

# 1) Modelová rostlina *Arabidopsis thaliana*

## Mapování a studium funkce genů: *Arabidopsis* projekty

### Update 2008

Jones AM et al. (2008) The impact of *Arabidopsis* on human health: diversifying our portfolio.  
Cell 133: 939-943

Studies of the model plant *Arabidopsis thaliana* may seem to have little impact on advances in medical research, yet a survey of the scientific literature shows that this is a misconception. Many discoveries with direct relevance to human health and disease have been elaborated using *Arabidopsis*, and several processes important to human biology are more easily studied in this versatile model plant.

### Update 2010

Koornneef M, Meinke D (2010) The development of *Arabidopsis* as a model plant.  
Plant Journal 61: 909-921

# 1) Modelové rostliny jsou nezbytné pro naše přežití

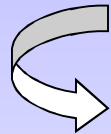
## Nezbytnost rostlin pro naši existenci na Zemi:

- fotosyntéza - zdroj biologické energie; koloběh molekul  $O_2$  a  $CO_2$ , které nám umožňují žít
- výživa a vitamíny
- průmyslové využití
- farmaceutické využití



Potřeba zefektivnit zemědělství, aby bylo možno uživit svět

Nutnost poznat základní molekulární a fyziologické procesy  
v rostlinách = poznat funkce genů



Studium co nejjednodušších organismů = rychlejší nalezení funkce genů



**Potřeba modelových rostlin**

## 2) Co je *Arabidopsis* a proč je tak atraktivní, že se stala modelovou rostlinou?



- a) Produkuje tisíce semen na jedné rostlině
- b) Má rychlý životní cyklus: 6-8 týdnů
- c) Je autogamní (self-fertile) a diploidní
- d) Je malá vzrůstem: 10 – 30 cm vysoká
- e) Snadno se mutuje a transformuje
- f) Má nízký počet chromozomů a malý genom

**1907** Friedrich Loribal, Bonn, Německo – první pracoval na *Arabidopsis thaliana*: **5 chromozomů**

**1943** navrhl *Arabidopsis* jako **modelovou rostlinu**

**a) Produkuje tisíce semen na jedné rostlině**

Vysoký počet semen je ideální z hlediska mutagenese - je možno mutovat velký počet semen současně => větší šance úspěšné mutagenese

Vysoký počet semen je výhodný z hlediska studia mutací a genetických testů.

**b) Má rychlý životní cyklus: 6 – 8 týdnů**

*Arabidopsis* roste celý rok a má několik generací.

Krátký životní cyklus umožňuje rychlou genetickou analýzu.

**c) Je autogamní (self-fertile) a diploidní**

Květy neprodukuje nektar => málo atraktivní pro hmyz => => rostliny vyvinuly autogamii => jsou homozygotními liniemi

Díky diploidii se snadno identifikují recesivní znaky



**d) Je malá vzrůstem: 10 – 30 cm vysoká**

Ekonomičtější pěstování rostlin: díky malému vzrůstu můžeme pěstovat velký počet rostlin na malé ploše ve skleníku či růstových komorách.

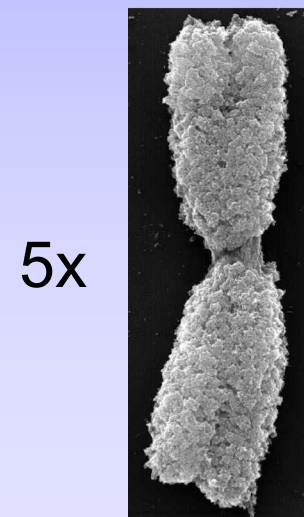
**e) Snadno se mutuje a transformuje**

Díky velkému počtu mutantů a transformantů je identifikace genů, jejich klonování a studium jejich funkce rychlejší

**f) Má nízký počet chromozomů a malý genom**

*Arabidopsis* má 5 chromozomů; DNA je tvořena 100-120 x 10<sup>6</sup> bp (base pairs).

