



science.org



Organizmy modelowe

w badaniach biologicznych

Wywilżna karłowata

Drosophila melanogaster

dr Michał Koper,

m.koper@uw.edu.pl,

Instytut Genetyki i Biotechnologii UW,

20.03.2023r.

„Muszka owocowa” – Model, że „much nie siada”



„Muszka owocowa” – *Drosophila melanogaster*

Wywilżna karłowata

ang. *fruit fly, vinegar fly*

łac. *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830);

też *Sophophora melanogaster, Drosophilla sophophora melanogaster*

Drosophila = „lubiąca rosę”

melanogaster = „czarny żołądek (brzuch)”

Inne nazwy polskie: drozofila, karłowka, muszka owocowa, wywilżnia, wywilżanka, octówka

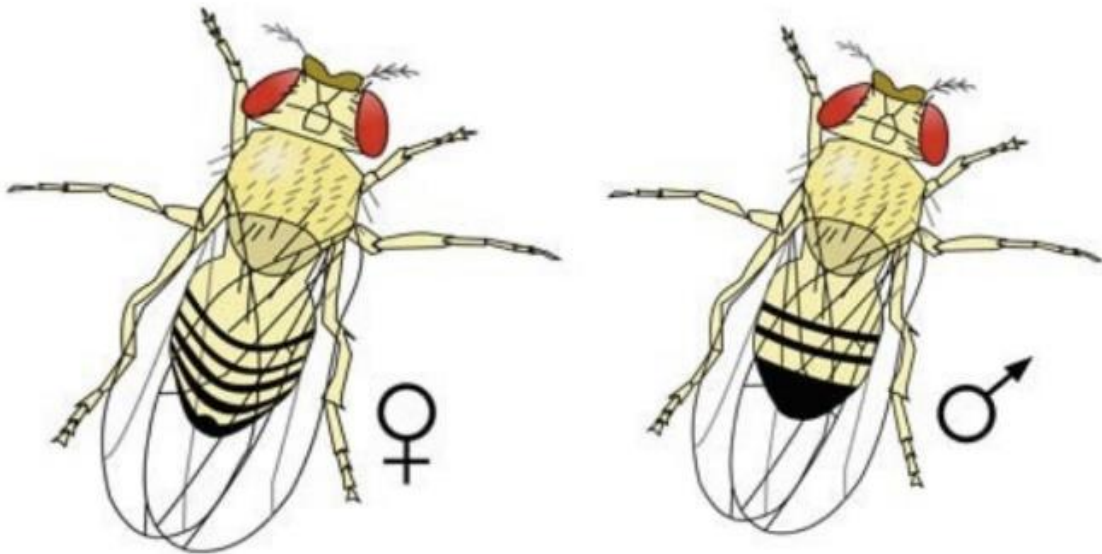
Systematyka

Domena	eukarionty
Królestwo	zwierzęta
Typ	stawonogi
Gromada	owady
Rząd	muchówki
Podrząd	muchówki krótkoczułkie
Rodzina	<i>Drosophilidae</i> wywilżankowate – 4 000 gat.
Podrodzina	<i>Drosophilinae</i>
Plemię	<i>Drosophilini</i>
Rodzaj	<i>Drosophila</i> – 1 600 gat.
Podrodzaj	<i>Sophophora</i>
Gatunek	wywilżna karłowata

D. melanogaster – cechy budowy



Shutterstock



- Typowy dla owadów zewnętrzny pancerz chitynowy.
- Ciało złożone z 3 segmentów: głowy, tułowia i odwłoku.
- Odnóża podzielone na 3 segmenty.
- Jedna para skrzydeł.
- Dzikie kolory ciała: żółto-brązowe z czarnymi krawędziami segmentów na odwłoku.
- Para oczu złożonych, 3 małe przyoczka.
- Dzikie barwy oczu: brązowo-czerwona.
- **Wielkość do 3 mm dł. i 2 mm szerokości.**
- **Samica ma większy odwłok od samca.**
- **Samiec ma czarną plamkę na końcu odwłoku – ostatnie segmenty są u samca połączone.**
- Rozwinięte zmysły.
- Silny geotropizm „-” i fototropizm „+”.

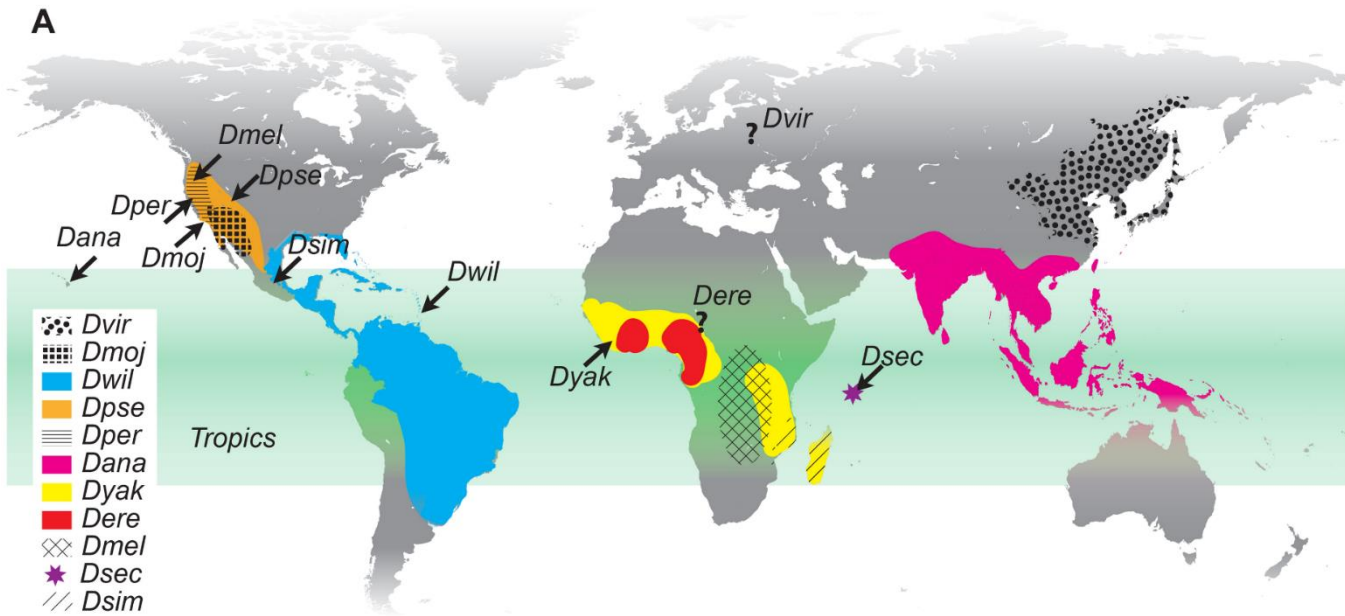
D. melanogaster – cechy budowy



Oczy złożone -
zbudowane z
wielu omatidiów

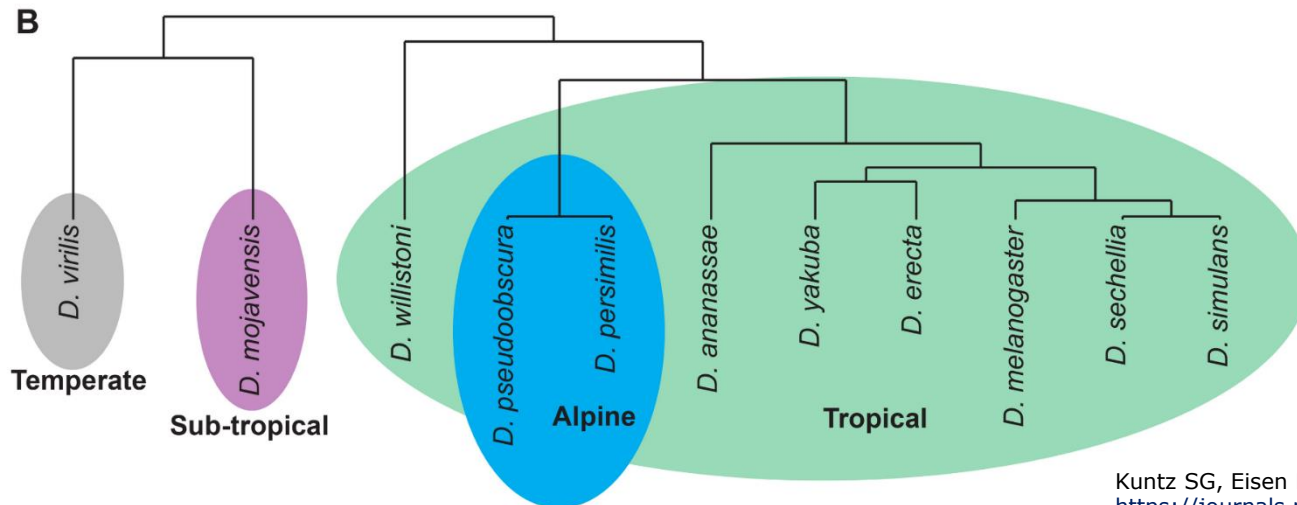


Pochodzenie i występowanie *D. melanogaster*

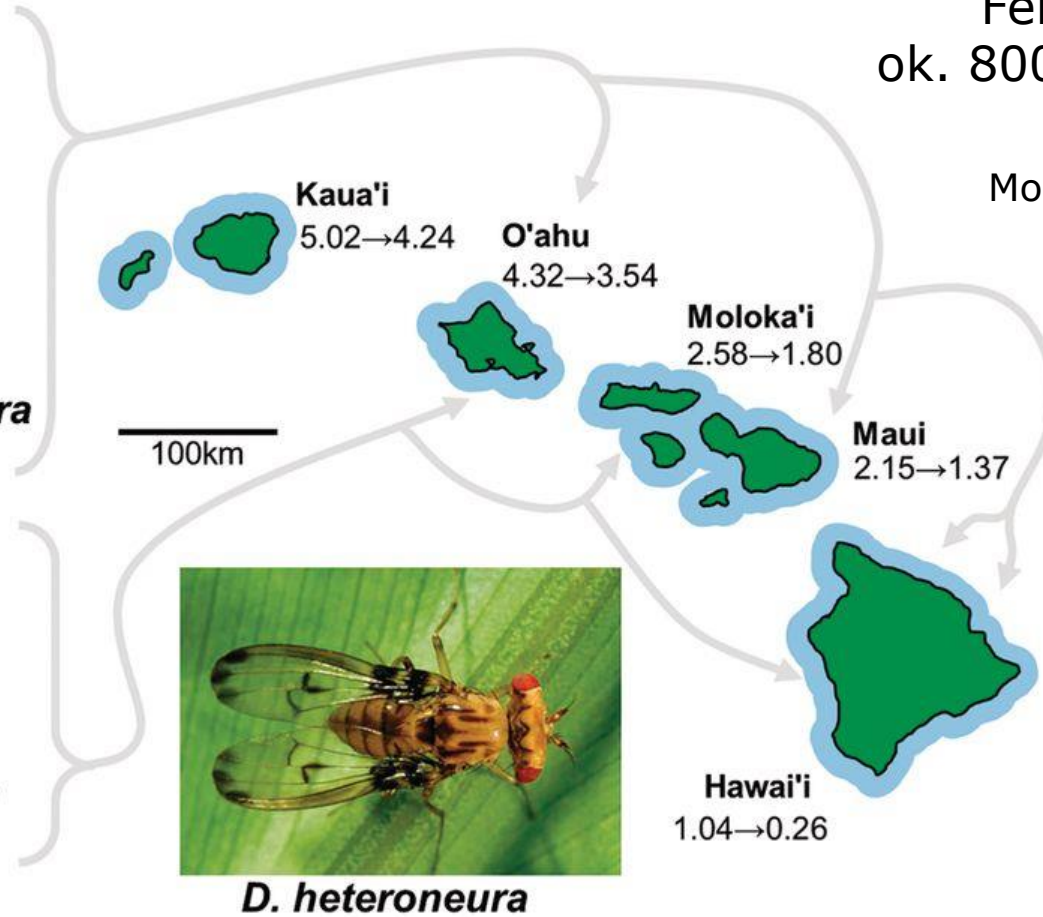
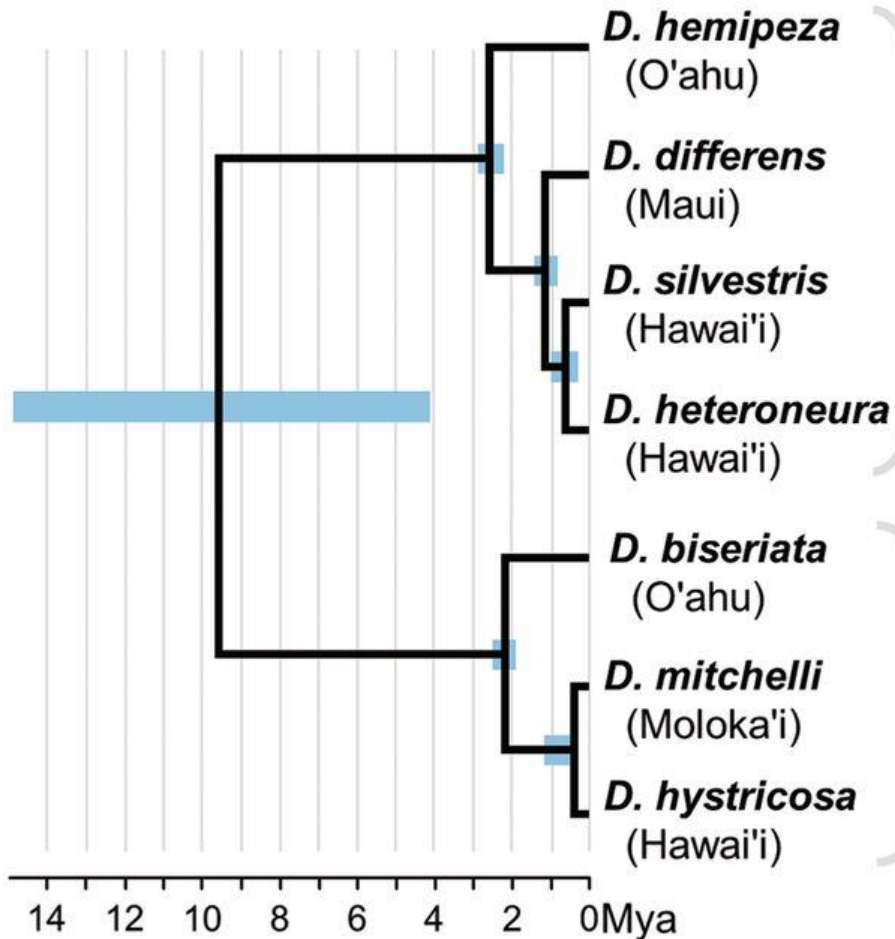


Pochodzi z Afryki

Dzięki człowiekowi, obecnie owad bardzo kosmopolityczny – cała strefa tropikalna, subtropikalna i klimatu umiarkowanego o ile ma gdzie przezimować



Rodzaj *Drosophila* – model w ewolucji, systematyce i biogeografii



Fenomen Hawajów –
ok. 800 gatunków *Drosophila*!

