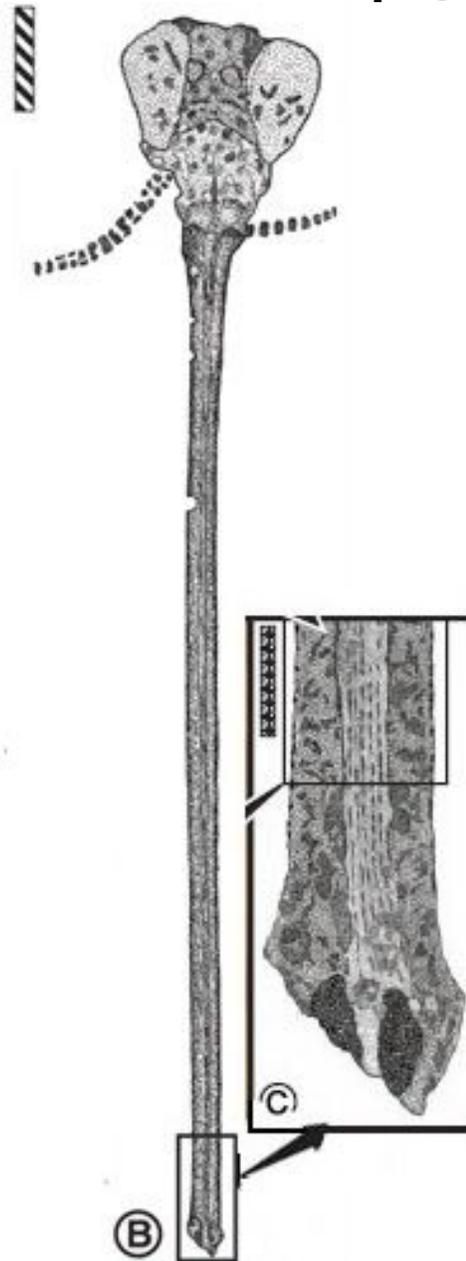
Кoeволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Dong Ren, Conrad C. Labandeira, Jorge A. Santiago-Blay, Alexandr Rasnitsyn, ChungKun Shih, Alexei Bashkuev, M. Amelia V. Logan, Carol L. Hotton, David Dilcher. A Probable Pollination Mode Before Angiosperms: Eurasian, Long-Proboscid Scorpionflies // Science. 6 November 2009. V. 326. P. 840–847.

Скорпионницы — реликтовый отряд насекомых, в котором сейчас насчитывается около 600 видов. Оказалось, что эти насекомые были превосходными опылителями еще до появления цветковых растений.

Козволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Отпечаток скорпионницы из позднеюрского местонахождения Внутренней Монголии. А — весь отпечаток (длина масштабной линейки 10 мм); В — прорисовка головы из рамки на рис. А (длина масштабной линейки 1 мм); С — прорисовка микрофотографии конца хоботка с деталями строения из рамки на рис. В (длина масштабной линейки 0,1 мм). Виден проводящий каналец в центре хоботка. Рис. из обсуждаемой статьи в Science

Козволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Реконструкции семязачатков для видов голосеменных, которые найдены вместе со скорпионницами: **1** — *Caytonia sewaldi* (Caytoniaceae), **2** — *Leptostrobus cancer* (Czekanovskiaceae), **3** — *Prolematospermum ovale* (гнетовые), **4** — *Alvinia bohémica* (Cheirolepidaceae), **5** — *Carnoconites compactus* (Pentoxylaceae). Хорошо видны удлиненные отверстия микропиле, сквозь которые насекомые сосали нектар вытянутыми хоботками. Фрагменты рисунка из обсуждаемой статьи в *Science*

Коэволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Gymnopolisthrips minor

Коэволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков

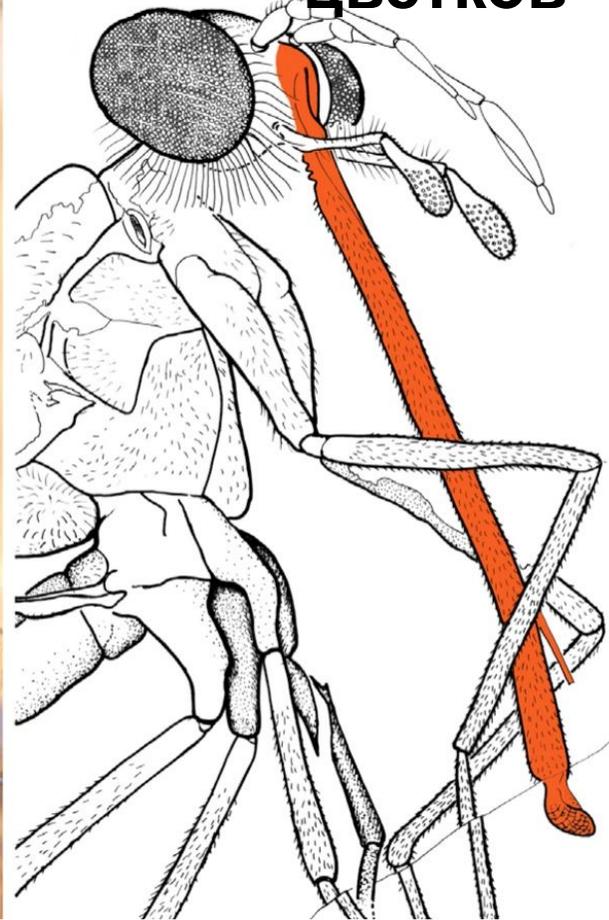


Трёхмерная реконструкция *Darwinylus marcosi*

Peris, 2016 с пыльцой *Monosulcites* Cookson, 1947 ex Couper, 1953

The case of *Darwinylus marcosi* (Insecta: Coleoptera: Oedemeridae): A Cretaceous shift from a gymnosperm to an angiosperm pollinator mutualism. David Peris, Conrad C. Labandeira^{a,b,c,d}, Enrique Penalver, Xavier Delclouf, Eduardo Barroñe, and Ricardo Pérez-de la Fuente^g

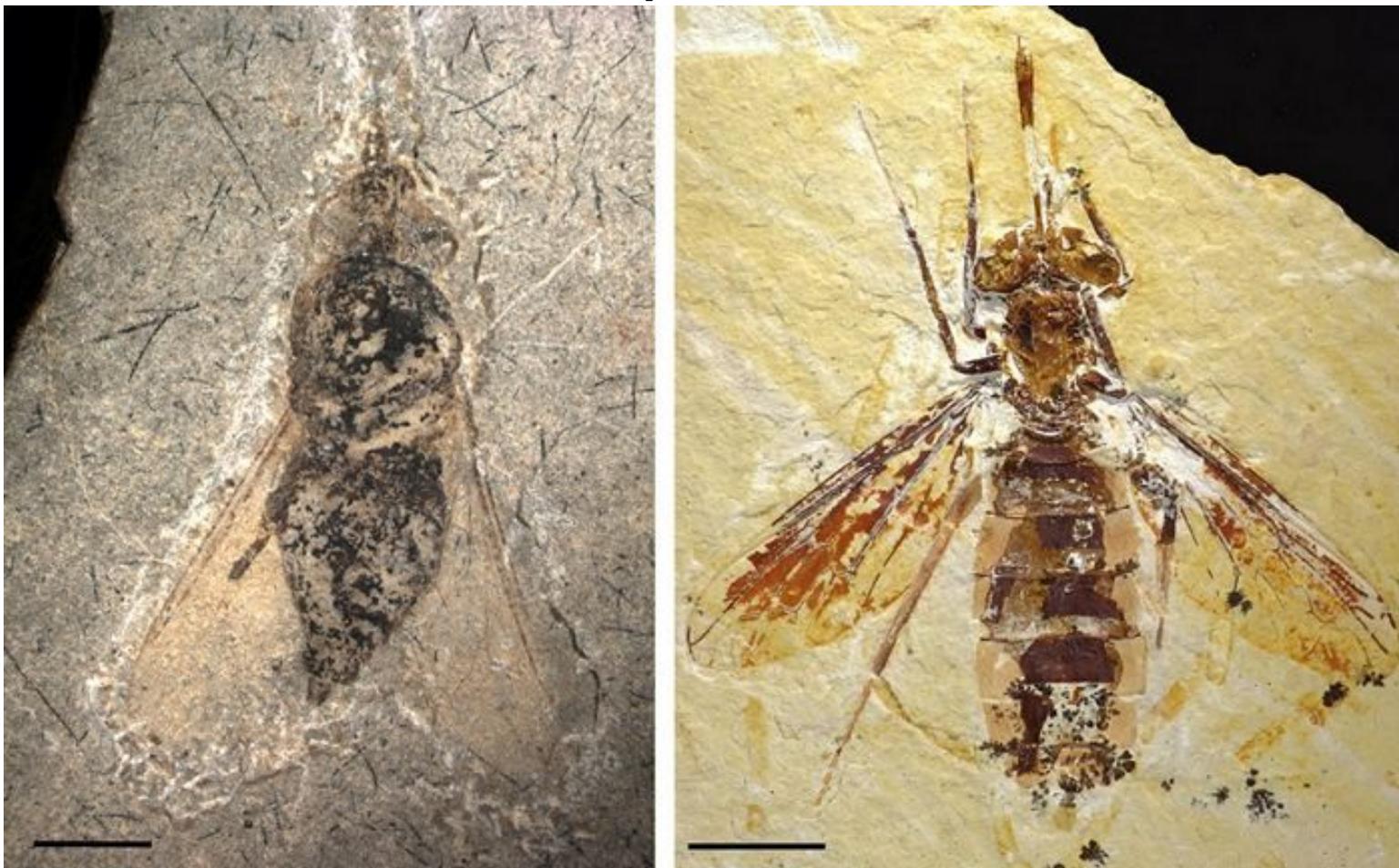
Коэволюция насекомых и растений началась задолго до появления ЦВЕТКОВ