Malý genom je důsledkem malého množství repetitivní DNA: 90% nukleární DNA kóduje proteiny => rychlá saturace genomu mutacemi a relativně rychlá možnost gen identifikovat.



### 3) Vývoj *Arabidopsis* komunity.

#### XI. Genetický kongres v Hagu (1963)

Založen *Arabidopsis* information service (AIS) – výměna informací o *Arabidopsis*

Byl publikován první AIS Newsletter, u jehož zrodu stál **Jiří Velemínský.**



#### 1965 1. *Arabidopsis* symposium V Göttingenu, Německo, 25 účastníků.

Fyziologické a genetické studie mutantů, první zpráva o genetickém mapování a metodách mutageneze

#### 70. Léta – pokles zájmu o *Arabidopsis*

Zájem se obrátil na jiné typy rostlin, na jejichž výzkum bylo snadnější získat finance.



## 70. léta: pouze několik skupin pokračovalo v práci na *Arabidopsis*:

- Jaap van der Veen (Holandsko) - mutagenese, kvetení, hormony
- Paddy Maher (Velká Británie) - auxin-sensitivní mutanti
- WJ Feenstra (Holandsko) - mutanti transportu dusíku
- David Meinke a Yan Sussex (USA, Oklahoma) – embryo-letální mutanti

<http://plantbionet.okstate.edu/faculty/meinke/dmeinke.html>



David Meinke (USA)



Tyto skupiny generovaly a izolovaly celou řadu mutantů a rozpoznaly opravdový význam *Arabidopsis* jako modelové rostliny.

**1983** – Publikována 1. genetická mapa *Arabidopsis thaliana*  
Prof. Marteen Koornneef (Holandsko, Wageningen)



Opravdový zájem o *Arabidopsis*



Marteen Koornneef (Holandsko)

[http://www.gen.wur.nl/UK/Staff/Scientific+Staff/Maarten+Koornneef/?wbc\\_purpose=Basic&WBCMODE=PresentationUnpublished](http://www.gen.wur.nl/UK/Staff/Scientific+Staff/Maarten+Koornneef/?wbc_purpose=Basic&WBCMODE=PresentationUnpublished)

## 4) Molekulární éra

Nástup molekulární biologie na počátku 80. let - příslib nových převratných objevů v rostlinné biologii ( + George Rédei).



George Rédei (USA)



Elliot Meyerowitz (USA)

<http://www.its.caltech.edu/~plantlab/>



Fred Ausubel (USA)

<http://ausubellab.mgh.harvard.edu/>

### Zásadní objevy na přelomu 70. a 80. let:

- Schopnost *Agrobacterium tumefaciens* přenášet DNA do jaderného genomu vyšších rostlin => přelom v možnostech zkoumání funkce genů
- Potvrzení velikosti jaderného genomu *Arabidopsis* =  $70 \times 10^6$  bp => rychlejší klonování genů



Významní vědci, pracující v jiných oblastech biologie pochopili význam malého *Arabidopsis* genomu pro rychlé klonování a identifikaci funkcí genů:

- Ron Davis - výzkum kvasinek
- Gerry Fink - výzkum kvasinek
- Howard Goodman – zakladatel molekulární biologie

**Konec 80. Let – masová adobce *Arabidopsis***



Gerry Fink (USA)



**1987** Elliot Meyerowitz – vize výzkumu *Arabidopsis* genomu – klonování genů pomocí metody positional cloning; strategie výzkumu

Meyerowitz EM (1987) *Arabidopsis thaliana*. Annu Rev Genet 21: 93-111

Meyerowitz a Goodman založili genomické zdroje (RFLP mapy, YAC knihovny, atd.), které usnadňují a urychlují klonování genů.