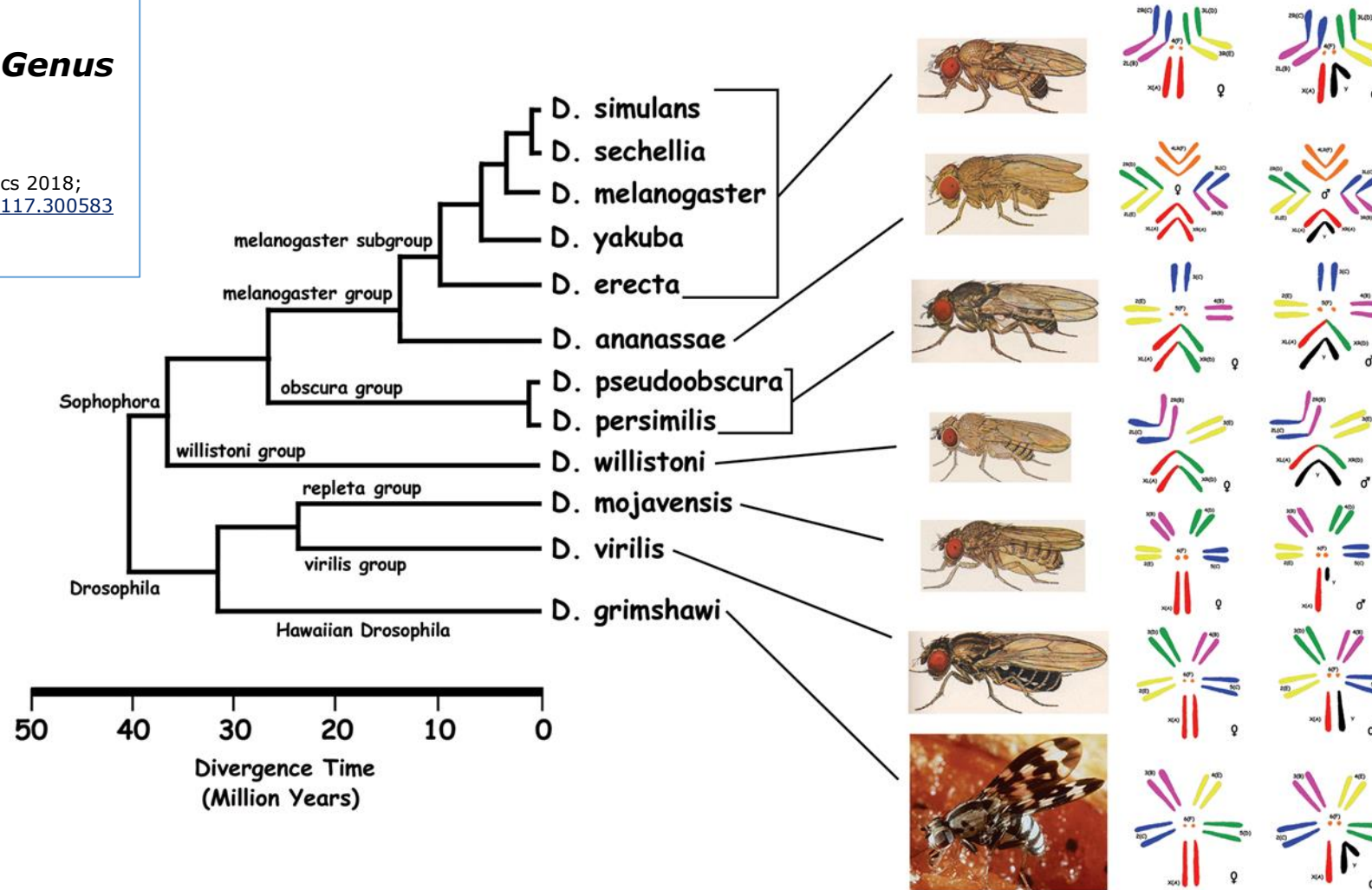
Model do badań adaptacji i
specjacji

Drzewo filogenetyczne i kariotypy przedstawicieli rodzaju *Drosophila*

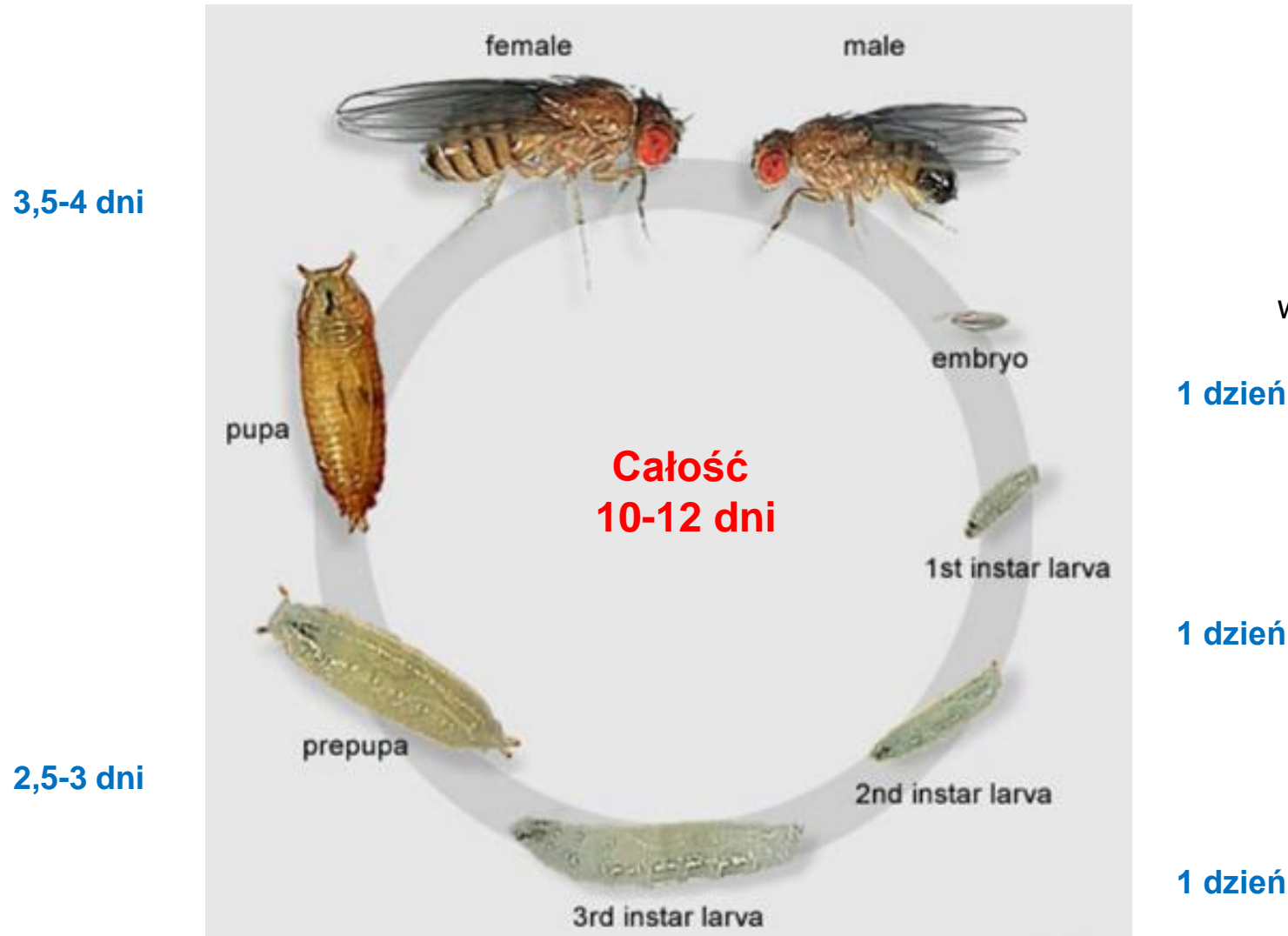
Dla chętnych:

Phylogeny of the Genus *Drosophila*

O'grady P. i DeSalle R., Genetics 2018;
<https://doi.org/10.1534/genetics.117.300583>



Cykl życiowy *D. melanogaster*



Tempo rozrodu i poprawność rozwoju embrionów silnie zależy od temperatury i dostępności pokarmu!

Długość cyklu życiowego w zakresie od 7 do 50 dni!

Czym się żywi muszka owocowa?



**Mikroorganizmy bytujące na owocach
-> drożdże**

**Cukry z owoców
-> fruktoza**

**Dla tego lotne produkty fermentacji – etanol i
kwas octowy – ślinie wabią muszki owocowe!**

Zalety *D. melanogaster* jako modelu

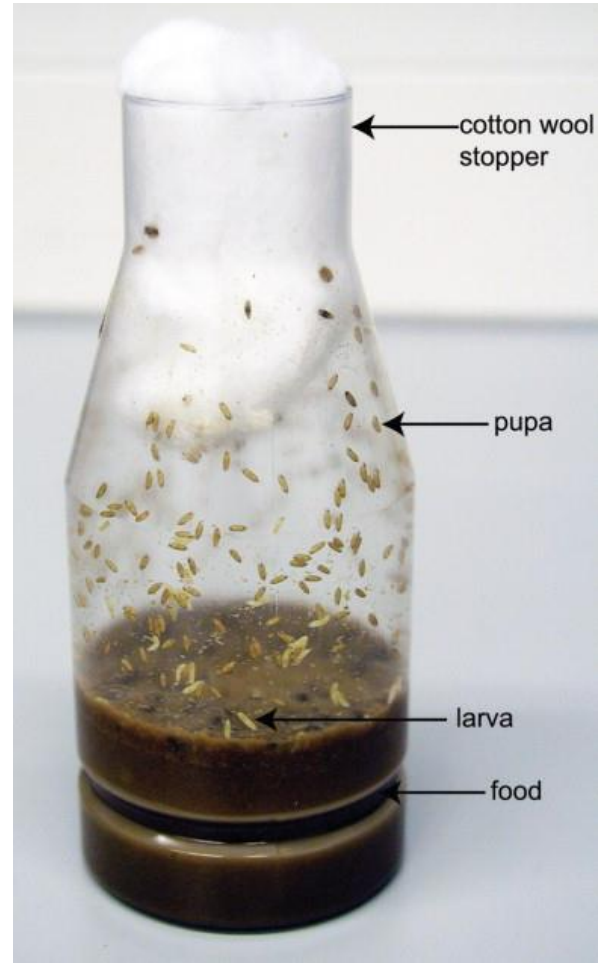
- Prosta, tania hodowla.
- Krótki cykl życiowy (pokolenie co 10 dni w RT, długość życia do 30 dni).
- Wysoka płodność (samica składa do 100 jaj dziennie, do 2000 w ciągu życia).
- Łatwe krzyżowanie.
- Łatwe rozróżnianie płci.
- Możliwość uzyskania niezapłodnionej samicy.
- Duża zmienność genetyczna.
- Bezpieczne i proste znieczulenie (usypianie) – eterem, CO₂, mieszaninami rozpuszczalników organicznych lub przez schładzanie.



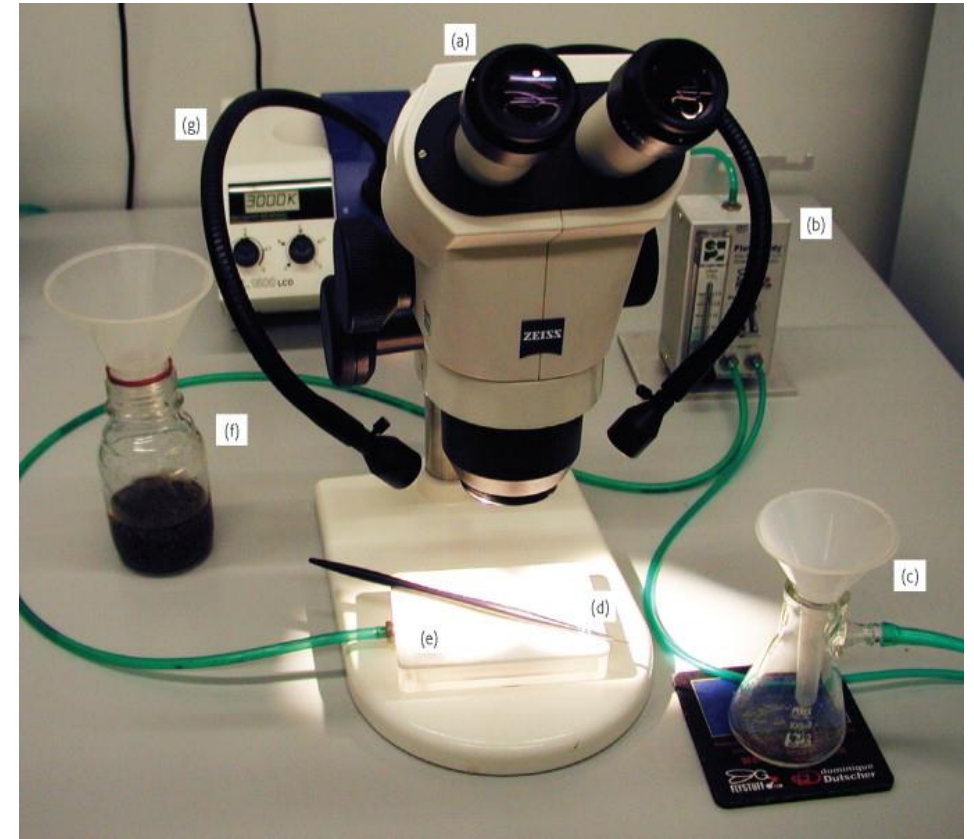
Podstawowy „warsztat pracy” jest prosty



Inkubator (cieplarka), utrzymujący stałą temperaturę, wilgotność i światłodzień



Pożywka: pulpa owocowa zestalona agarem, zaszczerpiona drożdżami



Muchy usypia się eterem lub CO₂

Zalety *D. melanogaster* jako modelu

- Łatwa do analizy morfologia.
- Chromosomy politeniczne u dojrzałych larw z „niedoreplikowanym” rDNA.
- Tylko 4 pary chromosomów: 3 autosomów i 1 chromosomów płci.
- Dziedziczenie płci podobne jak u ssaków (XY).
- U samców nie zachodzi **crossing-over**, co bardzo ułatwia analizy krzyżówek genetycznych!
- Utrzymywanie letalnych alleli dzięki recesywnym pod względem cech letalnych chromosomom (ang. *balancers chromosomes*).
- Dobrze zbadany rozwój organizmu od jaja do postaci dojrzałej.
- Rozwinięte narzędzia do określania wszelkich fenotypów i badania fizjologii.
- Od 1987 roku dostępne są techniki transformacji genetycznej.
- Genom poznano już w roku 2000!
- Można otrzymywać osobniki mozaikowe.

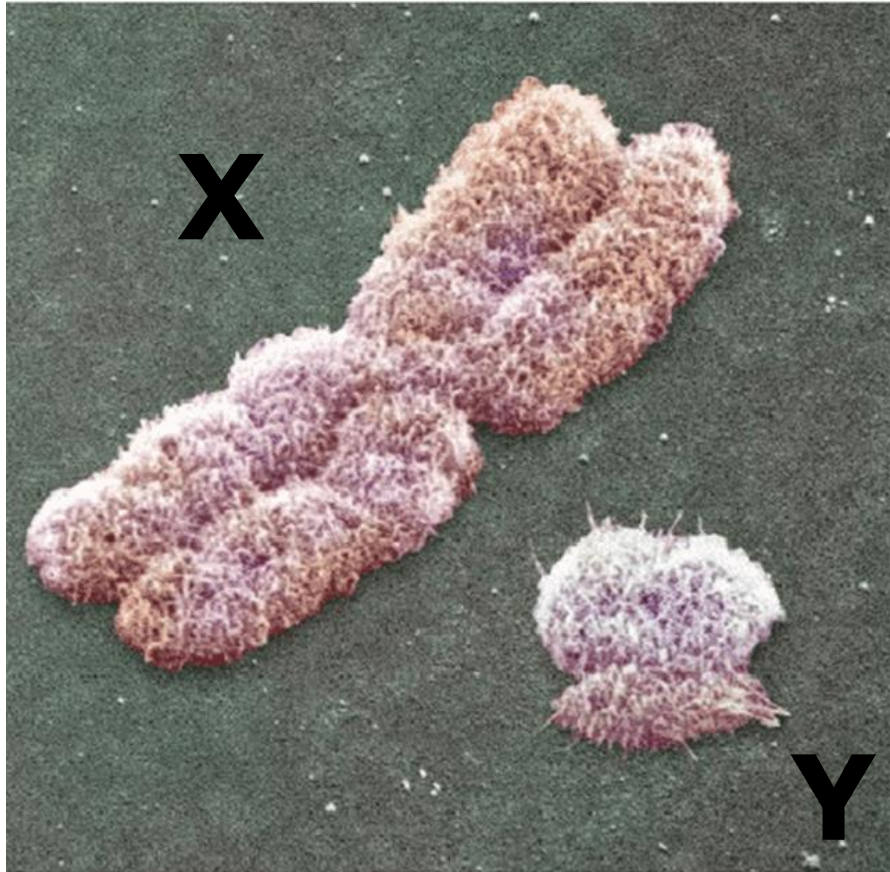
Genom *D. melanogaster*

- Niewielki genom (haploid) zawiera ok. 131–165 milionów pz.
- Liczba genów wynosi ok. 16 tysięcy.
- *Drosophila melanogaster* posiada jedynie 4 pary chromosomów – po 3 pary autosomów i 1 parę chromosomów płci (XY – samce, XX – samice).
- Ponad 25% każdego chromosomu to heterochromatyna zlokalizowana w części centralnej i telomerach. Ze względu na to, że większość genów znajduje się w euchromatynie ułatwia to mapowanie genowe.
- Istotne dla badań jest istnienie chromosomów politenicznych.
- Genom zsekwencjonowano już 2000r.

comparative genome sizes of organisms

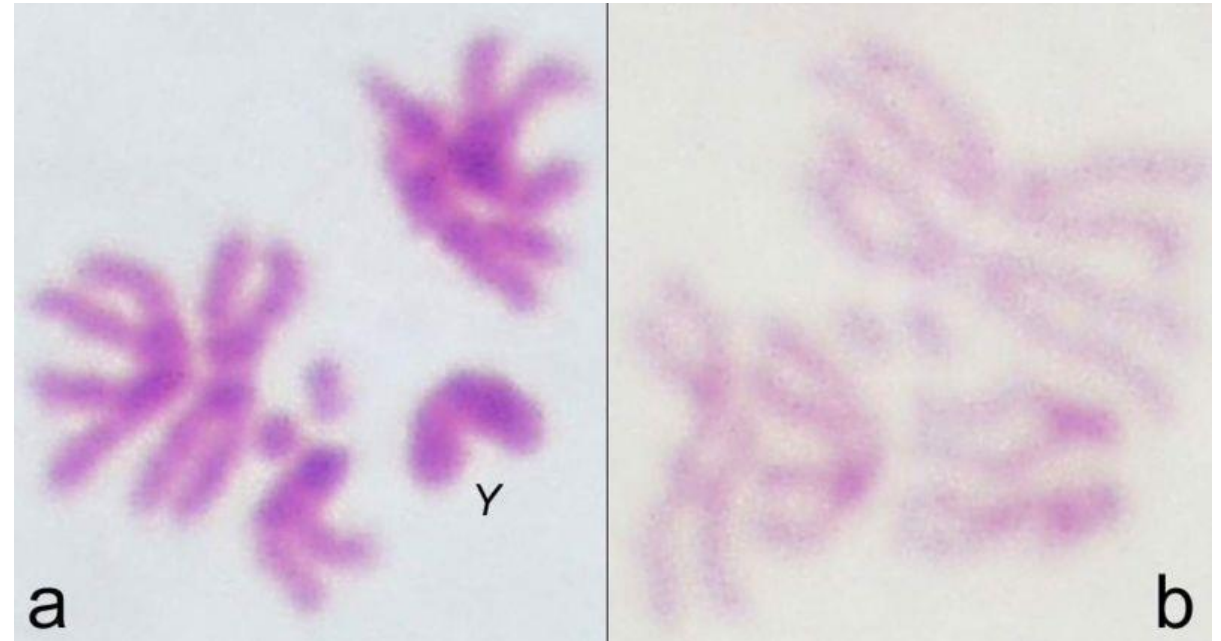
organism	Size (bp)	gene number	average gene density	chromosome number
<i>Homo sapiens</i> (human)	3.2 billion	~25,000	1 gene / 100,000 bases	46
<i>Mus musculus</i> (mouse)	2.6 billion	~25,000	1 gene / 100,000 bases	40
<i>Drosophila melanogaster</i> (fruit fly)	137 million	13,000	1 gene / 9,000 bases	8
<i>Arabidopsis thaliana</i> (plant)	100 million	25,000	1 gene / 4000 bases	10
<i>Caenorhabditis elegans</i> (roundworm)	97 million	19,000	1 gene / 5000 bases	12
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (yeast)	12.1 million	6000	1 gene / 2000 bases	32
<i>Escherichia coli</i> (bacteria)	4.6 million	3200	1 gene / 1400 bases	1
<i>H. influenzae</i> (bacteria)	1.8 million	1700	1 gene / 1000 bases	1