E. Peñalver et al., 2015.
Long-Proboscis Flies as
Pollinators of Cretaceous
Gymnosperms

Buccinatormyia magnifica, относящаяся к вымершему семейству Zhangsolvidae. Она была найдена в испанском нижнемеловом янтаре возрастом 105 млн лет. В погоне за сахаристой жидкостью эти мухи вместе с мухами-долгохоботницами (Nemestrinidae) посещали стробилы (шишки) древних голосеменных и, возможно, выступали при этом в роли опылителей

Коэволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Слева — *Protonemestrius martynovi* (сем. Nemestrinidae), верхняя юра Казахстана.
Справа — *Cratomyia macrorrhyncha* (сем. Zhangsolvidae), нижний мел Бразилии. Длина масштабных отрезков 2 и 5 мм соответственно. Фото © Александров Храмов и из книги D. Grimaldi, M. S. Engel, 2005. Evolution of the Insects

Коэволюция насекомых и растений началась задолго до появления цветков



Слева — женские шишки вельвичии с опылительными каплями. Справа — двукрылые на женских шишках вельвичии: вверху — комнатная муха, внизу — представитель мух-жужжал (*Bombyliidae*). Фото с сайта [flickr.com/photos/planthead667/](https://www.flickr.com/photos/planthead667/) и из статьи W. Wetschnig, B. Depish, 1999. Pollination biology of *Welwitschia mirabilis* HOOK. f. (Welwitschiaceae, Gnetopsida)