**1992** První geny klonované pomocí positional cloning – práce trvala **2 roky**

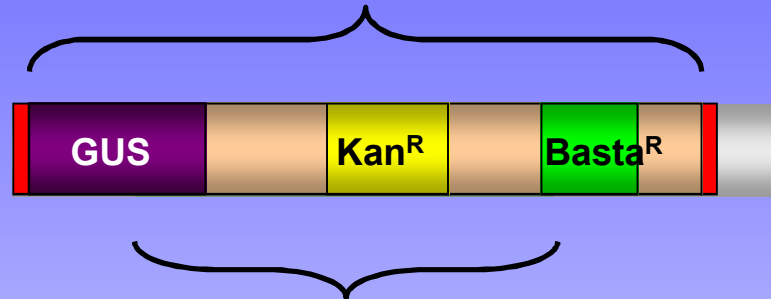
**1987** Ken Feldman a David Marks – první kolekce T-DNA mutantů u *Arabidopsis*

David Marks (USA)



<http://www.cbs.umn.edu/plantbio/faculty/MarksDavid/>

T-DNA konstrukt vnesený do rostlinné DNA pomocí *Agrobacterium tumefaciens*



Neznámý gen, který chceme klonovat

**1989** První gen z této kolekce byl klonován během několika měsíců

Marks D, Feldman K (1989) *Plant Cell* 1: 1043-1050

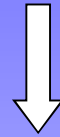
Feldman K et al. (1989) *Science* 243: 1351-1354

**Nastává éra molekulární biologie u *Arabidopsis***





Konec **80. let** se vyznačuje rostoucím zájmem o práci na *Arabidopsis*

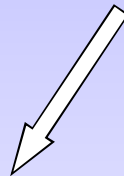


Konference o *Arabidopsis* v Michiganu 1987: 217 účastníků



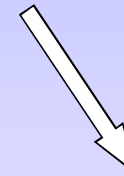
**1988** Vznik první elektronické skupiny = informační *Arabidopsis* servis;  
dnes nahrazen databázemi

TAIR a GARNET



The **A**rabidopsis **I**nformation **R**esource

<http://www.arabidopsis.org>



**G**enomic **A**rabidopsis **R**esource **N**etwork

<http://www.york.ac.uk/res/garnet/garnet.htm>

Rychlé zdokonalení metod transformace *Arabidopsis* => účinnější metody transformace => rychlá saturace genomu *Arabidopsis*

**1993** George Pelletier, INRA, Francie – transformace *Arabidopsis* metodou *in planta* => velká kolekce T-DNA mutantů

<http://weedsworld.arabidopsis.org.uk/Vol2ii/pelletier.html>

**Příklad využití T-DNA mutantů:** izolace mutantů, jejichž analýzou byly identifikovány a klonovány homeotické květní geny *AG*, *PI*, *AP2*, *AP3*.



Laboratoř E. Meyerowitz:  
Elegantní model vývoje  
květních orgánů:

**ABC model**



Marteen Koornneef (Holandsko)



Bowman JL et al. (1991) *Development* 112: 1-20

John Bowman (USA)

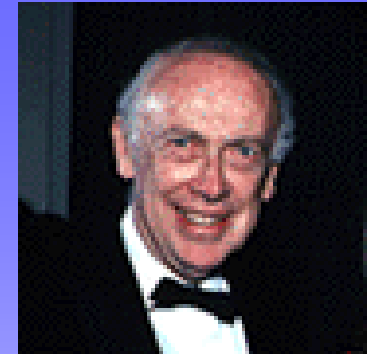


Téma 2.  
přednášky z  
MBR

<http://www.biolsci.monash.edu.au/staff/bowman/index.html>

## 5) *Arabidopsis* projekty

**1989** James Watson (Cold Spring Harbor Laboratory; spoluobjevitel DNA, Nobel Price 1962) - inicioval diskusní mítink o *Arabidopsis* (Eric Bloch – NSF).



James Watson (USA)

Ron Davis  
Gerry Fink  
Elliot Meyerowitz  
Chris Somerville  
Ken Feldman

[http://www.mnsu.edu/emuseum/information/biography/uvwxyz/watson\\_james.html](http://www.mnsu.edu/emuseum/information/biography/uvwxyz/watson_james.html)

Koncept **1. *Arabidopsis* projektu**, zaštitěn Watsonem a financovaný National Science Foundation (NSF)



Chris Somerville (USA)

**1990** Vznik National and Multinational *Arabidopsis* Steering Committees – výzva laboratořím ve světě k práci na *Arabidopsis*.