Dziedziczenie płci (prawie) jak u ssaków



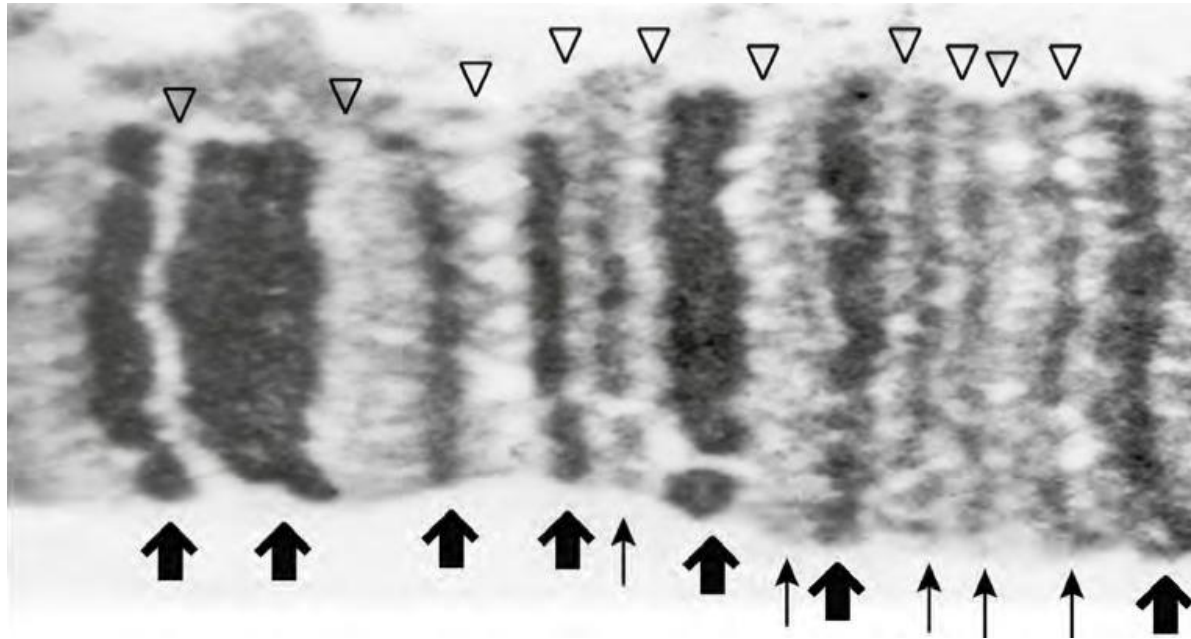
samiec (XY)

samica (XX)



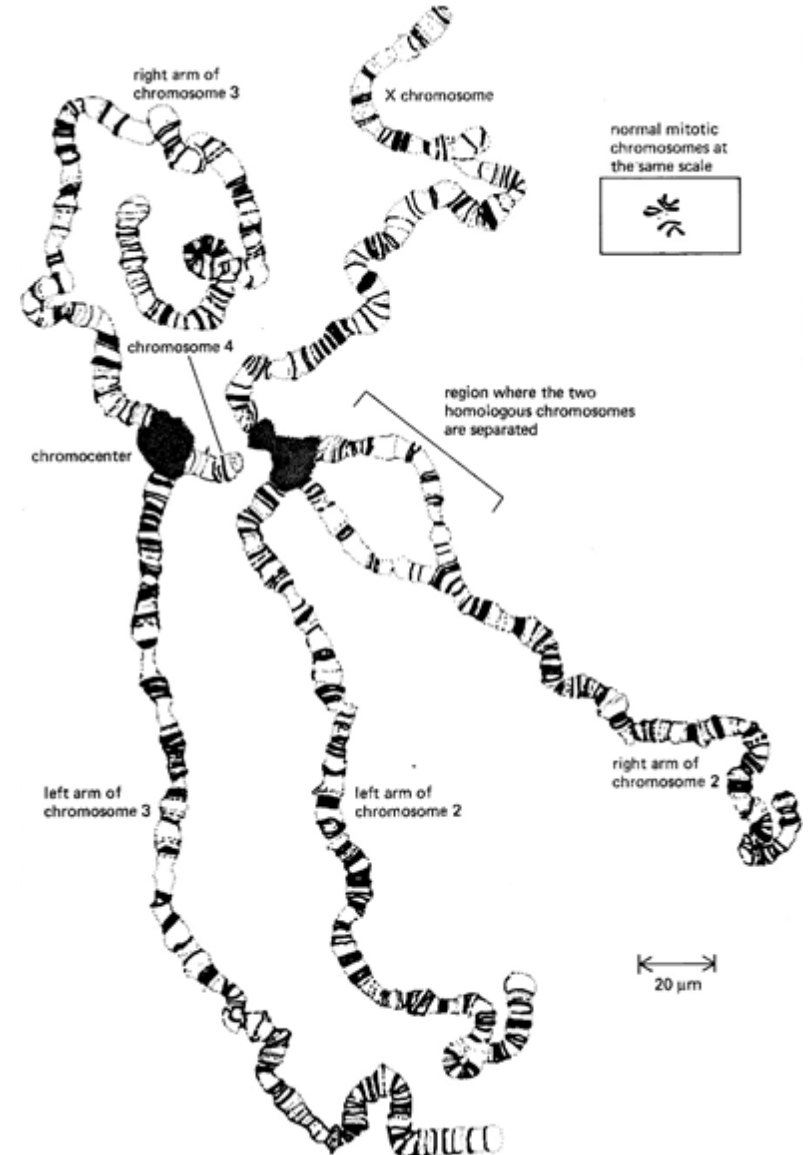
Chromosomy politeniczne („olbrzymie“)

Podstawowe narzędzie cytogenetyki



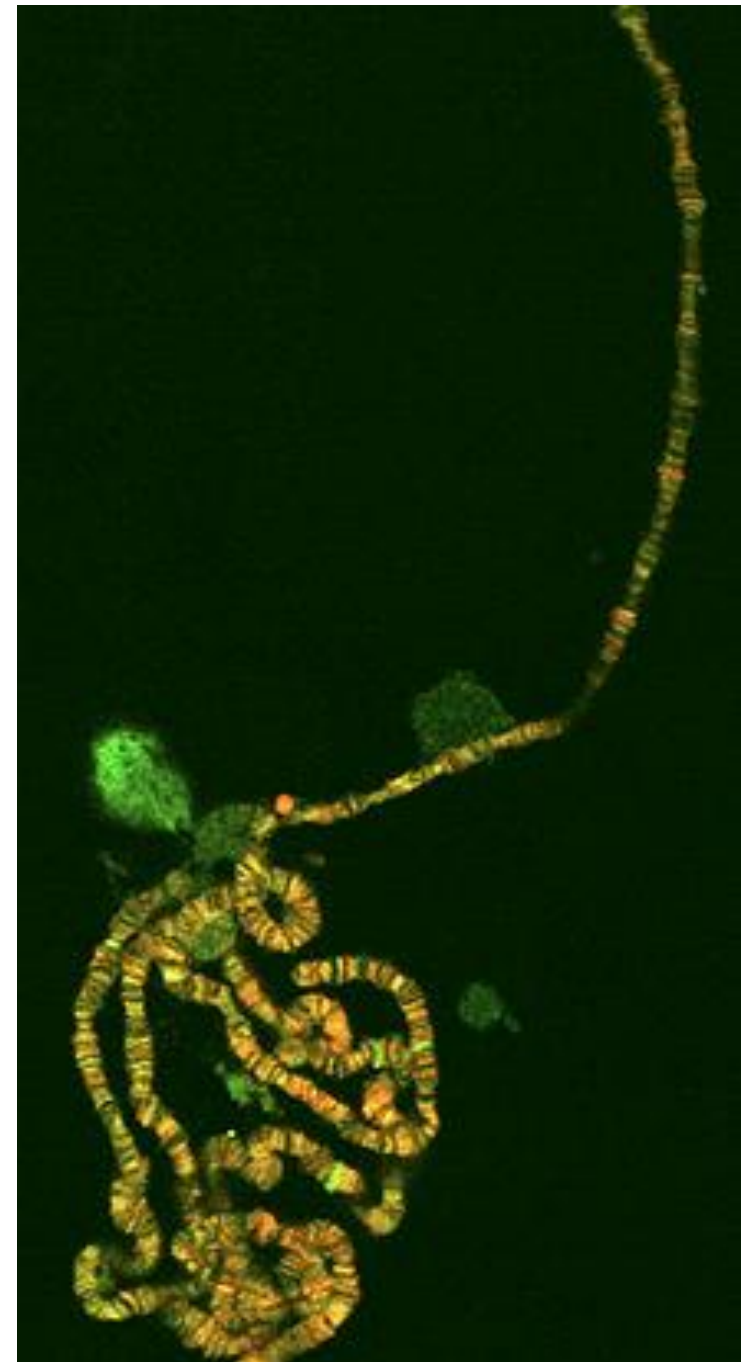
Polytene Chromosomes – A Portrait of Functional Organization of the *Drosophila* Genome

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5850506/>

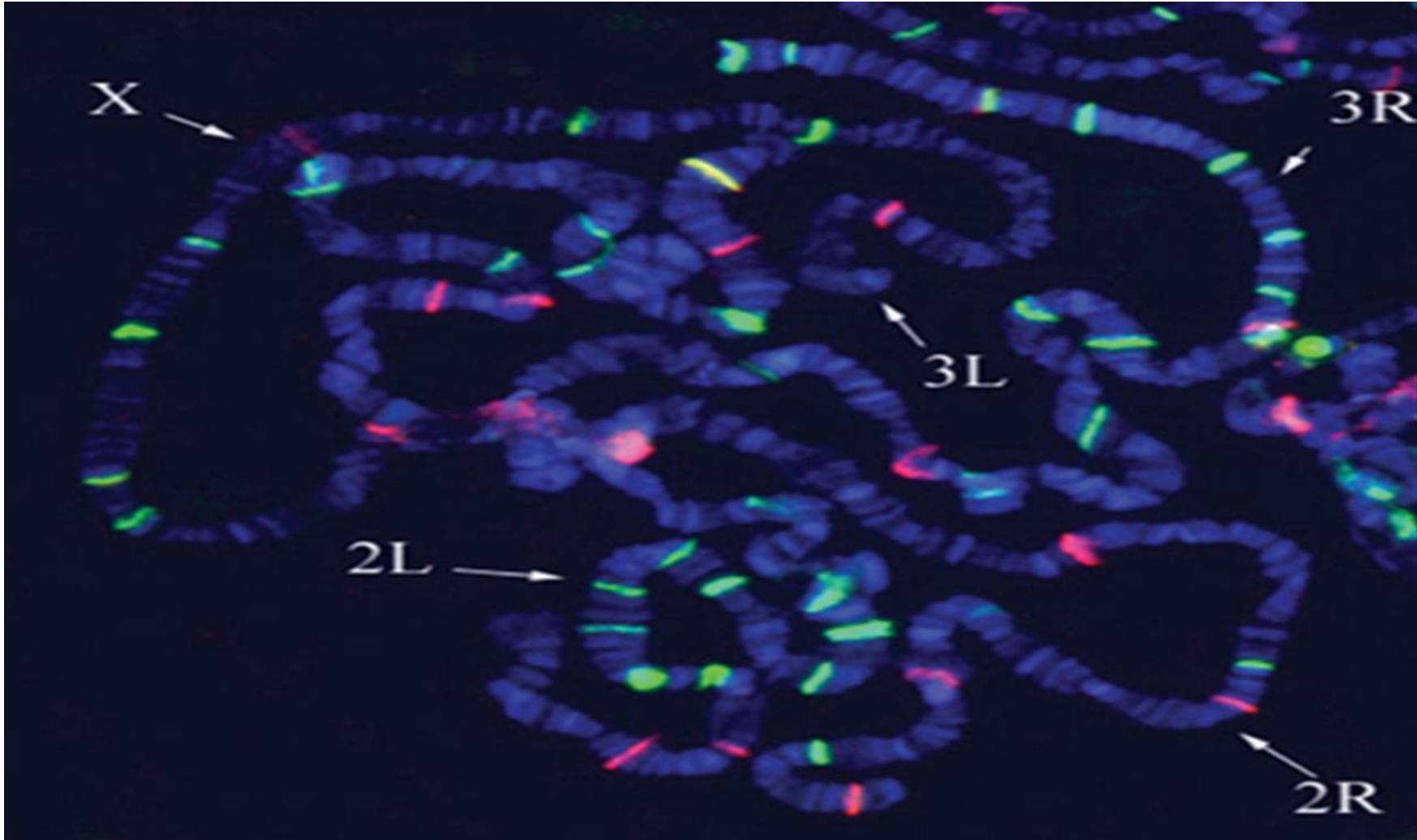


Chromosomy politeniczne („olbrzymie”)

- **Do 2000 n!** Efekt nierozdzielania chromatyd – replikacja bez podziału komórki.
- Występują **głównie u owadów** (w gruczołach ślinowych, komórkach przewodu pokarmowego, cewkach Malpighiego i komórkach tłuszczowych), ale także znajdowane u roślin (komórki embrionalne w nasionach), zwierząt i pierwotniaków.
- Towarzyszą im struktury zwane „puffami” – miejsca **intensywnej transkrypcji** konkretnych genów (gdy potrzebna jest masowa produkcja np. klejącej mukroteiny w czasie przejścia między larwą a poczwarką w komórkach gruczołów wydzielniczych larw *Diptera*).



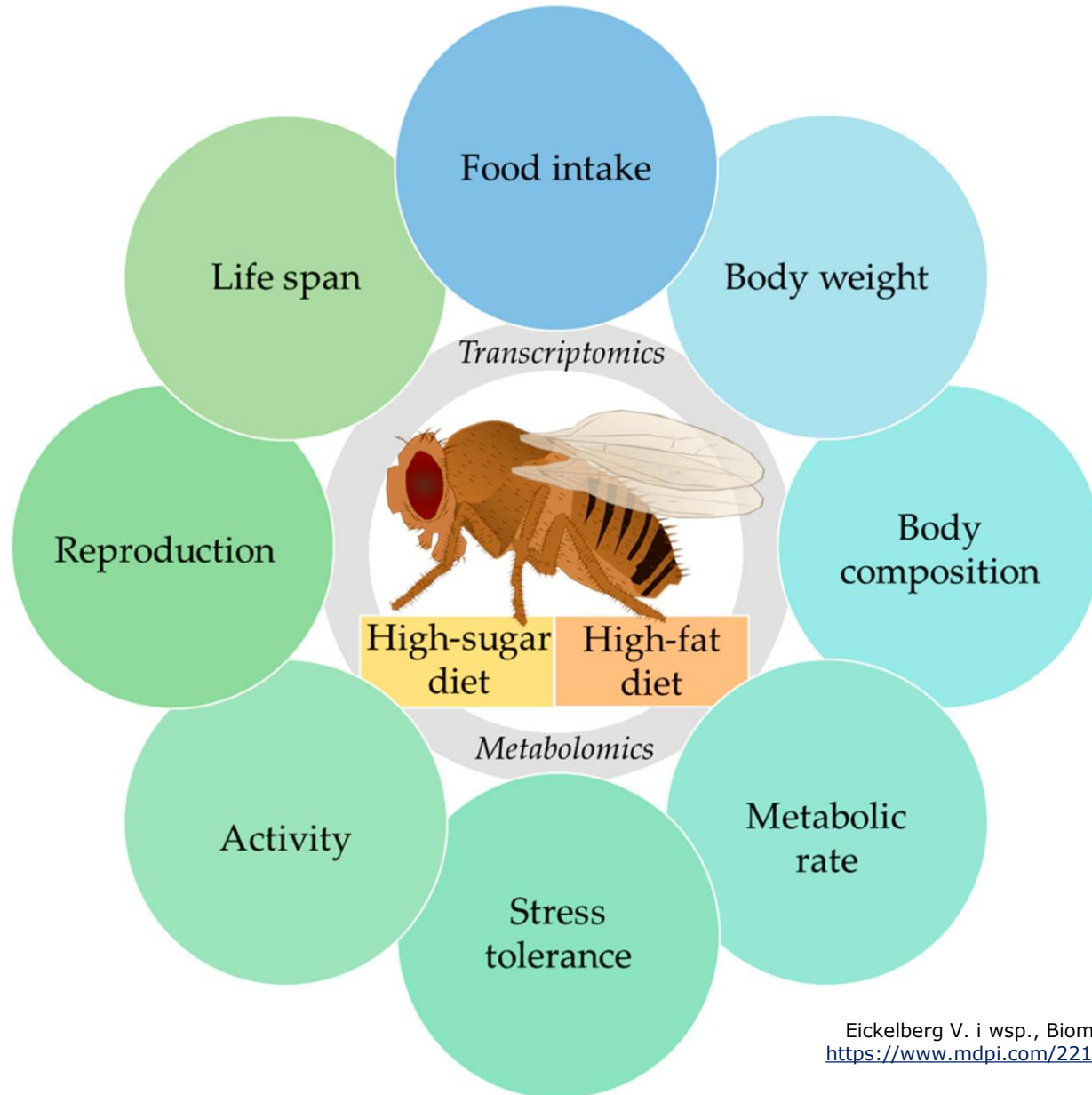
FISH z chromosomami politenicznymi



**FISH (ang. *fluorescent in situ hybridisation*) =
hybrydyzacja *in situ*
wykorzystująca
wyznakowane
fluorescencyjnie sondy
molekularne.**

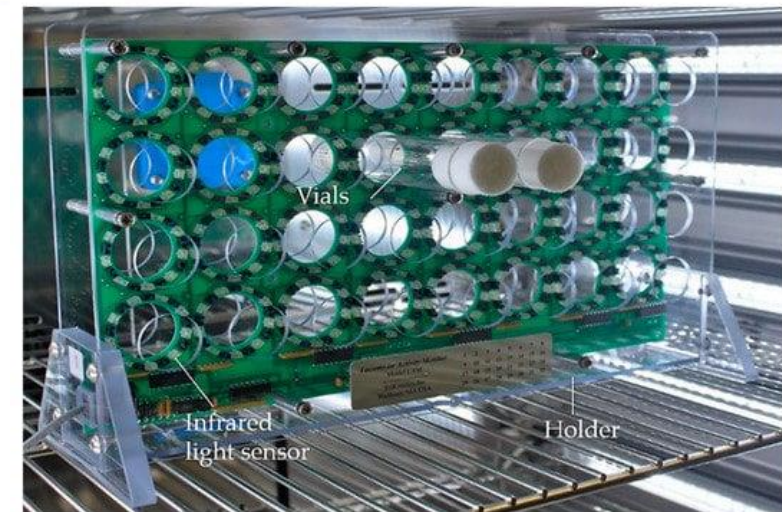
Zastosowano sondy molekularne wyznakowane różnymi znacznikami fluorescencyjnymi, równocześnie stosując niespecyficzne barwienie uwidaczniające jako tło proążki charakterystyczne dla określonych chromosomów politenicznych.

Rozwinięte metody fenotypowania *D. melanogaster*



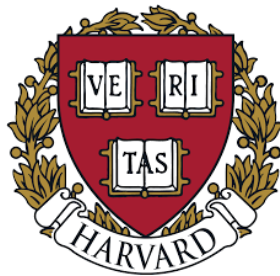
Pobieranie barwionego pokarmu

Monitorowanie aktywności



D. melanogaster – początki

William Ernest Castle



1900 – DeVries, Correns i Tschermak:
„ponowne odkrycie” praw Mendla.