Австралийские саговники управляют насекомыми-опылителями

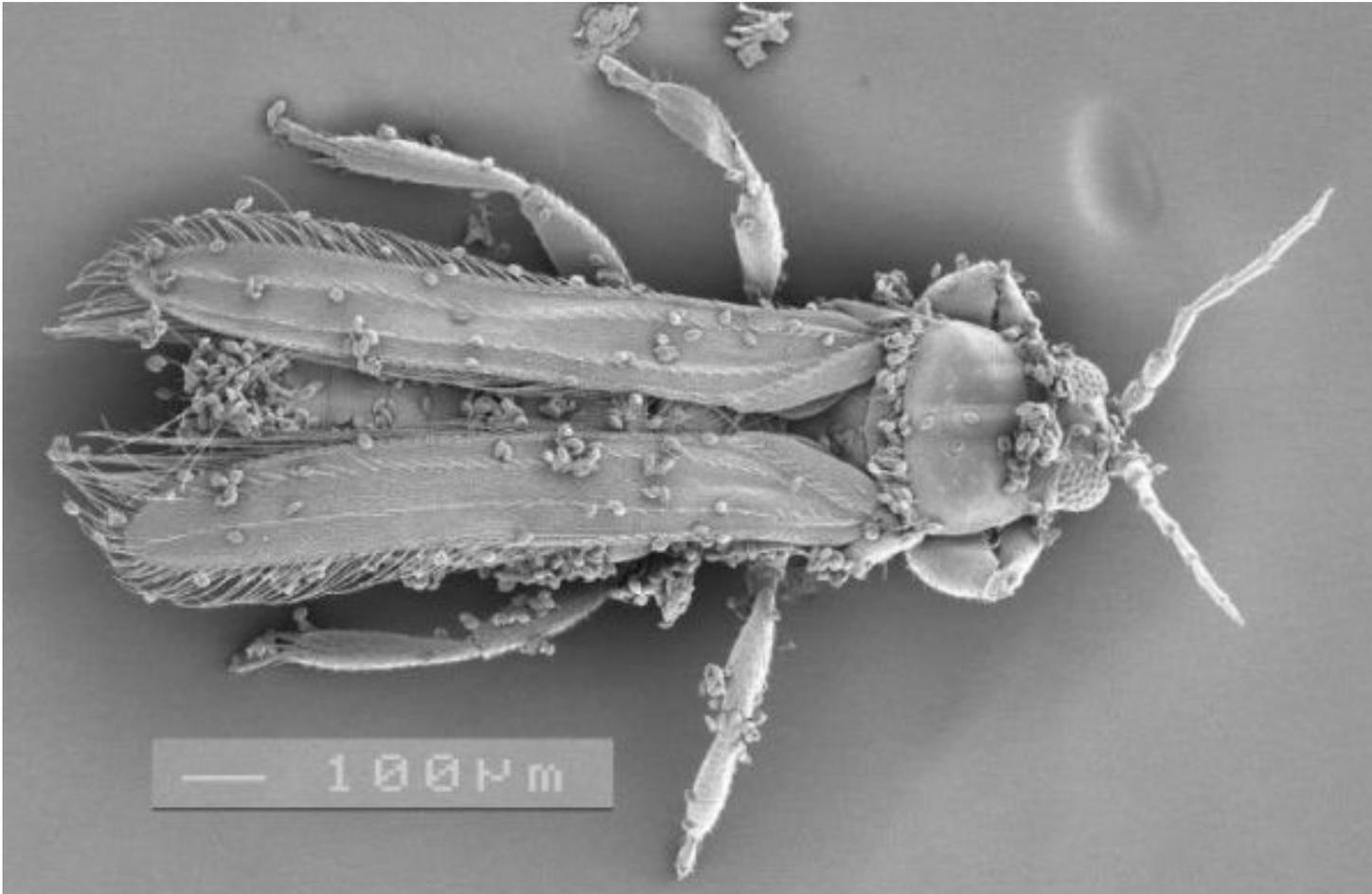


Мужская шишка саговника *Macrozamia lucida* (© Irene Terry). Фото из пресс-релиза Университета Юты