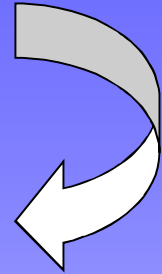
**Cíl projektu:** Osekvenovat celý *Arabidopsis* genom do roku 2003

<http://epmb.berkeley.edu/facPage/dispFP.php?l=1417>



Vzniká potřeba vytvoření infrastruktury k organizaci a výměně informací mezi laboratořemi

**1991** Vytvoření *Arabidopsis* Stock Center v USA a UK, vývoj databází, založení knihoven klonů, mapovacího polymorfismu, atd.



**USA** – spíše zaměřeny na vývoj infrastruktury a genomických zdrojů

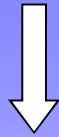
**Evropa** - spíše zaměřena na vlastní sekvenování - **BRIDGE projekt** = spojení 33 laboratoří v 9 zemích světa

- **UK** - oddělený projekt = spojení 41 laboratoří v 9 zemích světa

**1993 - ESSA projekt** = 19 laboratoří – zacílen na sekvenování souvislých regionů 2500 kb na chromosomech III, IV a V.

**1993** – Založen Kazusa DNA Research Institute v Japonsku = zapojení Japonska do projektu sekvenování *Arabidopsis* genomu

Rob Martiessen } **USA projekt** - zapojení do vlastního  
Dick McCombie } sekvenování; sponzorován NSF a  
Joe Ecker } USDA



**3 skupiny**  
spolupráce s:

ESSA      Kazusa      Francií

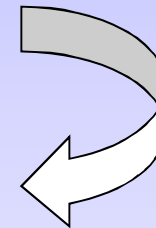


Joe Ecker (USA)

<http://www-biology.ucsd.edu/faculty/ecker.html>

**1996** Dohodnut mechanismus koordinace a kooperace

Vzniká ***Arabidopsis* Genome Initiative**



## 2000

# Dokončen projekt sekvenování *Arabidopsis* genomu

Publikováno ve speciálním čísle  
časopisu Nature:

Nature 408: 796 – 826, 2000



### Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana* THE ARABIDOPSIS GENOME INITIATIVE

Authorship of this paper should be cited as "*The Arabidopsis Initiative*"

The Institute for Genomic Research, 9712 Medical Centre Drive, Rockville, Maryland 20850, USA  
Kazusa DNA Research Institute, 1532-3 Yana, Kisarazu, Chiba 292, Japan

The flowering plant *Arabidopsis thaliana* is an important model system for identifying genes and determining their functions. Here we report the analysis of the genomic sequence of *Arabidopsis*. The sequenced regions cover 115.4 megabases of the 125-megabase genome and extend into centromeric regions. The evolution of *Arabidopsis* involved a whole-genome duplication, followed by subsequent gene loss and extensive local gene duplications, giving rise to a dynamic genome enriched by lateral gene transfer from a cyanobacterial-like ancestor of the plastid. The genome contains 25,498 genes encoding proteins from 11,000 families, similar to the functional diversity of *Drosophila* and *Caenorhabditis elegans*— the other sequenced multicellular eukaryotes. *Arabidopsis* has many families of new proteins but also lacks several common protein families, indicating that the sets of common proteins have undergone differential expansion and contraction in the three multicellular eukaryotes. This is the first complete genome sequence of a plant and provides the foundations for more comprehensive comparison of conserved processes in all eukaryotes, identifying a wide range of plant-specific gene functions and establishing rapid systematic ways to identify genes for crop improvement.

## 6) Functional Genomics Project

Před dokončením sekvenovacího projektu inicioval Joe Ecker v r. 1998 workshop.