1901 - William Ernest Castle:
wprowadzenie do laboratoriów
Drosophila, opracowanie podstaw
hodowli i rozrodu.

**Zasugerował Thomasowi
Morganowi wykorzystanie muszki
owocowej jako modelu.**

W. E. Castle, The Laws of Heredity of Galton and Mendel, and Some Laws Governing Race Improvement by Selection, Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences Vol. 39, No. 8 (Nov., 1903), pp. 223–242, at p. 237.

Thomas Hunt Morgan – naukowiec „od muszki owocowej”



„Fly Room” w **Columbia University**, ok. 1920r.
(613 Schermerhorn Hall, NY; fot. American Philosophical Society)



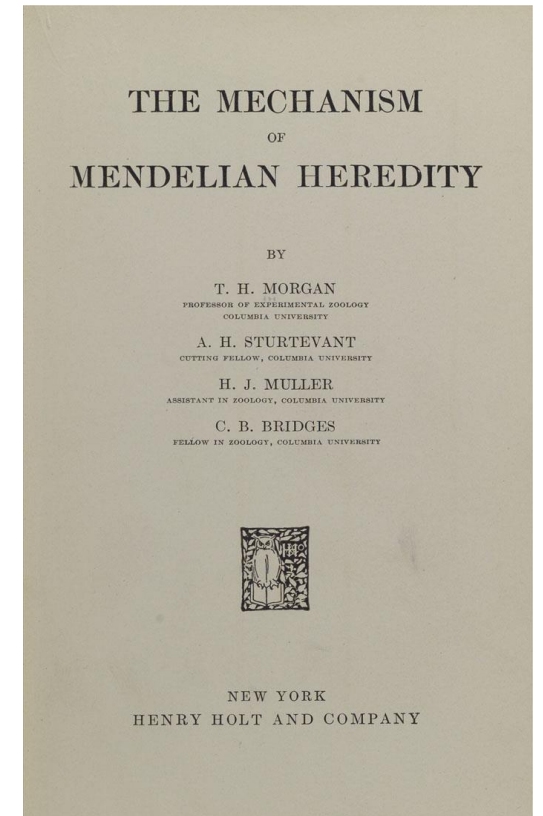
<https://www.nature.com/scitable/topicpage/thomas-hunt-morgan-the-fruit-fly-scientist-6579789/>

Chromosmowa teoria dziedziczności



- Zaproponowana przez W. Boveriego i T. Suttona, niezależnie ok. 1903r.
- Rozwinięta przez Thomasa Morgana w 1915r.
- Nagroda Nobla z medycyny w 1933r.
- Czynnikiem dziedziczności są geny.
- Geny są jednostkami materialnymi i znajdują się na chromosomach.
- Geny na chromosomach są ułożone liniowo i zajmują ściśle określone miejsca (tzw. *locus*).
- W mejozie, między chromosomami homologicznymi może zachodzić zjawisko crossing-over, co jest przyczyną zmienności rekombinacyjnej.

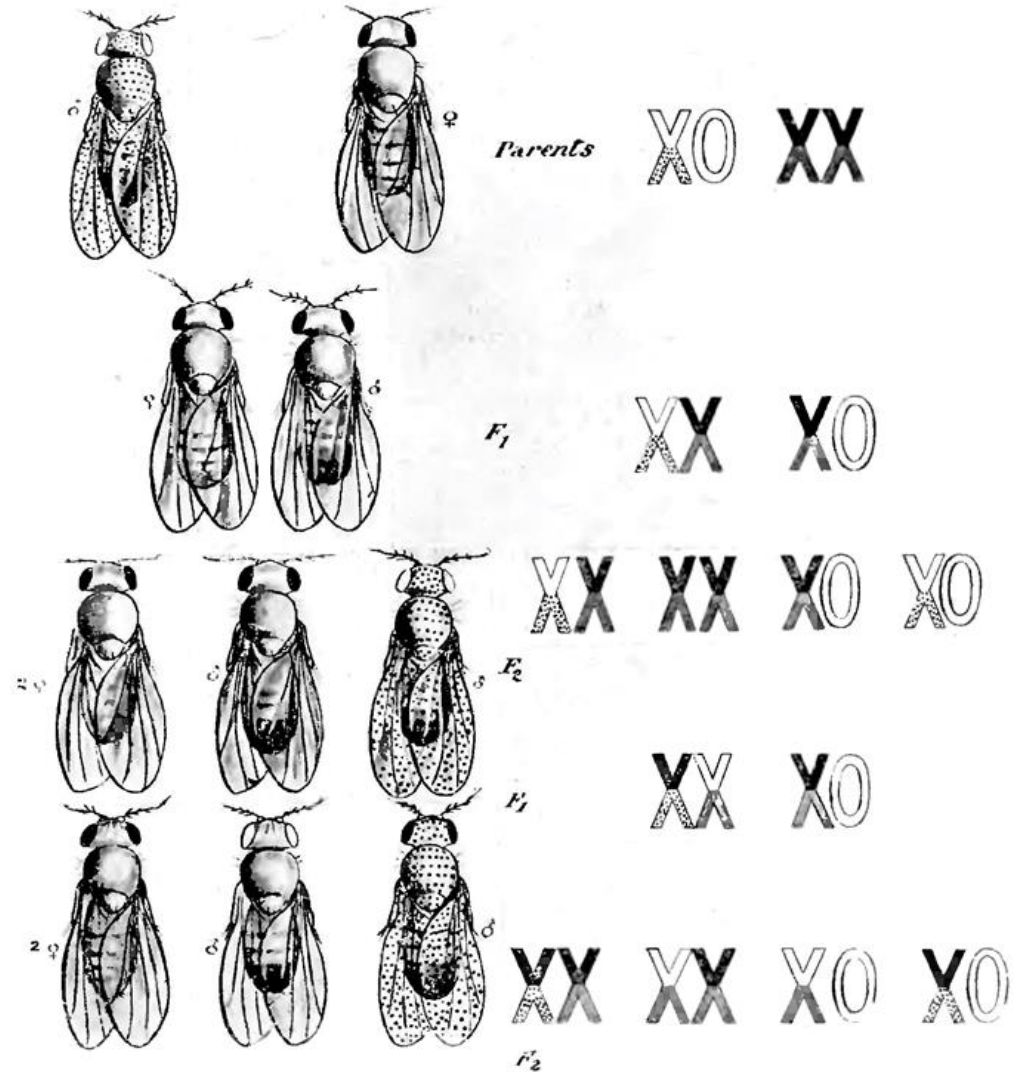
I to wszystko na długo przed ustaleniem, że nośnikiem informacji genetycznej jest DNA!!!



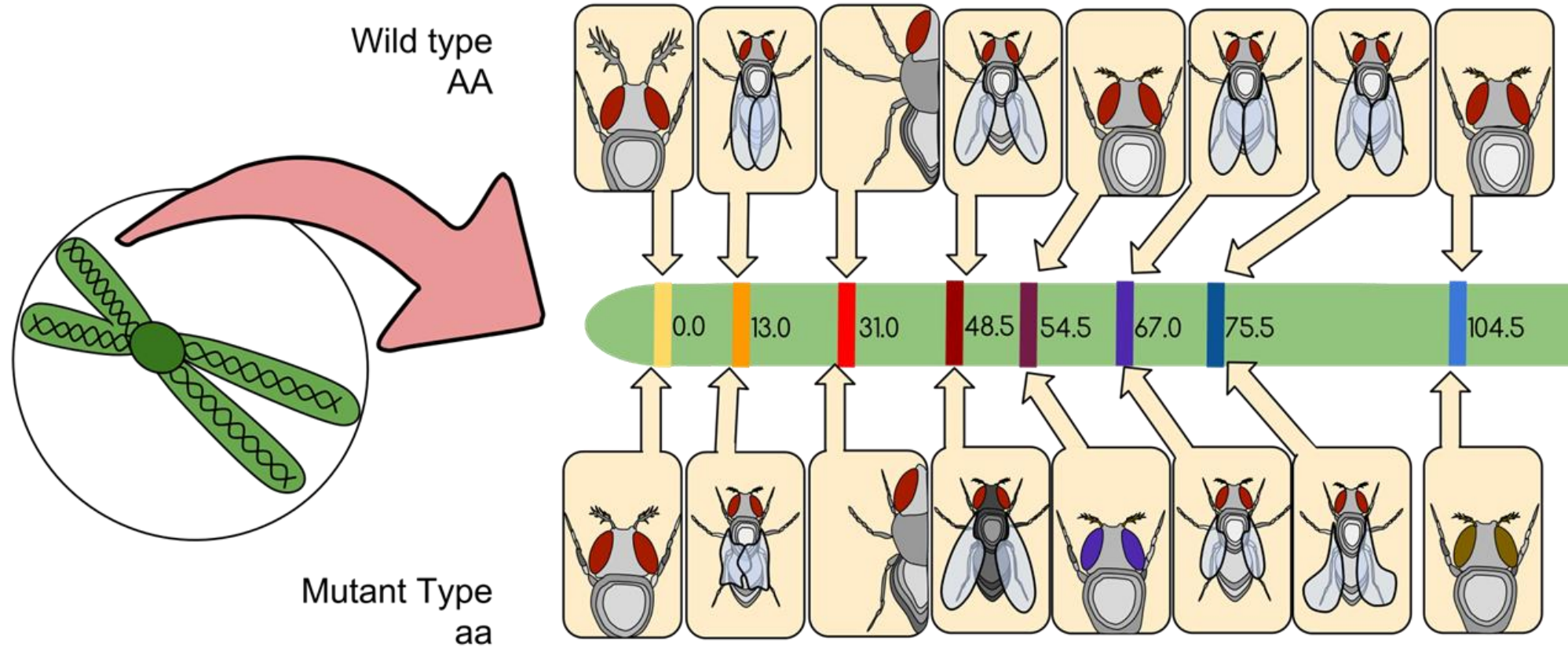
http://www.columbia.edu/cu/lweb/digital/collections/cul/texts/ldpd_5998129_000/

Morgan, Thomas Hunt et al., The mechanism of Mendelian heredity. — New York: Henry Holt and Company, 1915. — xiii, 262 p. : ill.

Czy geny muszą dziedziczyć się niezależnie?



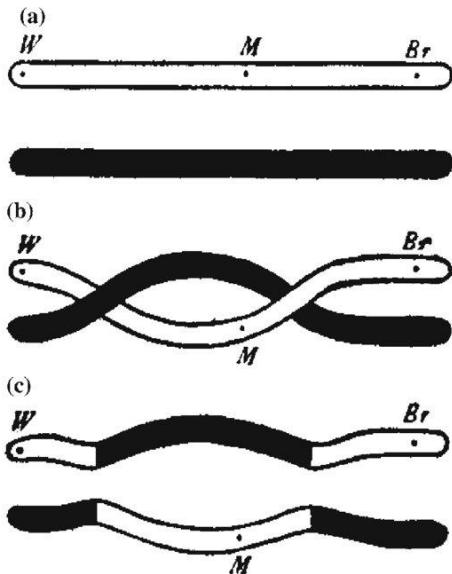
Niekoniecznie!



Chromosmowa teoria dziedziczności

crossing-over, pierwsza mapa genetyczna, dziedziczenie sprzężone z płcią

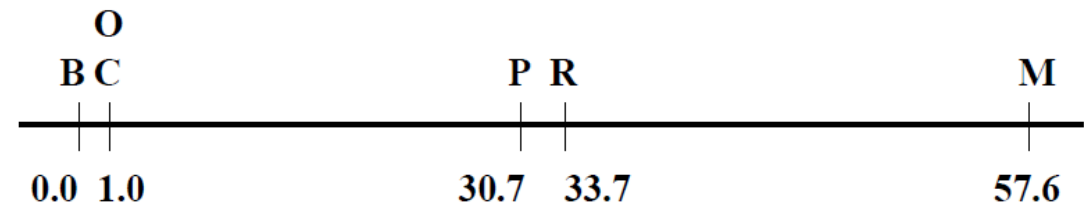
Podwójne crossing-over – oryginalna ilustracja Morgana, 1915.



- Geny leżące na jednym chromosomie w odległości mniejszej niż 50 jednostek mapy genetycznej (cM) to **geny sprzężone** – dziedziczą się razem.
- Geny **leżące w większej odległości segregują się niezależnie** jakby leżały na różnych chromosomach.
- Częstość crossing-over jest stała i wprost proporcjonalna do odległości między genami.
- Częstość crossing-over można wyliczyć biorąc procent rekombinantów w całym potomstwie. Procent ten jest równy odległości między dwoma genami wyrażoną w cM (centymorganach). Dwa geny dziedziczą się niezależnie, jeżeli położone są na osobnych chromosomach.

Alfred H. Sturtevant
– uczeń Morgana

"The linear arrangement of six sex-linked factors in *Drosophila*, as shown by their mode of association". *Journal of Experimental Zoology*, **1913**, 14: 43–59.



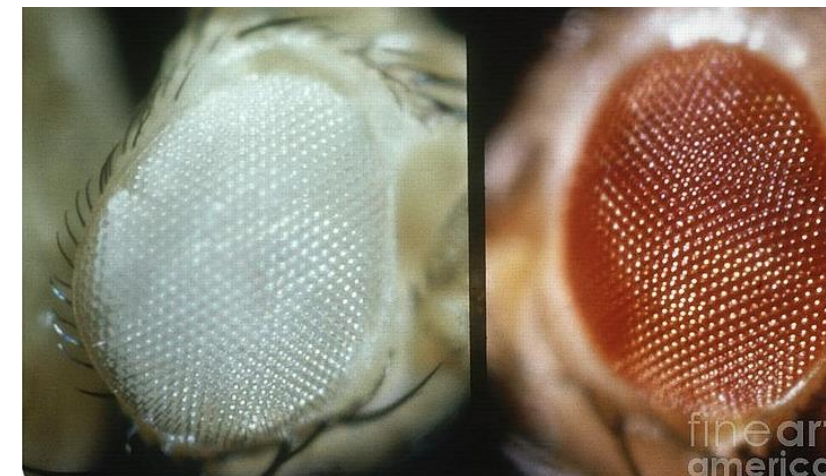
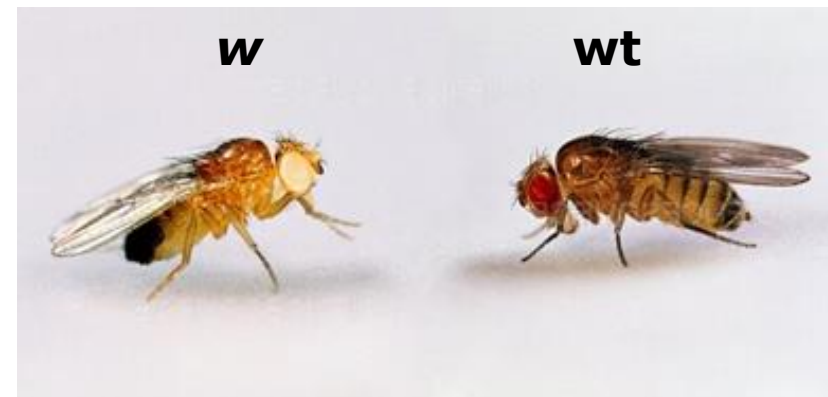
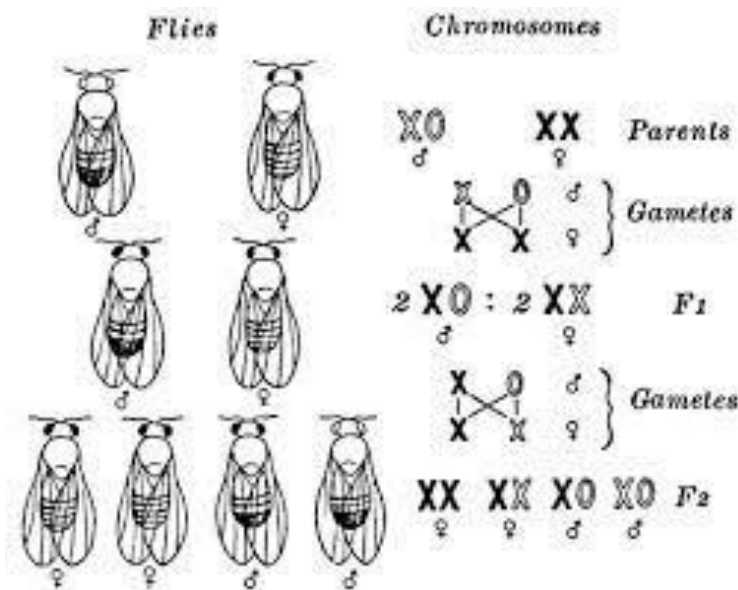
Mutanty – bez nich nie ma genetyki!

- **Mutanty spontaniczne.**
- **Mutageneza czynnikami chemicznymi lub fizycznymi.**
- **Inżynieria genetyczna.**

Dla genu *white* (*w*)
otrzymano ok. 1800
różnych alleli!

Gen *w* był pierwszym
sklonowanym genem *D.
melanogaster* (1981)!