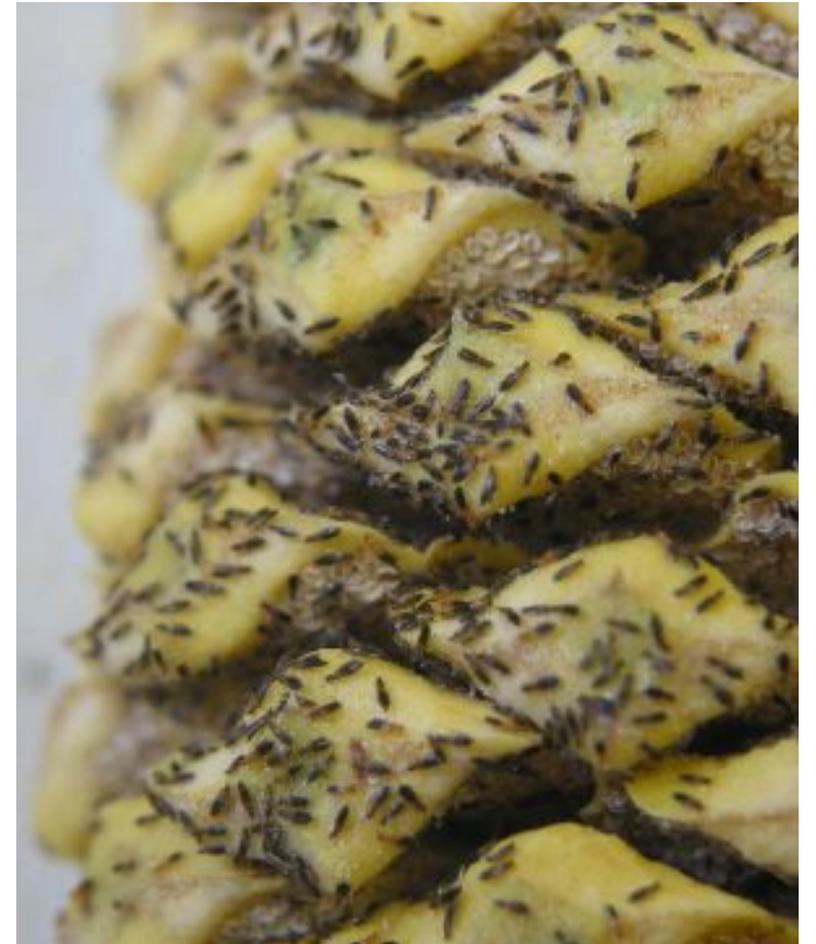


Взрослый трипс внутри мужской шишки австралийского саговника (© Laurence Mound). Фото из пресс-релиза Университета Юты

Австралийские саговники управляют насекомыми-опылителями



Трипс *Cycadothrips chadwicki* с прилипшей к нему пыльцой саговника (© Desley Tree).



Массовый исход трипсов из нагретшейся мужской шишки саговника (© Irene Terry).

Типы опыления у первых цветковых растений

Table 6.7 Proposed pollen criteria to predict pollinators based on pollen type based on living angiosperms including the basal angiosperms.

	< 20 μm	20–24 μm	25–40 μm	41–300 μm	> 300 μm
Sculptured	animal	animal	animal (?ambophilous if not sticky)	animal	water
Moderately sculptured	animal	animal	animal (?ambophilous if not sticky)	animal	water
Minimally sculptured	animal	?ambophilous if not sticky	wind	animal	water

Hu S, Dilcher DL, Winship Taylor D. Pollen evidence for the pollination biology of the early flowering plants. In Patiny S. (Ed.), Evolution of plant-pollinator relationships, Cambridge University Press, Cambridge, 2012; 166-236.

Типы опыления у первых цветковых растений

Палеоген	Палеоцен	Датский	меньше
Мел	Верхний	Маастрихтский	72,1—66,0
		Кампанский	83,6—72,1
		Сантонский	86,3—83,6
		Коньякский	89,8—86,3
		Туронский	93,9—89,8
		Сеноманский	100,5—93,9
	Нижний	Альбский	113,0—100,5
		Аптский	125,0—113,0
		Барремский	129,4—125,0
		Готеривский	132,9—129,4
		Валанжинский	139,8—132,9
		Берриасский	145,0—139,8
Юра	Верхняя	Титонский	больше

1) Валанжинский: опылители-генералисты (жуки, мухи, одиночные пчелы). Возможно, амбофилия.