Navrhl nový projekt

Joe Ecker (USA)



**Mise projektu:** Určit funkci všech genů *Arabidopsis*



Joe Ecker  
Joan Chory  
Detlev Weigel



Rozpracovali projekt na workshopu  
v roce 2001. Projekt publikován v Science:

*Science*, Vol 290, Issue 5499, 2077-2078,  
15 December 2000

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/290/5499/2077>

Joan Chory (USA)

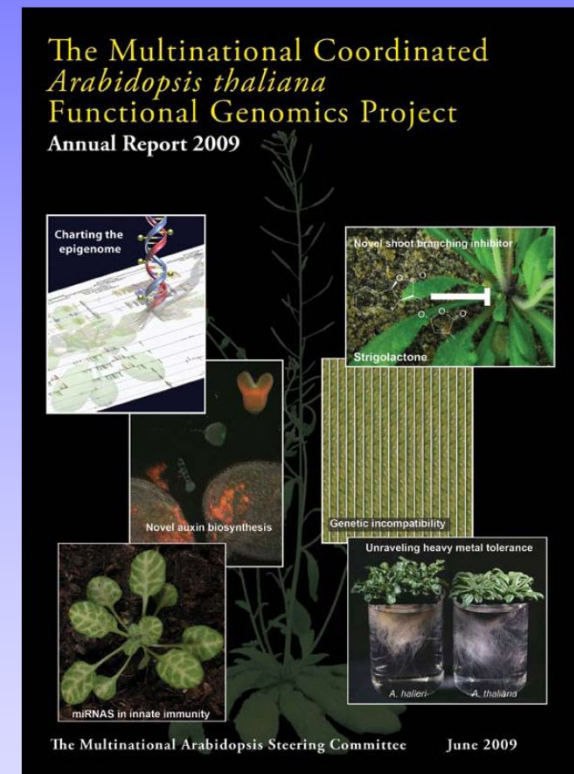
<http://www.salk.edu/faculty/chory.html>

## Functional Genomics Project: 2001 - 2010

### Cíle projektu:

[http://www.arabidopsis.org/portals/masc/2009\\_MASC\\_Report.pdf](http://www.arabidopsis.org/portals/masc/2009_MASC_Report.pdf)

- 1) Vyvinout genetické nástroje, včetně nových technologií vývoje, které umožní široké vědecké veřejnosti provádět funkční genomický výzkum na *Arabidopsis*
- 2) Identifikovat funkce genů celého systému: genová exprese, analýza proteinů, dynamika metabolitů, molekulární interakce, srovnávací genomika
- 3) Rozšířit roli bioinformatiky
- 4) Rozvoj komunity a lidských zdrojů
- 5) Zdokonalení mezinárodní spolupráce



Pravidelné roční zprávy MASC (The Multinational *Arabidopsis* Steering Committee): **2002, 2003, .....** => <http://www.arabidopsis.org> => Functional Genomics => <http://www.arabidopsis.org/portals/masc/index.jsp>



## Functional Genomics Project: 2001 - 2010

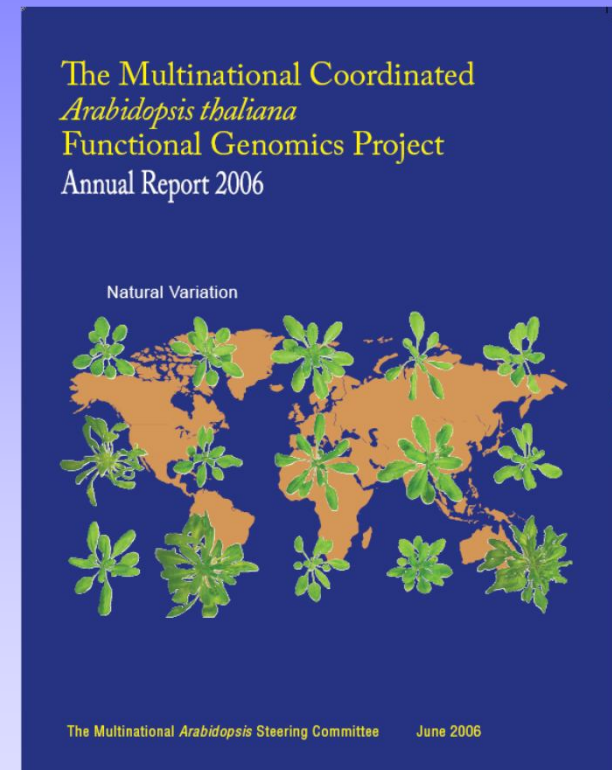
<http://www.nsf.gov/pubs/2002/bio0202/2010report.pdf>