***white* (*w*) – pierwszy mutant *D. melanogaster* ok. 1910r.**
Cecha recesywna, sprzężona z płcią



wt = ang. *wild type*, czyli typ dziki

Mutanty *D. melanogaster* – kolor i kształt oka

Bar (B)

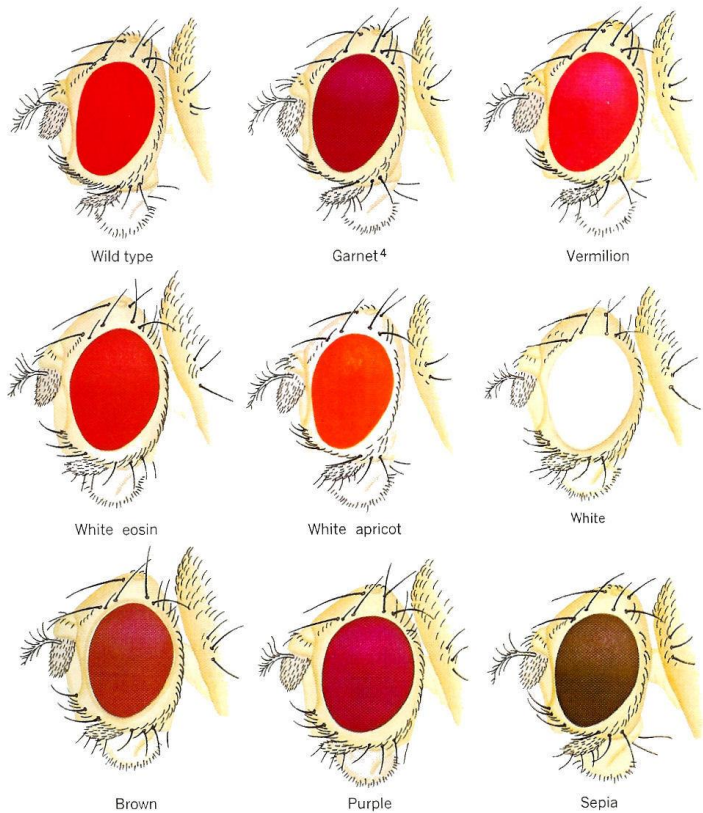
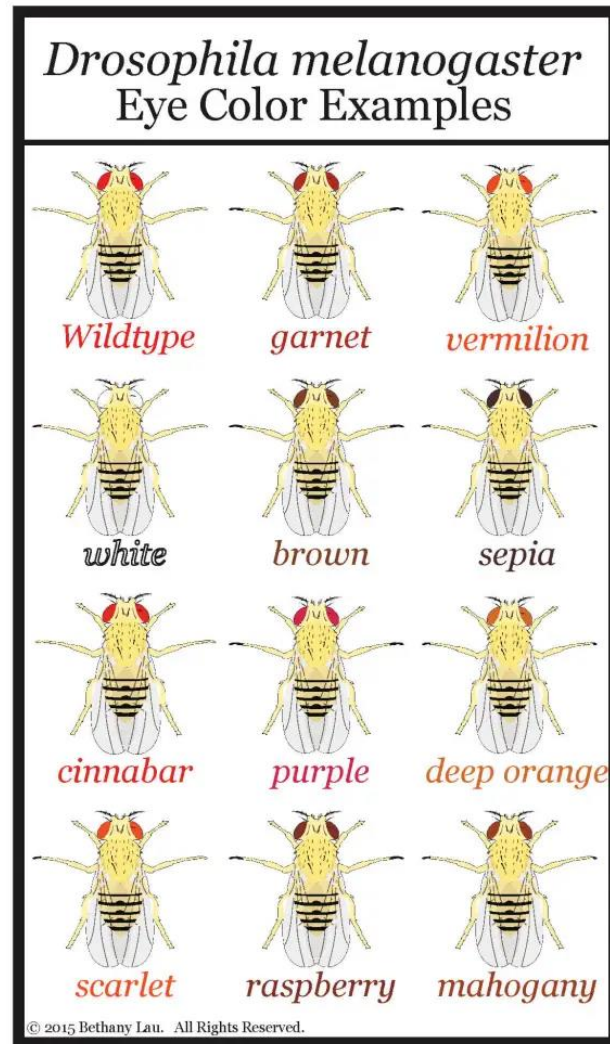


Plate I. Some eye colors in *Drosophila melanogaster*. (After E. M. Wallace, in An Introduction to Genetics by Sturtevant and Beadle, Saunders, 1938.)



© 2015 Bethany Lau. All Rights Reserved.



Mutant o dramatycznie zredukowanej liczbie fasetek. Takie mutacje dają szansę badania organizacji i funkcjonowania genów istotnych dla rozwoju i różnicowania się organizmu.



Mutanty *D. melanogaster* – kolor ciała i budowa skrzydeł



Figure 26 Wild type.

wt



Figure 27 yellow.

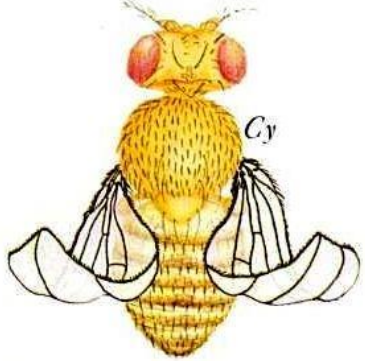
yellow - y



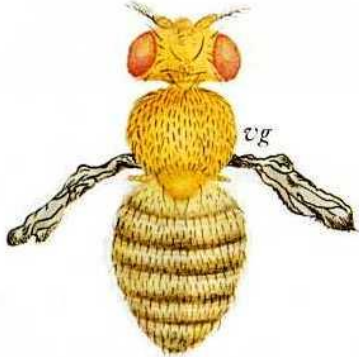
Figure 28 ebony.

ebony - e

Curly - Cy



vestigial - vg



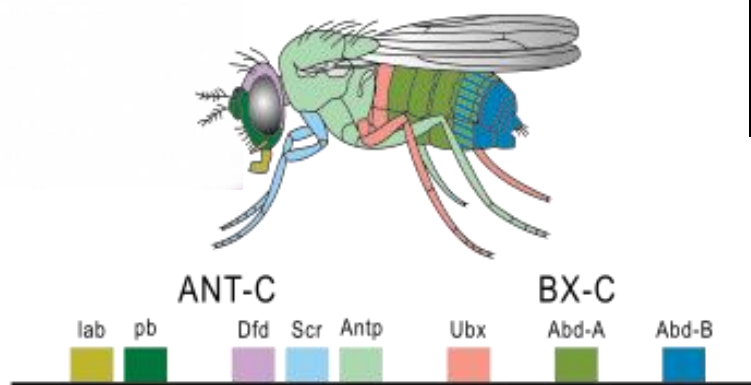
Mutanty rozwojowe *D. melanogaster*

Ultrabithorax (*Ubx*)



Mutacje w genach **homeotycznych** kodujących czynniki transkrypcyjne regulujące rozwój (ang. *homeobox genes*)

Antennapedia (*Antp*)



ANT-C

BX-C

lab

pb

Dfd

Scr

Antp

Ubx

Abd-A

Abd-B

Bardzo doceniona mucha!

6 Nagród Nobla



Łącznie 12 „**drozofilistów**”

(ang. *Drosophilist*) zostało

uhonorowanych tą nagrodą

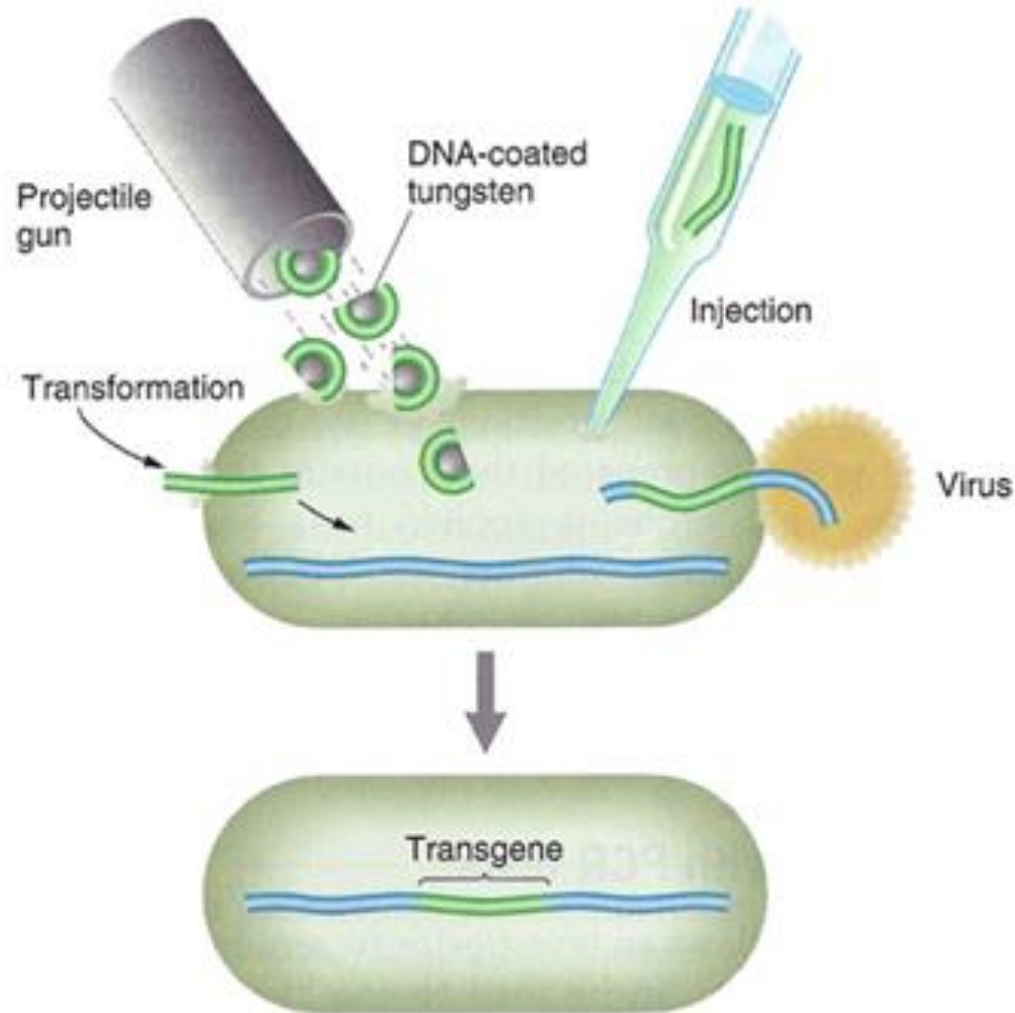
(3 za prace w innych

organizmach)!

1. **1933r.** – **Thomas Hunt Morgan** za chromosomową teorię dziedziczności.
2. **1947r.** – **Hermann Joseph Muller** za odkrycie indukcji mutacji za pomocą promieniowania rentgenowskiego.
3. **1995r.** – **Edward B. Lewis, Christiane Nüsslein-Volhard i Eric F. Wieschaus** za badania, z zastosowaniem *D. melanogaster*, które zaowocowały zrozumieniem mechanizmów kontroli genetycznej rozwoju zarodkowego.
4. **2004r.** – **Richard Axel i Lindy B. Buck** za pionierskie badania nad działaniem zmysłu węchu.
5. **2011r.** – **Jules A. Hoffmann** za odkrycia dotyczące funkcjonowania układu odpornościowego.
6. **2017r.** – **Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash i Michael W. Young** za wyjaśnienie mechanizmów kontrolujących rytm dobowy.

Inżynieria genetyczna *D. melanogaster*

Metody wprowadzania DNA



DNA wprowadza się zwykle **do syncytialnego zarodka** *D. melanogaster*, poprzez:

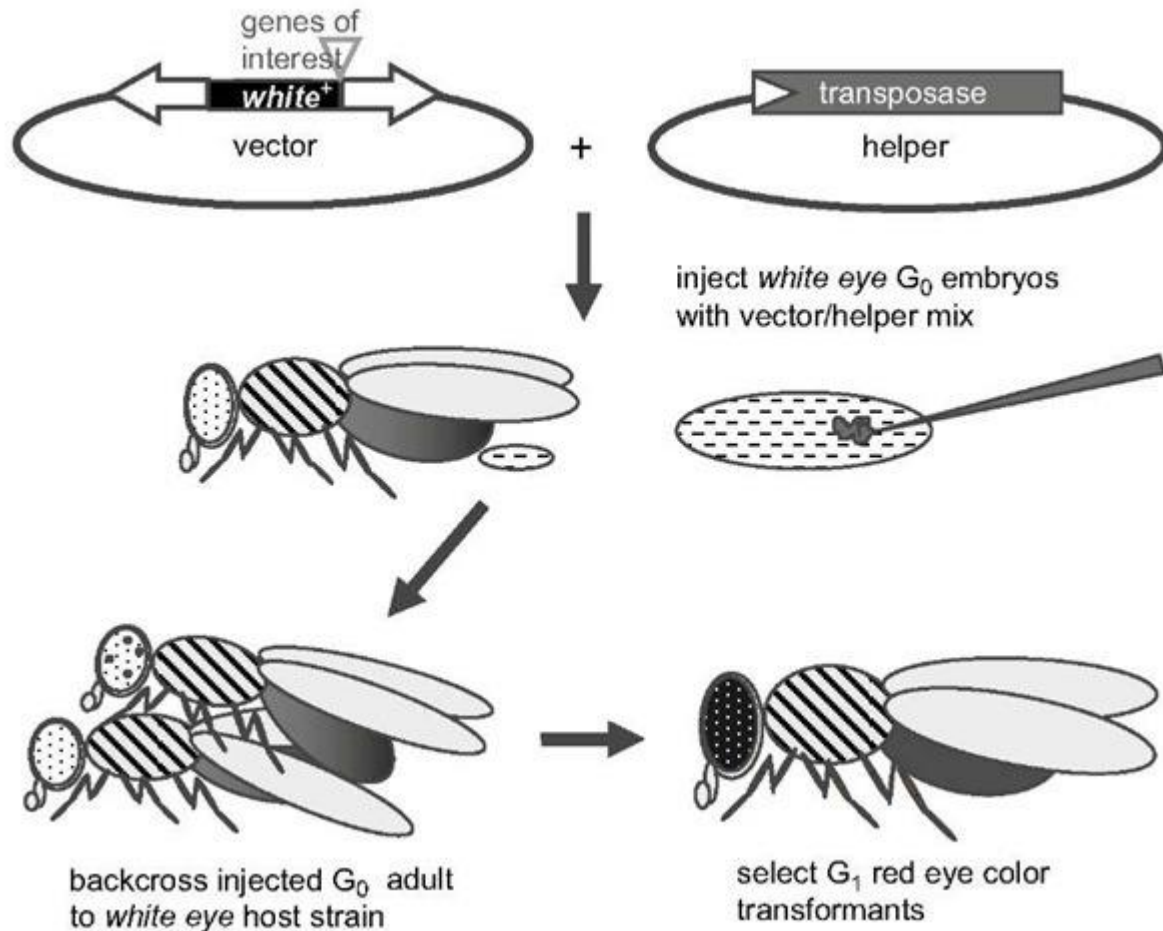
melanogaster, poprzez:

- mikroinjekcję (wstrzykiwanie),
- metodą balistyczną (wstrzeliwanie mikrokulek oplaszczonych DNA),
- transformację „nagim” DNA (bardzo mało wydajną) i
- transfekcję wirusową.

Obecnie najskuteczniejszą metodą jest mikroinjekcja.

Inżynieria genetyczna *D. melanogaster*

Transgeneza – integracja konstruktyw za pomocą transpozonów



Genom *Drosophila* można zmodyfikować na wiele sposobów:

- najczęściej poprzez transgenezę (**transpozony**),
- można stosować miejscowo specyficzne rekombinazy (m. in. system **Cre/Lox**),
- Rozwijane są narzędzia oparte o system **CRISPR-Cas9** i podobne.

<https://link.springer.com/protocol/10.1385/1-59259-065-9:487>

<https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471142727.mb3102s11>

<http://gompel.org/wp-content/uploads/2015/12/Drosophila-transformation-with-chorion.pdf>

<http://genesdev.cshlp.org/content/16/12/1568.short>

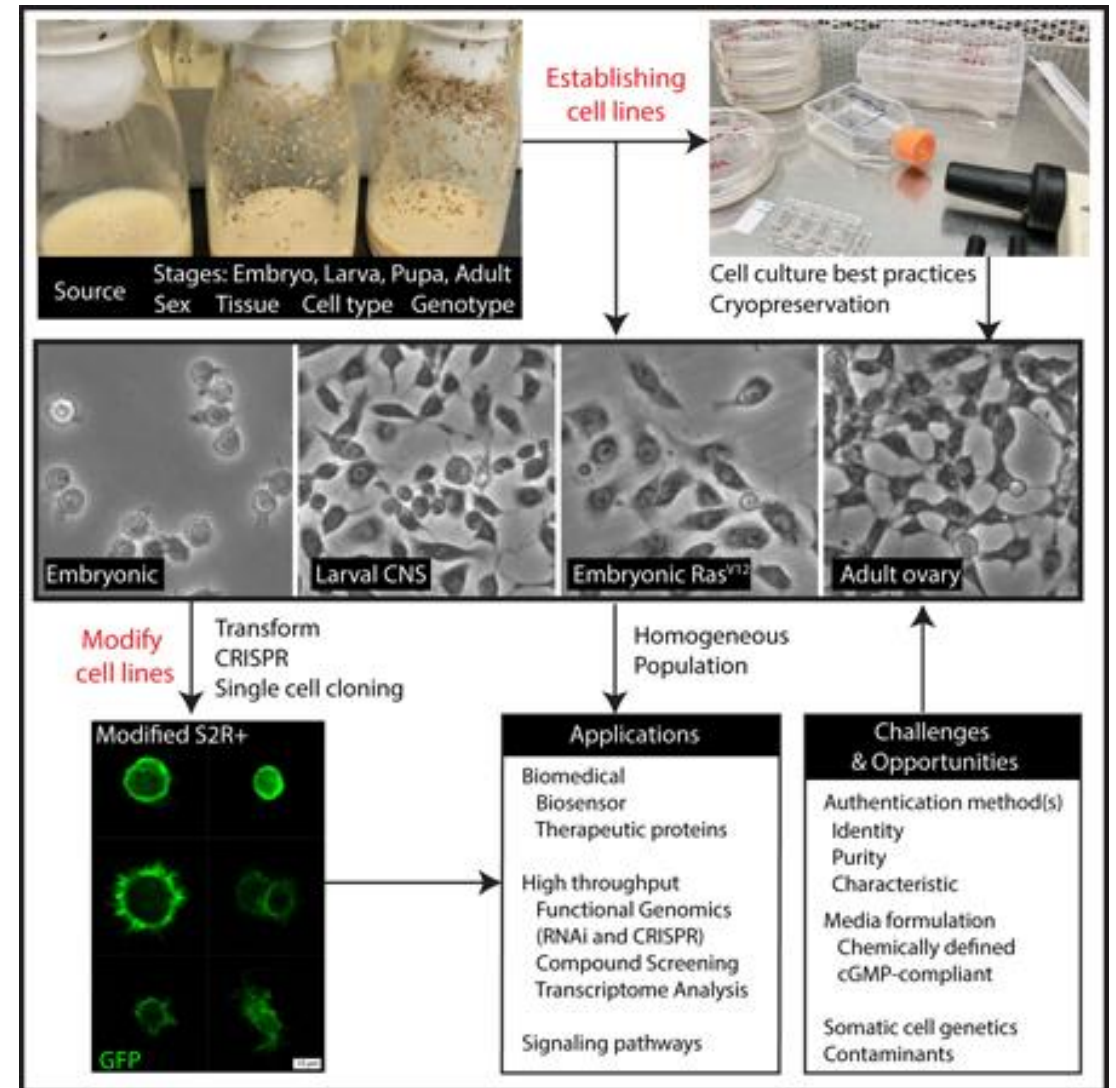
<https://what-when-how.com/insect-molecular-biology-and-biochemistry/transposable-elements-for-insect-transformation-part-1/>

Inżynieria genetyczna *D. melanogaster*

Także hodowle komórkowe *in vitro*

1969r. – pierwsze pierwotne linie komórkowe *Drosophila*.