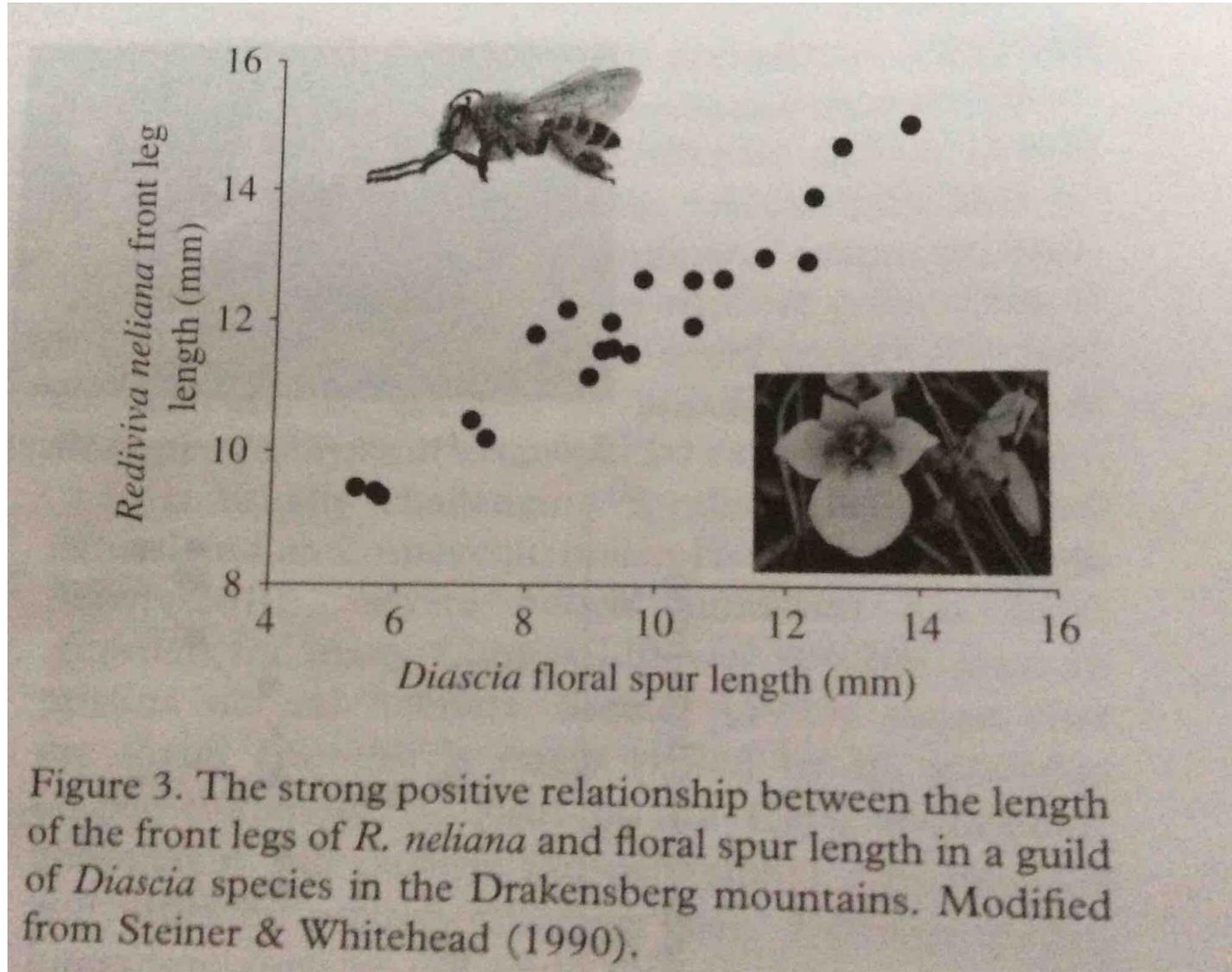
2) Готеривский – Барремский: массово опылители-генералисты и амбофилия. Возможно, появление специализированных насекомых-опылителей и анемофилии.

3) Аптский – Альбский: появление специализации, в том числе к анемофилии

Разнообразии цветковых растений в связи с энтомофилией

"The rapid development as far as we can judge of all the higher plants within recent geological times is an abominable mystery."
(Darwin, Charles R., letter to J.D. Hooker, July 22nd 1879, in Darwin F. & Seward A.C., eds., "More Letters of Charles Darwin: A Record of His Work in a Series of Hitherto Unpublished Papers," John Murray: London, 1903, Vol. II, pp. 20-21)