### Hlavní výsledky za posledních 5 let:

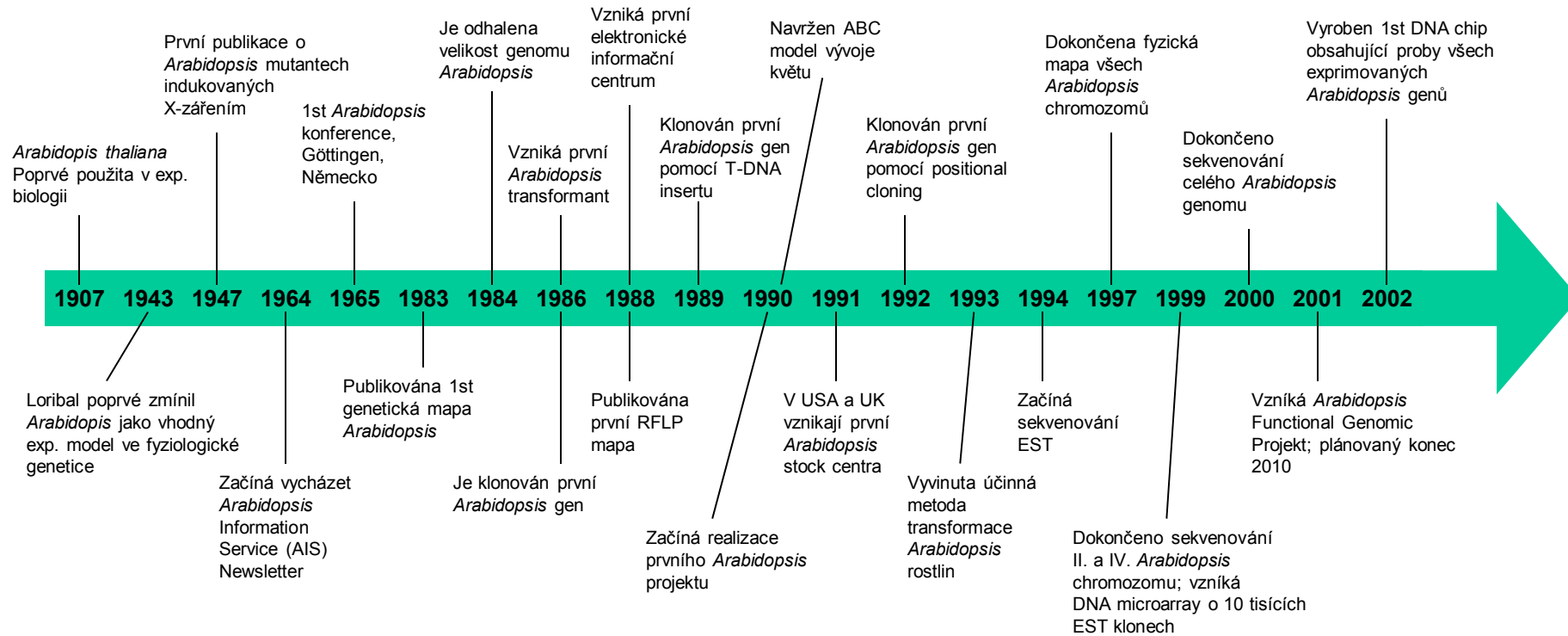
(Bevan and Walsch 2006, Genome Research 15: 1632-1642)

- 1) Upřesněna velikost genomu *Arabidopsis*: **146 Mbp**
- 2) Předpovězen počet genů kódujících protein: **26 207**
- 3) Počet genů kódujících proteiny, u nichž byly identifikovány transkripty: **19 117**
- 4) Počet proteinů: **27 855**
- 5) Počet genů s insercí v oblasti exonu a intronu: **24 589**