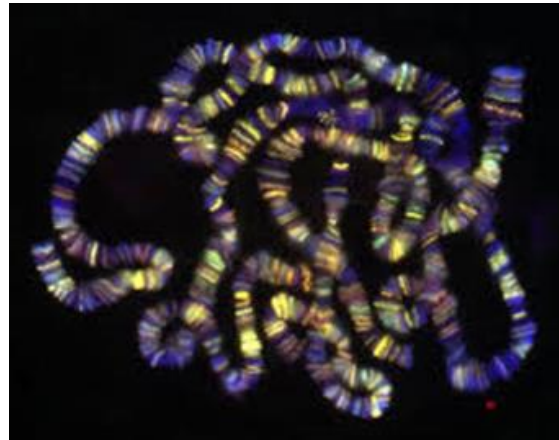
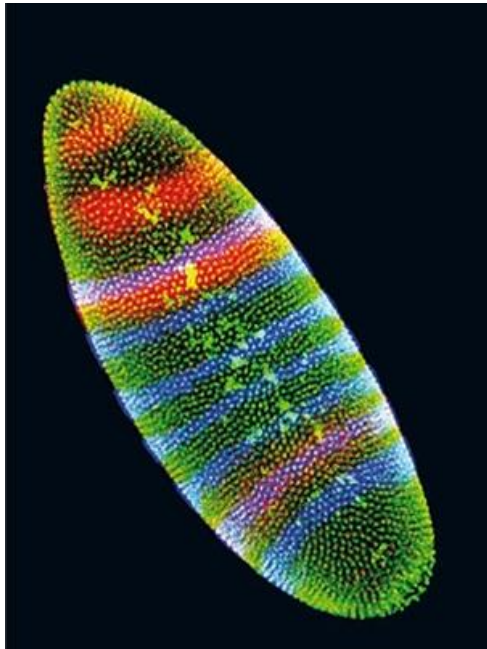
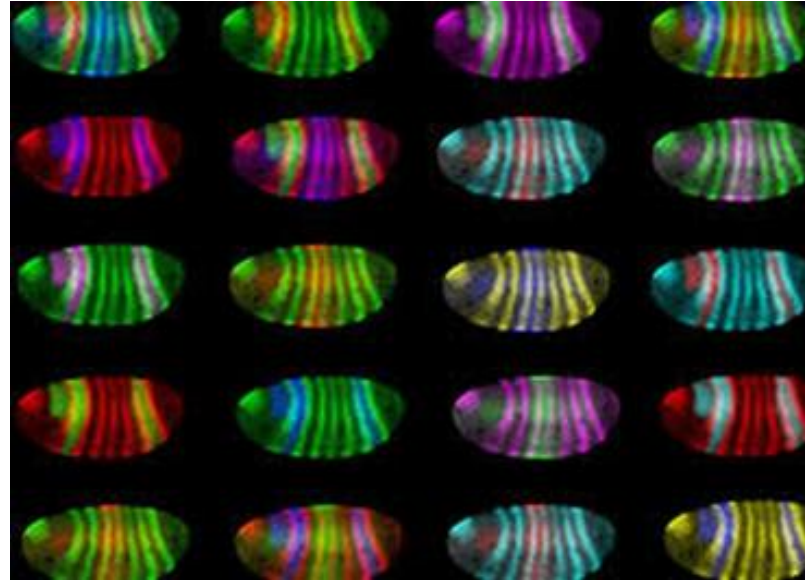
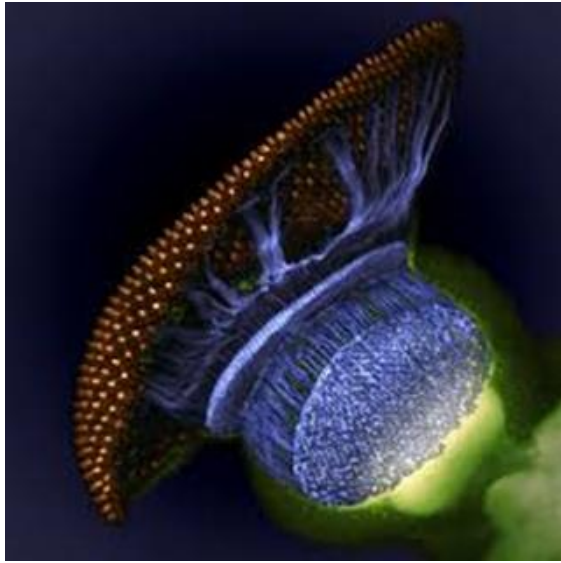
Komórki *Drosophila* świetnie nadają się do wyciszania ekspresji genów poprzez RNAi!



Generating and working with *Drosophila* cell cultures: Current challenges and opportunities.

<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wdev.339>

FISH – nie tylko analiza struktury chromatyny ale też analiza ekspresji!



Stosowanie sond molekularnych specyficznych dla różnych genów i wyznakowanych różnymi znacznikami fluorescencyjnymi pozwala nie tylko na wykrywanie genów i produktów ich ekspresji (RNA), ale również na badania ilościowe i topologiczne (zmiana ilości i lokalizacji specyficznych transkryptów w komórce i w zarodku). Dzięki temu uzyskujemy wiele informacji nieosiągalnych przy pomocy klasycznych technik hybrydyzacji kwasów nukleinowych (Southern i Northern).

D. melanogaster jako model zwierzęcy w badaniach

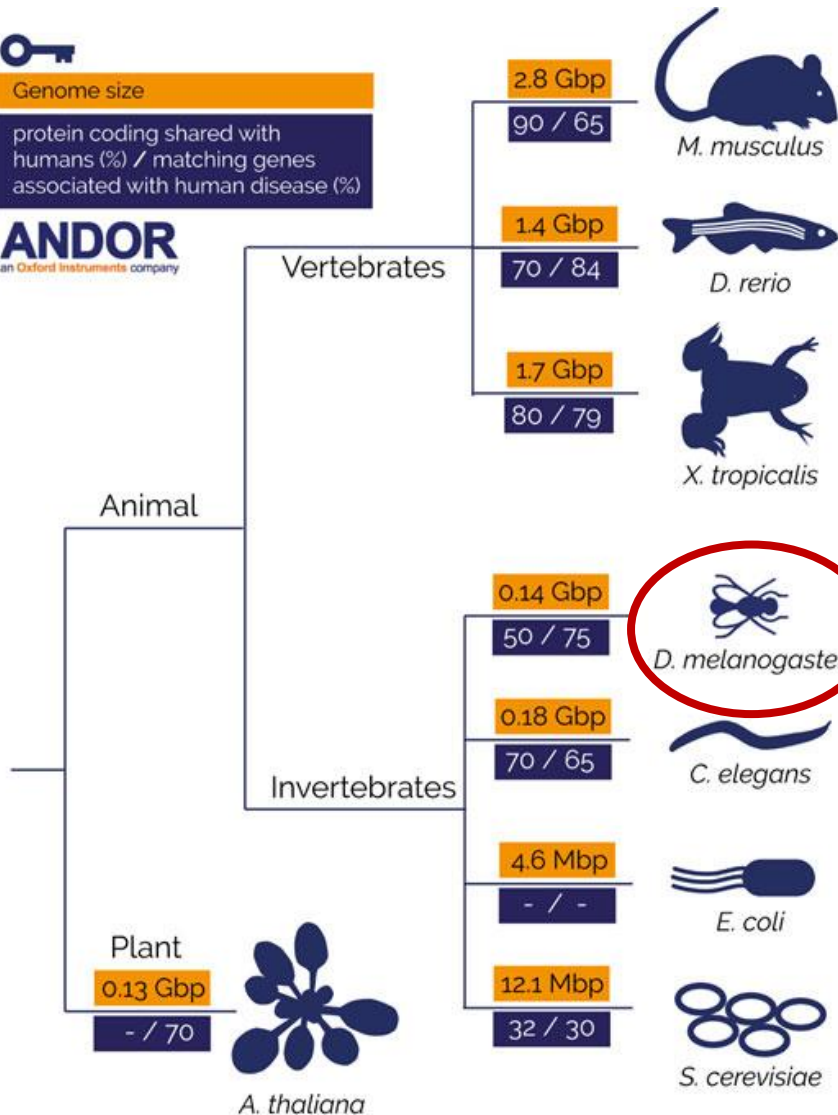
Genetyka



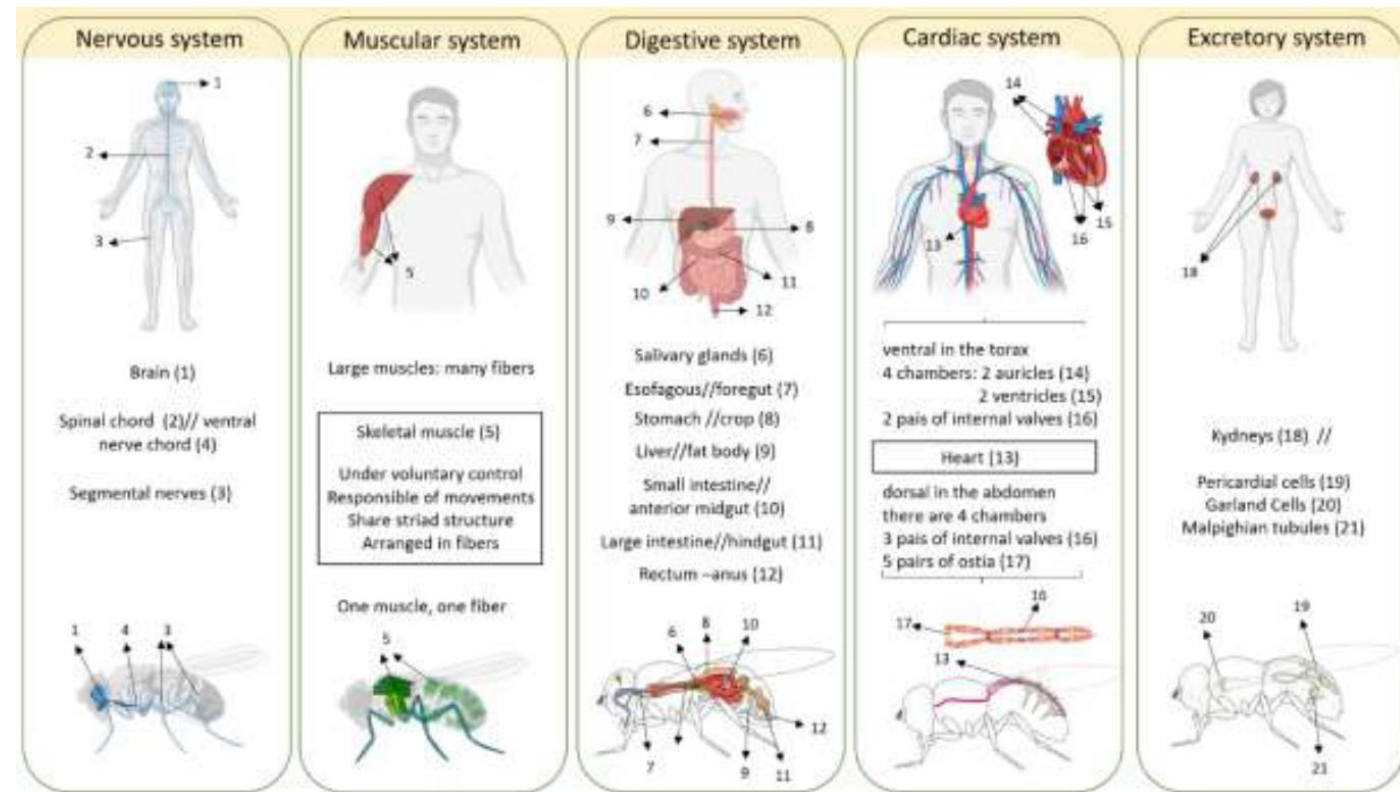
Genome size

protein coding shared with humans (%) / matching genes associated with human disease (%)

ANDOR
an Oxford Instruments company



Fizjologia



Physiological Mini Reviews 14:5, 2021 - Animal Models in Research

https://pmr.safiol.org.ar/wp-content/uploads/2022/01/vol_14_n5_2021.pdf

P. Ferrero: HOW SIMILAR ARE YOU TO THE FRUIT FLY? DROSOPHILA MELANOGASTER AS MODEL FOR STUDYING HUMAN DISEASES

***D. melanogaster* jako model zwierzęcy w badaniach**

- **Rozwój organizmu**
- **Układ odpornościowy (wrodzony, nie nabyty!)**
- **Narządy zmysłów**
- **Choroby neurodegeneracyjne**
- **Alkoholizm**
- **Choroby genetyczne człowieka**
- **Rozszczepienie podniebienia**
- **Agresja**
- **Zaloty**
- **Ślepotą**
- **Jet-Lag**
- **Pamięć**
- **Badania związków neurotoksycznych**
- **Uczenie się**
- **Choroby metaboliczne, otyłość**

Etyka!!!

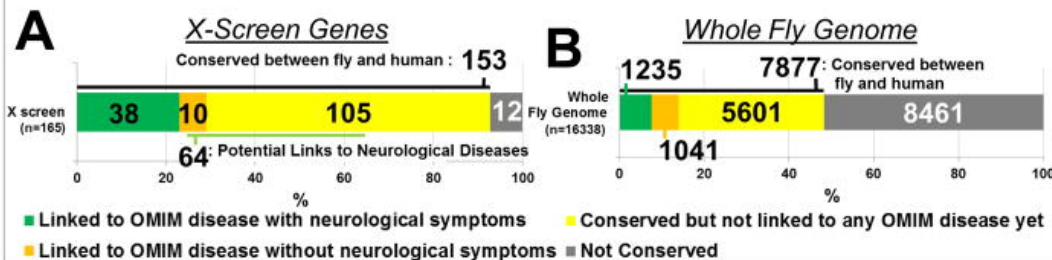
**TO TYLKO
PRZYKŁADY!!!**

Drosophila jako model chorób genetycznych człowieka

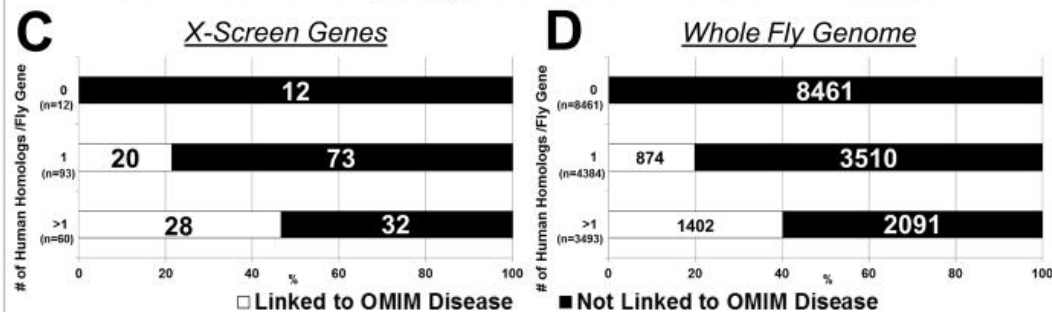
A *Drosophila* genetic resource of mutants to study mechanisms underlying human genetic diseases

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.09.002>

Conservation of fly genes and their links to OMIM diseases



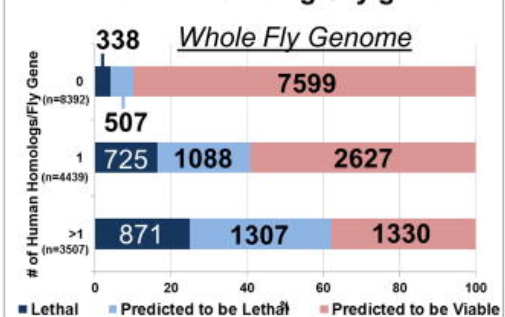
of Human homologs/fly gene and their links to OMIM diseases



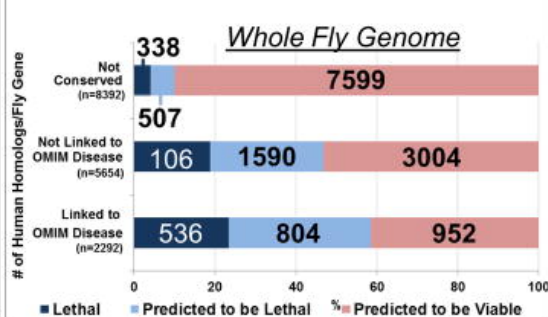
Relationship between # of Human homologs/fly gene and # of OMIM diseases associated per gene

<i>X-Screen Genes</i>	# of Human Homologs / Fly Gene			Total
	0	1	>1	
Fly Genes	12	96	57	165
Human Homologs	0	96	161	257
# of OMIM Diseases	0	21	100	121
# of OMIM Diseases / Fly Gene	0	0.22	1.75	...8x Enrichment
# of OMIM Diseases / Human Gene	N/A	0.22	0.62	...3x Enrichment