«корреляционные» исследования



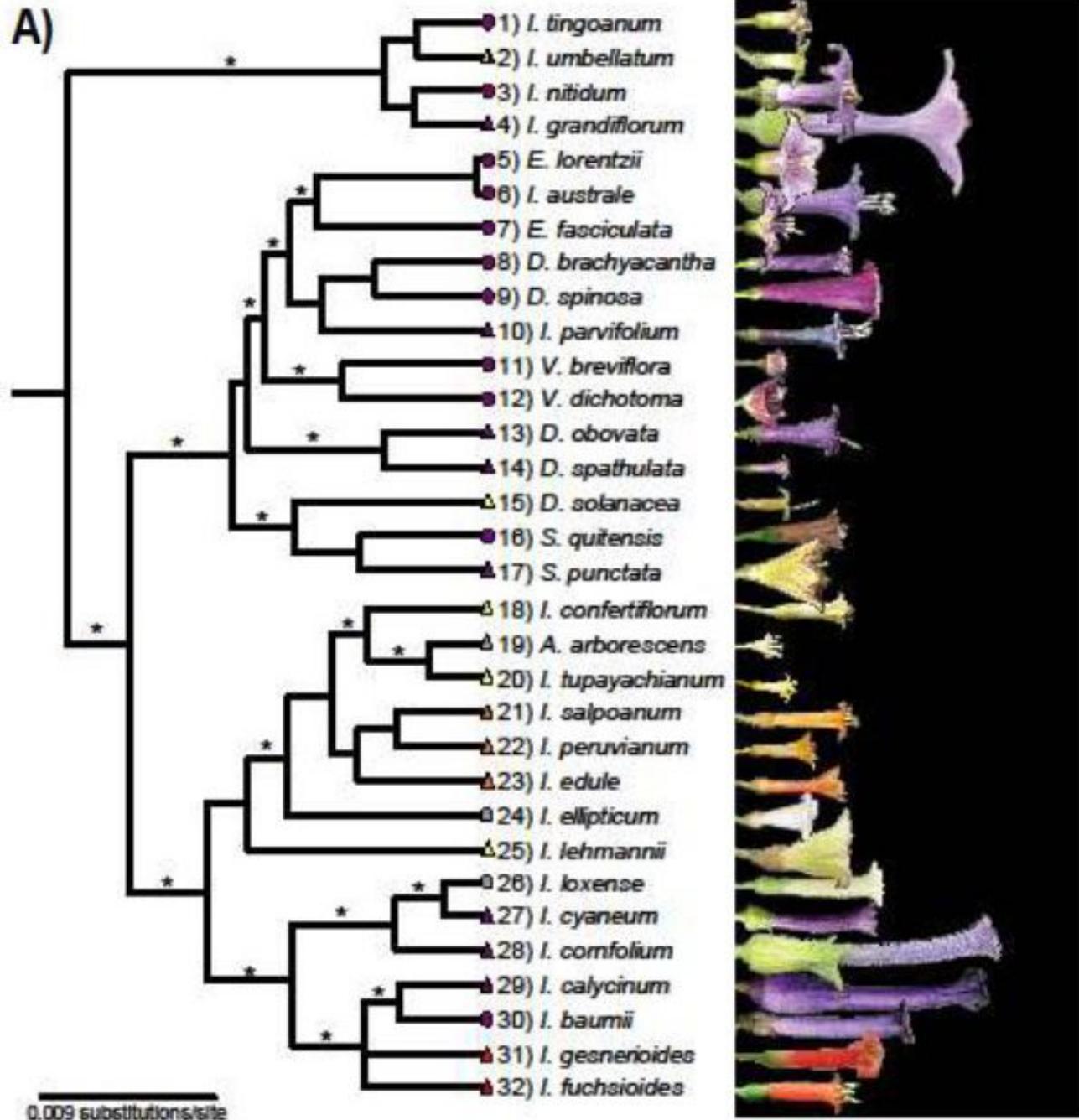
Johnson, S.D. (2010) The pollination niche and its role in the diversification and maintenance of the southern African flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*.

Конкуренция за опылителей делает совместно цветущие виды пасленовых непохожими по окраске

Разнообразие окрасок венчиков у растений из трибы иохромовые (семейство Пасленовые) объясняется их взаимной конкуренцией за опылителей. А — *Lochroma umbellate* (одна из двух морф; фото с сайта commons.wikimedia.org); В — *Lochroma fuchsioides* (фото с сайта en.wikipedia.org); С — *Vassobia breviflora* (фото с сайта www.infernochili.net); D — *Dunalia spinosa* (фото с сайта dixpix.ca)



Nathan Muchhala, Sönke Johnsen, Stacey Dewitt Smith. Competition for Hummingbird Pollination Shapes Floral Color Variation in Andean Solanaeae // Evolution. 2014. Accepted Article. DOI: 10.1111/evo.12441.



филогенетическое дерево, показывающее родственные отношения между использованными в работе 32 видами иохромовых, а также внешний вид и окраска их цветков.

Кружками отмечены симпатричные виды (сосуществующие с другими видами иохромовых), а треугольниками — аллопатричные.

Сокращенные названия родов: A. — *Acnistus*, D. — *Dunalia*, E. — *Eriolarynx*, I. — *Ipomoea*, S. — *Saracha*, V. — *Vassobia*

Растения приспосабливаются к новым опылителям всего за несколько поколений



Daniel D. L. Gervasi,
Florian P. Schiestl.
Real-time divergent
evolution in plants driven
by pollinators // Nature
Communications. 2017.
DOI:
[10.1038/ncomms14691](https://doi.org/10.1038/ncomms14691).

Земляной шмель *Bombus terrestris* (слева) и муха-журчалка *Episyrphus balteatus* (справа).
Фото: © Александр Просви́ров