**Hlavní cíl v současné době:** využití výsledků projektu k identifikaci vývojových vztahů mezi rostlinami, především hospodářsky významnými



## Klíčové události ve výzkumu modelové rostliny *Arabidopsis thaliana* L.



Detailní chronologie *Arabidopsis* výzkumu:

<http://www.arabidopsis.com/main/tbl/chronology.htm>



## 7) Databáze

### *Arabidopsis* databáze



Eva Huala (USA) (TAIR)

**TAIR** = The *Arabidopsis* Information Resource: <http://www.arabidopsis.org>

V této databázi jsou možnosti:

Obečné vyhledávání

Získání rostlinného materiálu (semena, DNA,...)

Nottingham *Arabidopsis* Stock Center (NASc): <http://arabidopsis.info/>

*Arabidopsis* Biological Resource Center (ABRC): <http://abrc.osu.edu/>



Sean May (UK)  
(NASc)

Nástroje

BLAST: <http://www.arabidopsis.org/Blast/>

SeqView: <http://www.arabidopsis.org/servlets/sv>

Spojení na jiné stránky, další informace, novinky, atd.



Randy Scholl (USA)  
(ABRC)

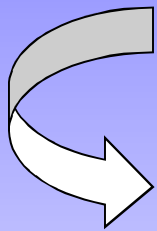
Přehled *Arabidopsis* zdrojů: <http://www.arabidopsis.com/main/res/resource.html>

The Arabidopsis Book:

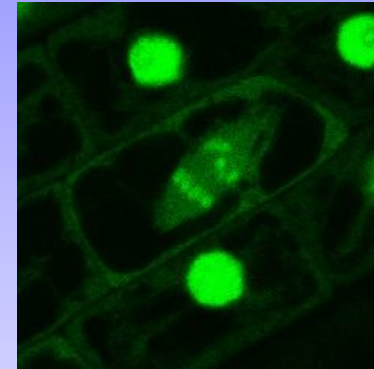


**American Society  
of Plant Biologists**

Online, free !!



<http://www.aspb.org/publications/arabidopsis/>



This electronic book, **The Arabidopsis Book (TAB)**, ISSN: 1543-8120, is an attempt at a new mode of communication between researchers and a new model for scientific publishing. **TAB** in its initial stage is a compilation of over 100 invited chapters, each reviewing in detail an important and interesting aspect of the plant *Arabidopsis thaliana*, with reference to what is known in other plants and in other kingdoms. **TAB** is available only via the Internet and will be available free of charge. The American Society of Plant Biologists is providing funds for the mounting and maintenance of the book on the Internet as a public service. [View and search full-text at BioOne](#)

## Obecné databáze

**GABI** = Genome Analysis of the Plant Biological System: <http://www.gabi.de>

**PlaNet** = A Network of European Plant Databases: <http://www.eu-plant-genome.net/>

## Údaje o genomech, informace o sekvencích, literární zdroje, atd.

**NCBI** = National Center for Biotechnology Information: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

**TIGR** = The Institute for Genomic Research:

<http://www.bnet.com/company/the+institute+for+genomic+research>

**Kazusa DNA Research Institute**: <http://www.kazusa.or.jp/en/plant>



## Použitá literatura

Mulligan B, Anderson M (1995) *Arabidopsis thaliana*: a versatile plant for teaching and research projects in genetics and plant biology. J Biol Education 29: 259 – 269.

Wilson ZA (2000) *Arabidopsis*. A practical approach. Oxford University Press.

Somerville C, Koornneef M (2002) A fortunate choice: the history of *Arabidopsis* as a model plant. Nature Reviews 3: 883 – 889.

The multinational coordinated *Arabidopsis* genomics project, MASC (2002).

Alberts B et al. (2004) Essential cell biology. 2nd ed., Garland Science Publishing.

Jones AM et al. (2008) The impact of *Arabidopsis* on human health: diversifying our portfolio. Cell 133: 939-943

Koornneef M, Meinke D (2010) The development of *Arabidopsis* as a model plant. Plant Journal 61: 909-921