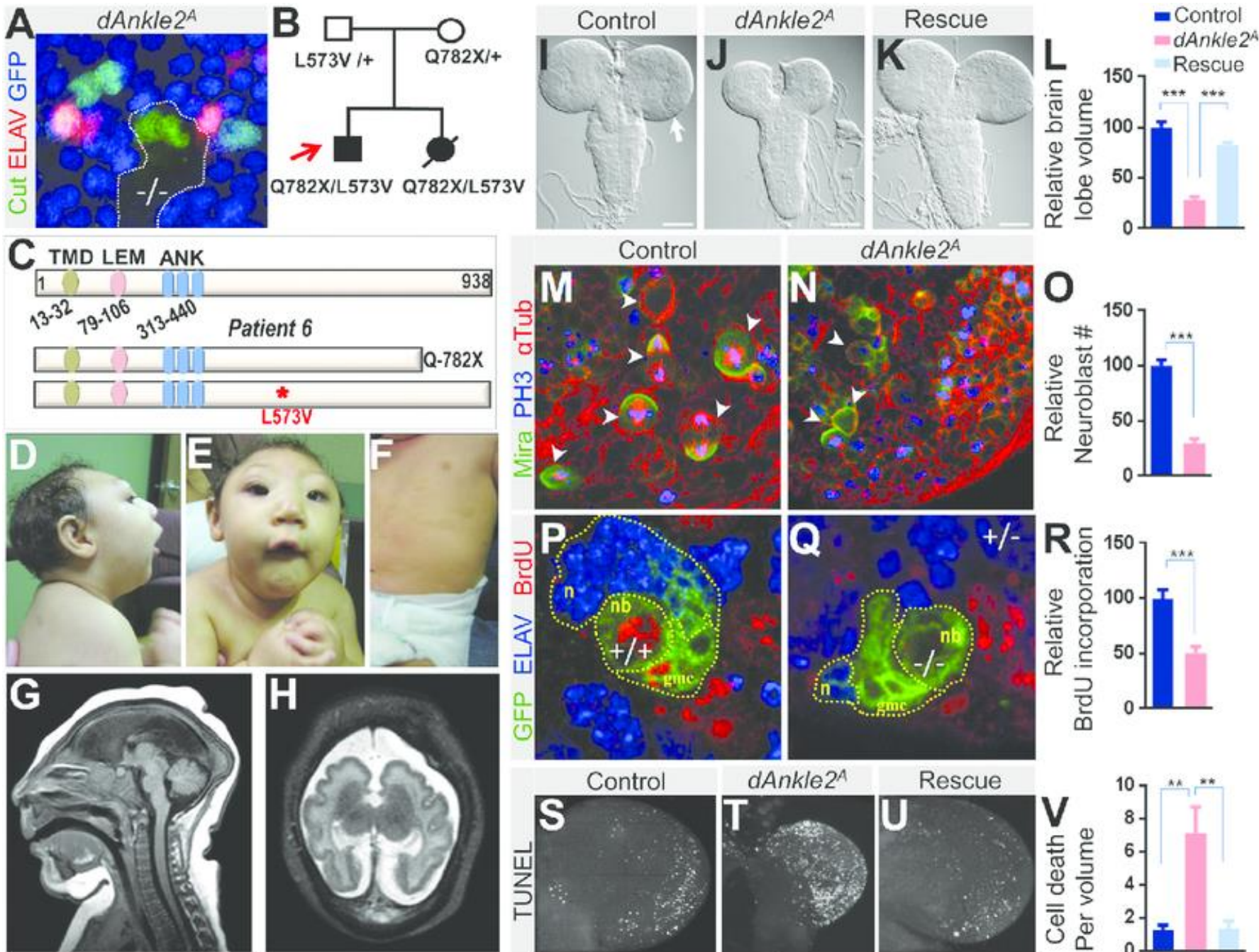
Lethality in flies and # of Human homologs/fly gene



Lethality in flies and links to OMIM diseases in human



ANKLE2 a mikrocefalia



Ankyrin Repeat And LEM Domain Containing 2 – białko błonowe, zaangażowane w odtwarzanie otoczki jądrowej przy podziałach mitotycznych, wpływa na defosforylację BAF/BANF1 – *nuclear assembly factor 1*

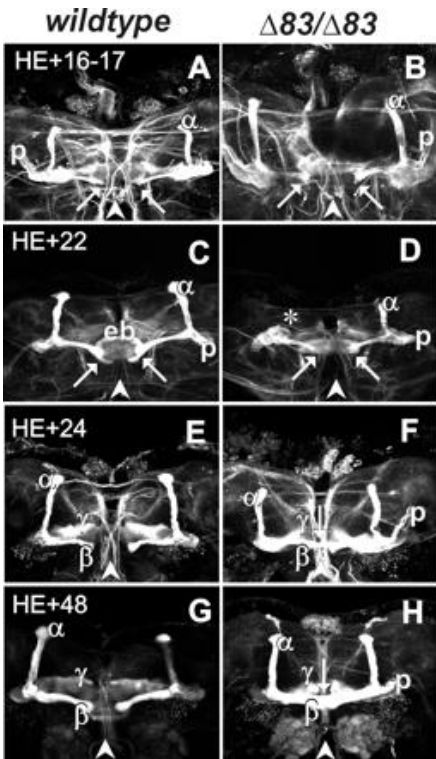
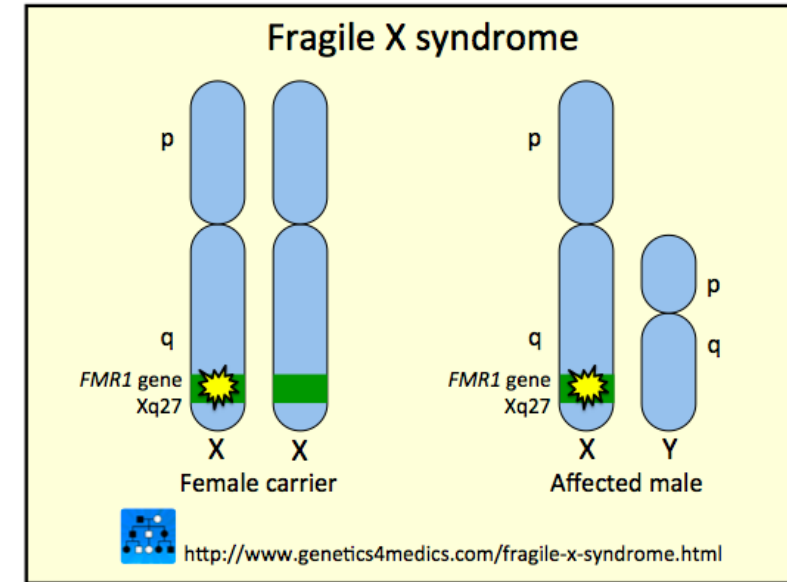
A *Drosophila* genetic resource of mutants to study mechanisms underlying human genetic diseases

Zespół łamliwego chromosomu X (FXS)

Zespół FXS powoduje mutacja w genie FMR1, kodującym białko FMRP (ang. Fragile X Mental Retardation Protein), które wiążąc specyficzne cząsteczki RNA uczestniczy w metabolizmie RNA modulując (posttranskrypcyjnie) ekspresję wielu genów.

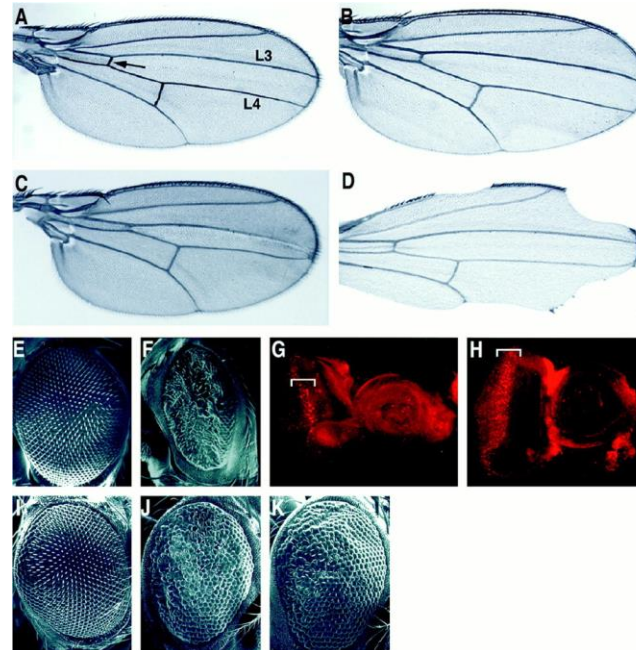
Za większość przypadków zespołu kruchego X odpowiada wyciszenie genu FMR1 będące konsekwencją ekspansji (zwiększenie liczby kopii – mutacja dynamiczna) sekwencji CGG znajdującej się w sekwencji kodującej 5'UTR. Efekt – między innymi utrata połączeń między neuronami.

U *D. melanogaster* występuje tylko jeden gen FMR1. Podczas gdy u człowieka znane są ponadto dwa jego odpowiedniki (FXR1 i FXR2) - łącznie 3 geny.



Defective Neuronal Development in the Mushroom Bodies of *Drosophila* Fragile X Mental Retardation 1 Mutants

<https://www.jneurosci.org/content/24/25/5798>



Modeling Fragile X Syndrome in *Drosophila*

<https://doi.org/10.3389/fnmol.2018.00124>

Neuronal fragile X mental retardation protein activates glial insulin receptor mediated PDF-Tri neuron developmental clearance

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21429-4>

Drosophilla modelem w badaniach odżywiania



- Łaty sposób manipulowania pokarmem, różne formy podawania.
- Możliwy dobór proporcji np. wodorowęglany/aminokwasy.
- Możliwe podawanie dowolnych związków.
- Konieczność standaryzacji pożywek!!!

nature

[Explore content](#) ▾

[About the journal](#) ▾

[Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [research highlights](#) > article

[Published: 20 November 2013](#)

Lab methods

A strict diet for *Drosophila*

[Nature](#) **503**, 314 (2013) | [Cite this article](#)

4089 Accesses | **7** Altmetric | [Metrics](#)

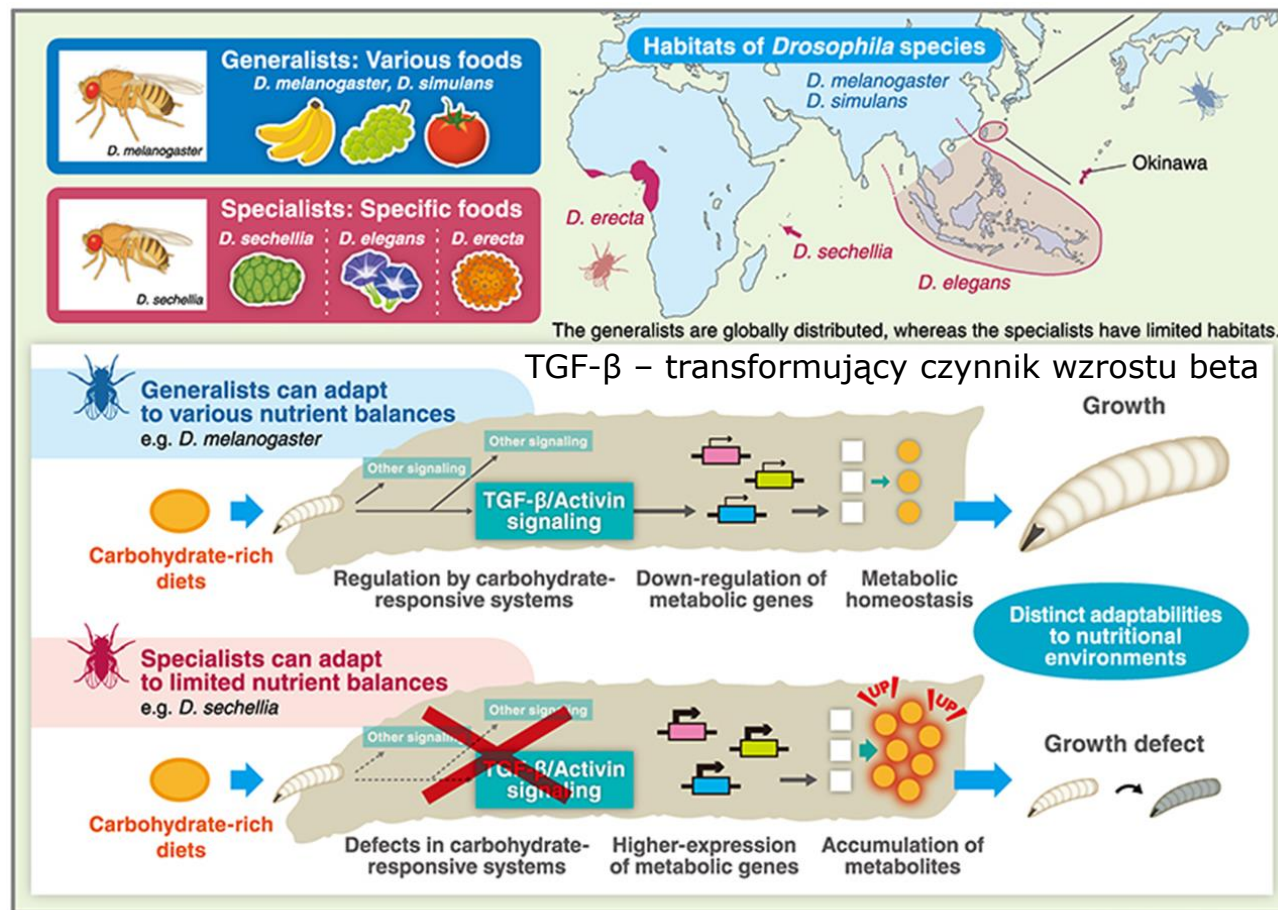
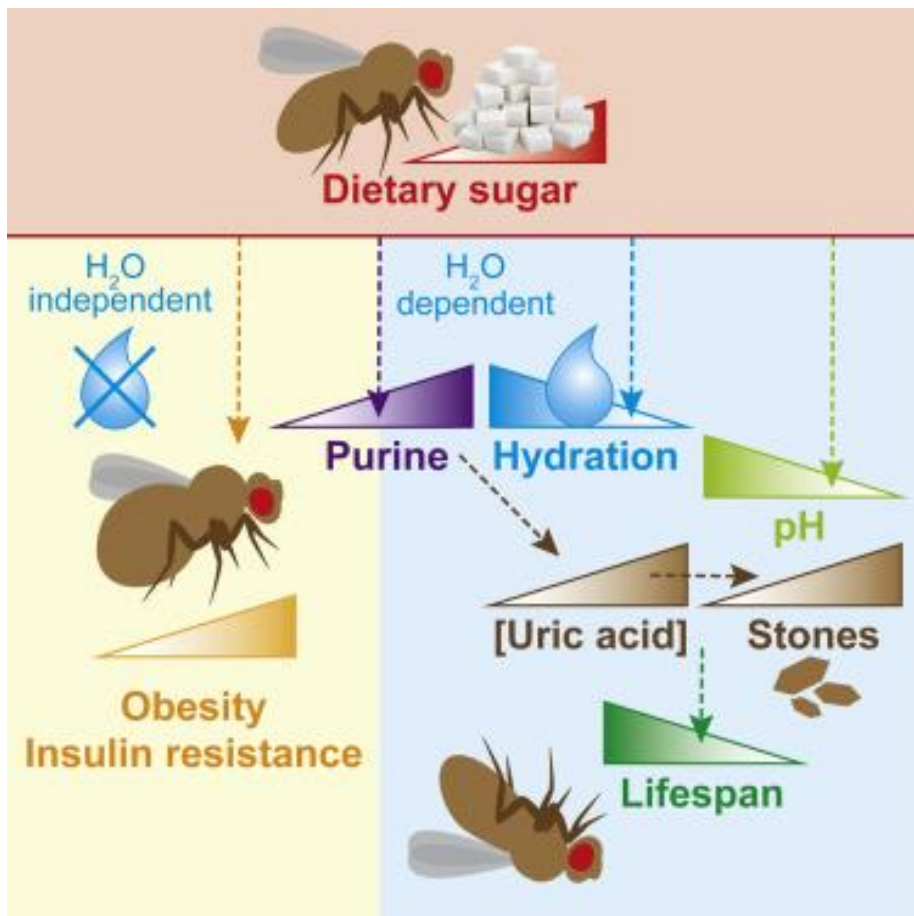
A holidic medium for *Drosophila melanogaster*

<https://doi.org/10.1038/nmeth.2731>

Drosophilla modelem w badaniach odżywiania

Cewki Malpighiego jako model nerek u człowieka

Adaptacja do diety

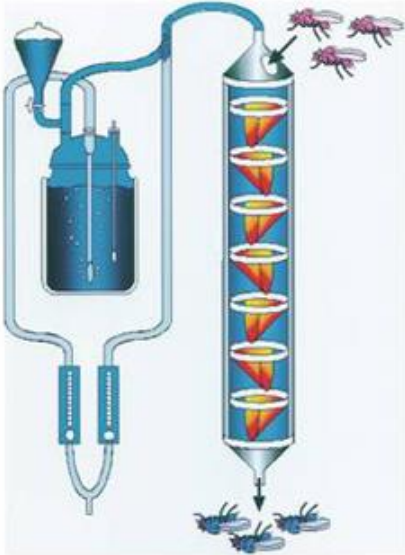


E. van Dam i wsp., Cell Metabolism 2020; <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.02.016>

Watanabe K. i wsp., Cell Rep, 2019; <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.08.030>

Illustrated by Hiroko Uchida

Badanie wrażliwości na opary alkoholu; selekcja mutantów

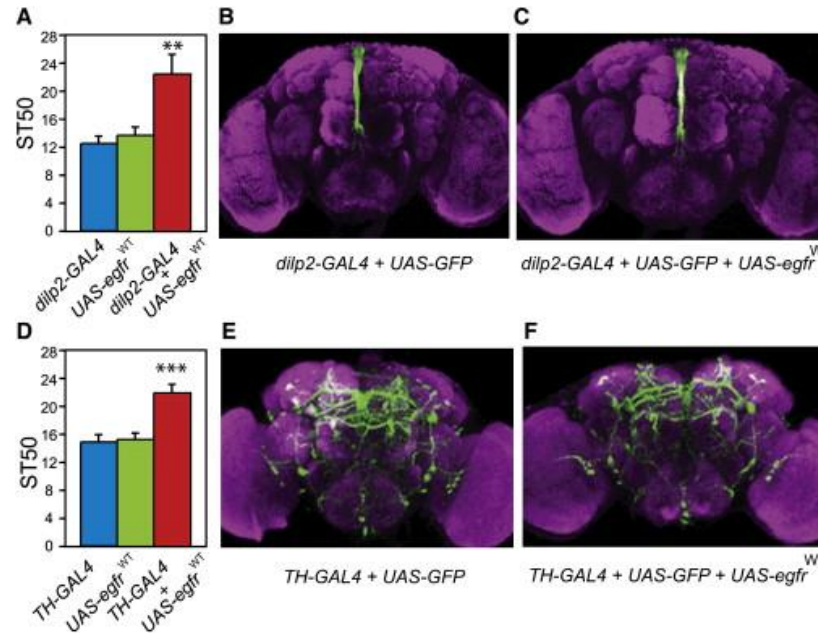


Karmienie kapilarne



Uzależnienie od alkoholu

Happyhour, a Ste20 Family Kinase, Implicates EGFR Signaling in Ethanol-Induced Behaviors

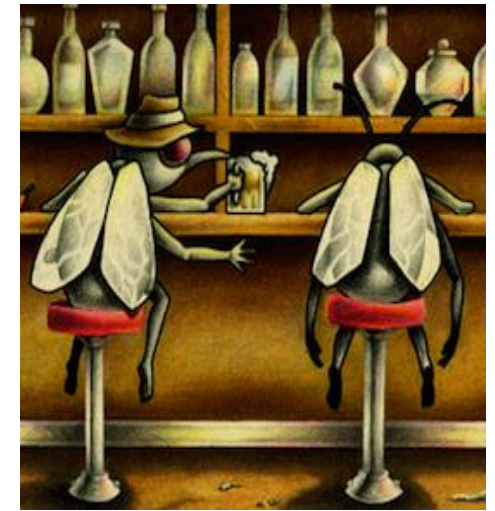


EGFR – receptor naskórkowego czynnika wzrostu

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.03.020>

Drosophila as a Model for Alcoholism: An Interplay of Nature and Nurture

https://www.youtube.com/watch?v=MKb1nhql1_c



Studying alcohol use disorder using *Drosophila melanogaster* in the era of 'Big Data'

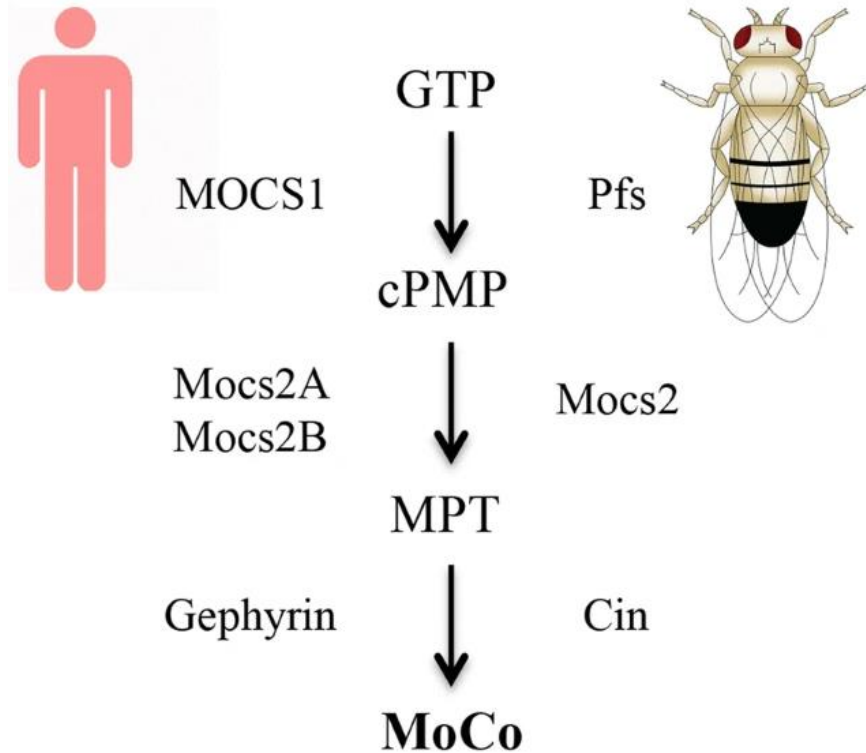
<https://doi.org/10.1186/s12993-019-0159-x>

Term:	Definition
ChIP-seq	Chromatin immunoprecipitation sequencing
GWAS	Genome wide association studies (also known as WGA—whole genome association)
MB	Mushroom body; an important neural center in flies; involved in olfaction and olfactory memory formation
NGS	Next generation sequencing (massive parallel sequencing)
RNA-seq	RNA sequencing (whole genome RNA sequencing)
SNP	Single nucleotide polymorphism
Wildtype	Aa model strain of organism fly with no induced mutations
RNAi	Short hairpin RNA used to target RNA for degradation. Used to knockdown expression of genes
Behavioral assays: terms	
booz-o-mat	Aa horizontal assay for intoxicating flies
Inebriometer	Aa vertical assay for intoxicating flies
CAFE	Ccapillary feeding assay
PER	Pproboscis extension reflex; used to study alcohol's appetitive properties

Fizjologiczne i genetyczne podstawy agresji

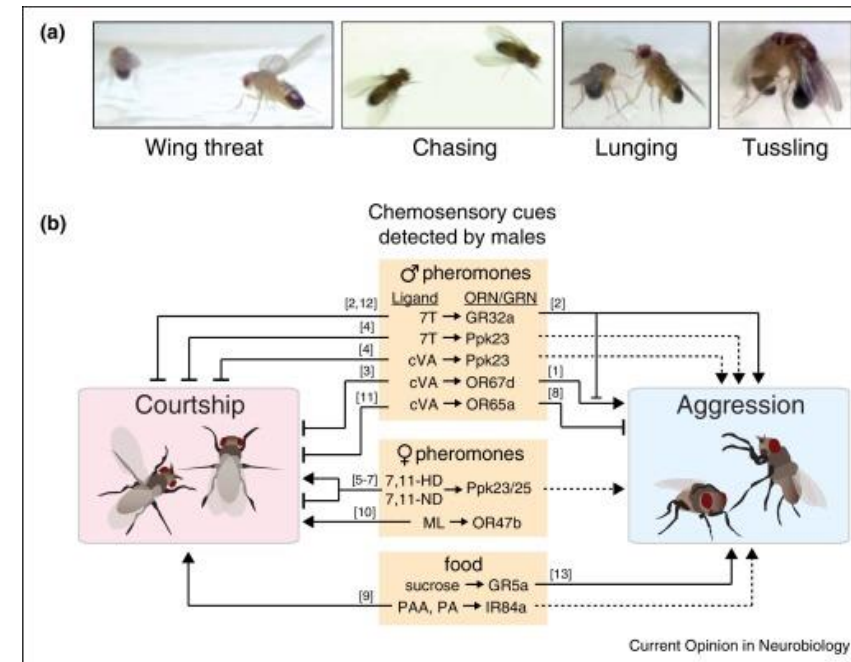


The peacefulness gene promotes aggression in *Drosophila*



Pfs -> **Mocs1**: molybdenum cofactor synthesis 1
(prekursor kofaktora molibdenowego)
Knock-out -> spadek agresji
Nadekspresja -> wzrost agresji

Neural control of aggression in *Drosophila*



<https://doi.org/10.1016/j.conb.2016.04.007>

Aggression in *Drosophila* males

<https://www.youtube.com/watch?v=JRT-5ygVlxw>

<https://molecularbrain.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13041-018-0417-0>

„Mucha w mucholocie...”

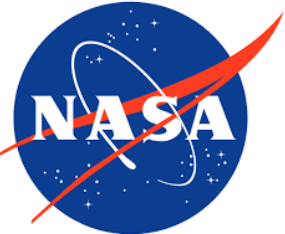


https://en.wikipedia.org/wiki/V-2_rocket

**– czyli pierwszy
organizm wyniesiony w
przestrzeń kosmiczną!**

**1947 – lot na pokładzie
amerykańskiej wersji rakiety
V2 na wysokość ponad 100 km –
czyli ponad umowną granicę
przestrzeni kosmicznej.**

Kapsuła z muchami powróciła na spadochronie – chciano sprawdzić czy muchy przeżyją promieniowanie kosmiczne.



I lata w kosmos dalej...



ISS



Space Station Research

Nov 14, 2013

NASA's Next "Top Model," The Fruit Fly



NASA finds the common fruit fly—*Drosophila melanogaster*—quite an attractive "model," but not in the way you might think. This tiny insect is a biomedical research model that can reveal the basis for health and disease in many animals, including humans, because we share the basic biochemical machinery of life. NASA scientists are studying fruit flies to understand the molecular, genetic, cellular and physiological responses of whole organisms to spaceflight.

On Earth and in space, these models are easier to study than humans. Thousands of fruit flies take up little room. Multiple generations hatch within days, allowing for the study of diseases that would take decades to develop in humans. Because scientists can study many genetically identical *Drosophila* at once, they can design tests that have a high degree of statistical power, enhancing experimental sensitivity.



Sep 6, 2022

Artificial Gravity Provides Partial Protection for Biology in Space *Testy fizjologiczne, sprawnościowe (wspinania), ekspresja genów*



- <https://www.nature.com/articles/labn.451>
- https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/fruit_fly
- <https://www.nasa.gov/ames/fruit-fly-lab>
- <https://www.nasa.gov/feature/ames/fruit-flies-artificial-gravity>
- <https://www.eara.eu/post/nasa-studies-fruit-flies-in-space>



NASA Ames

Mar 29, 2018

Wpływ niskiej grawitacji na układ immunologiczny, krążenia, itp...

Fruit Fly Lab



Tiny Flies Make Big Biology Happen in Space

To most people, fruit flies are just pests that hover around over-ripe bananas and other forgotten fruit. However, to scientists, fruit flies are an important model organism, and understanding what goes on within these tiny bugs can reveal big things about the basics of biology. NASA is studying fruit flies in space to help address the effects of long-duration space missions on an astronaut's body and the way the body responds to new and stressful environments.

Fruit fly systems are simpler than mammals', but there are important structural, functional and genetic components that are similar between the two. Approximately 75% of human disease genes have similar genes in the fruit fly, so studying them can help us understand human biology, too. Experiments taking place in the reduced-gravity of the International Space Station have already increased understanding of the human immune system and heart function, for example.

Fruit flies are well suited for space biology research because maintaining a large population requires few resources and little equipment. Also, their short life cycle allows scientists to study several generations in a single month. To help meet the need for fruit fly research conducted in the unique conditions of space, the Space Biosciences division at NASA's Ames Research Center, in California's Silicon Valley, developed the hardware and protocols necessary for scientists to send their fruit fly experiments to the space station.



Fruit flies are housed and transported to the International Space Station in vials containing fly food.

Credits: NASA/Ames Research Center/Dominic Hart

<https://flybase.org/> – baza danych *Drosophila*

FB2023_01, released February 15, 2023
A Database of *Drosophila* Genes & Genomes

Home Tools Downloads Links Community Species About Help Archives J2G Jump to Gene Go

D. melanogaster
D. virilis
A. mellifera
BLAST

JBrowse

New to Flies?
New To Files?

GO PHENOTYPE ANATOMY DISEASE MORE
Vocabularies

ID! IDV
ID Validator

FIELD DATA X M L sequence
Batch Download

Fast-Track

Tweets from @FlyBaseDotOrg Follow

FlyBase @FlyBaseDotOrg · Mar 10
New #FlyBook chapter!
Drosophila postembryonic nervous system development: a model for the endocrine control of development

External Resources

News and Outreach

Drosophila Journals and Protocols

Tool/Reagent Resources (wiki)

Meetings/Courses/Jobs

Drosophila in Disease Research

Inter-species

Fly Boards

QuickSearch

Human Disease Protein Domains Gene Groups Pathways GO Data Class

Search FlyBase Homologs GAL4 etc Expression Phenotype References

Everything Search

Click here to submit multiple IDs/symbols.

Note: Wild cards (*) can be added to your search term

Gramates LS, Agapite J, Attrill H, Calvi BR, Crosby M, dos Santos G Goodman JL, Goutte-Gattat D, Jenkins V, Kaufman T, Larkin A, Matthews B, Millburn G, Strelets VB, and the FlyBase Consortium (2022) **FlyBase: a guided tour of highlighted features**. *Genetics*, Volume 220, Issue 4, April 2022.
<https://doi.org/10.1093/genetics/iyac035>

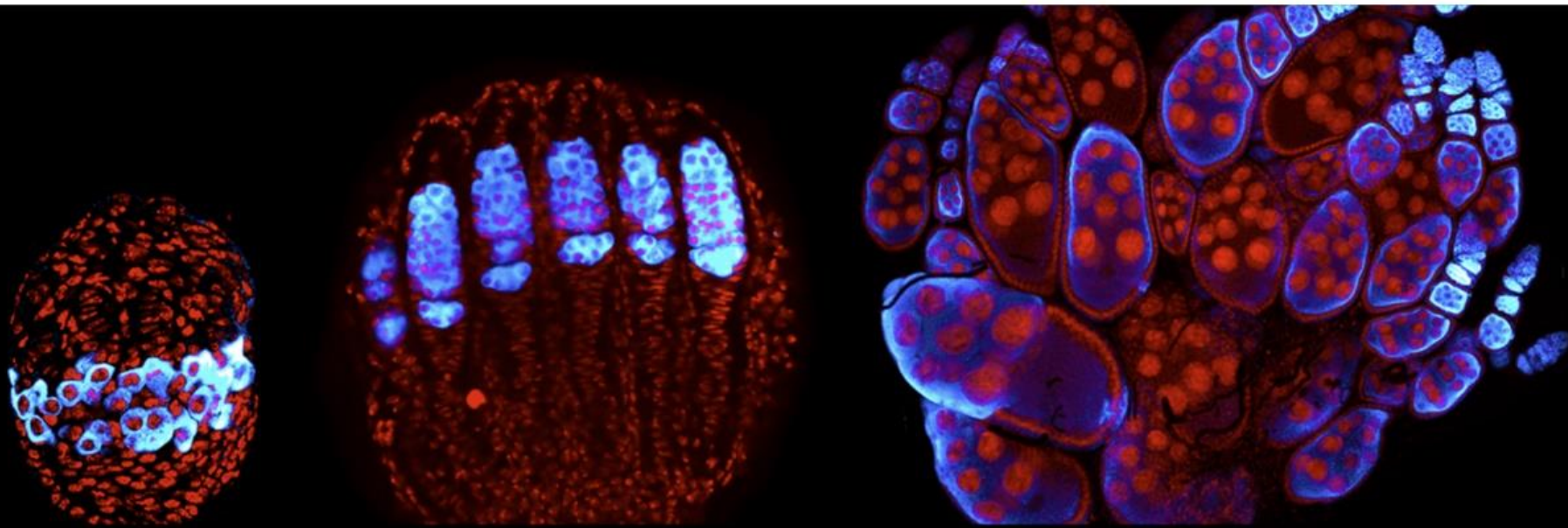
<https://drosophila-images.org/>

drosophilaimageaward@gmail.com

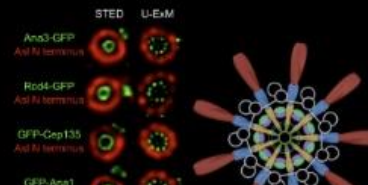
Sponsored by the Genetics Society of America

DROSOPHILA IMAGEAWARD

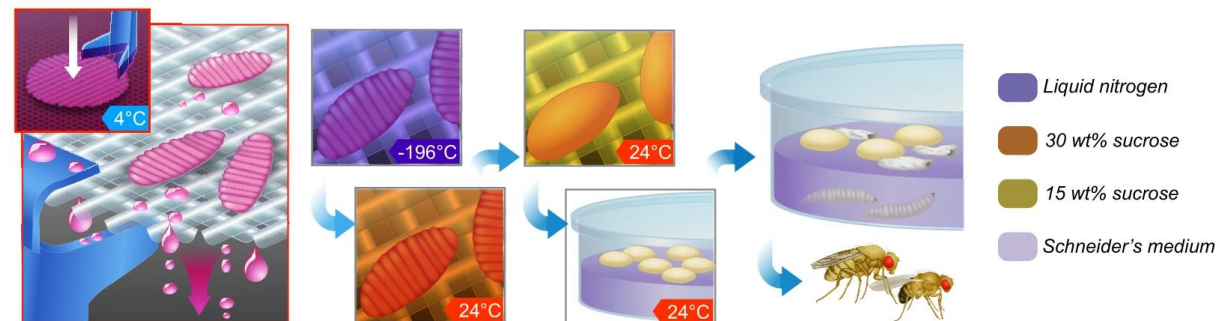
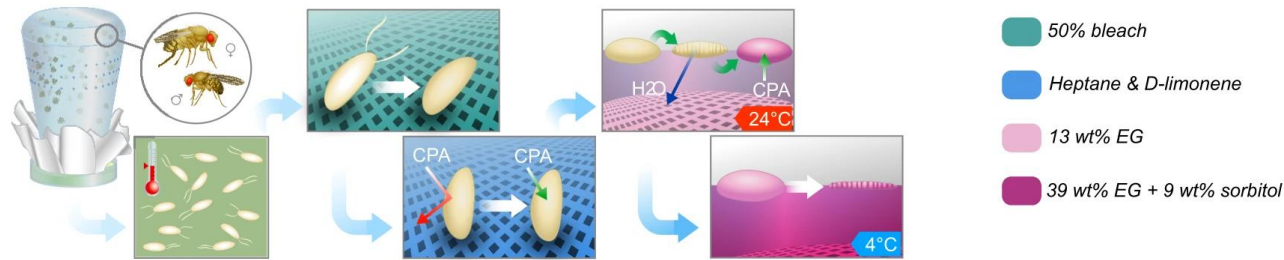
[Home](#) [Past Winners](#) [Rules](#) [FAQ](#) [Award Schedule](#) [Award Committee](#)



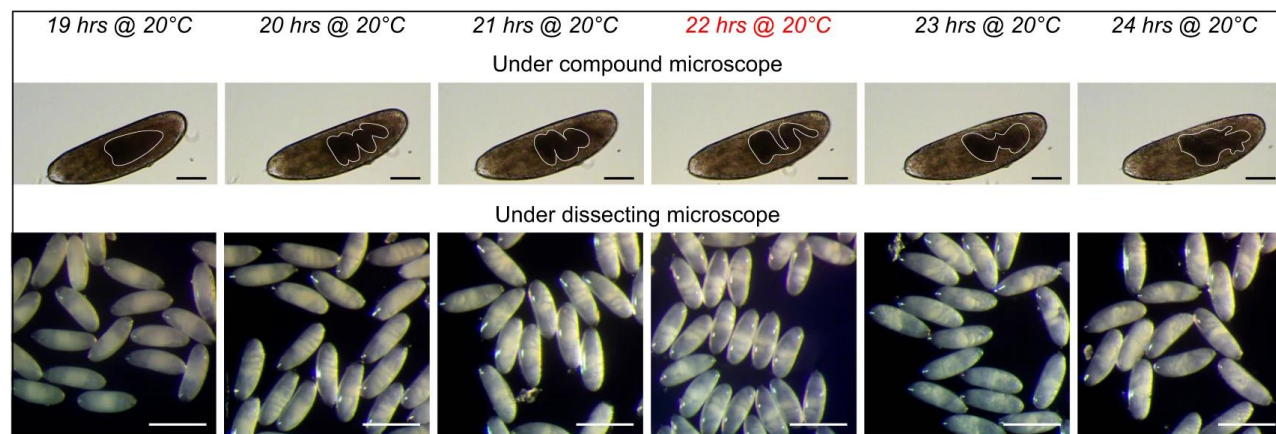
2022 WINNERS



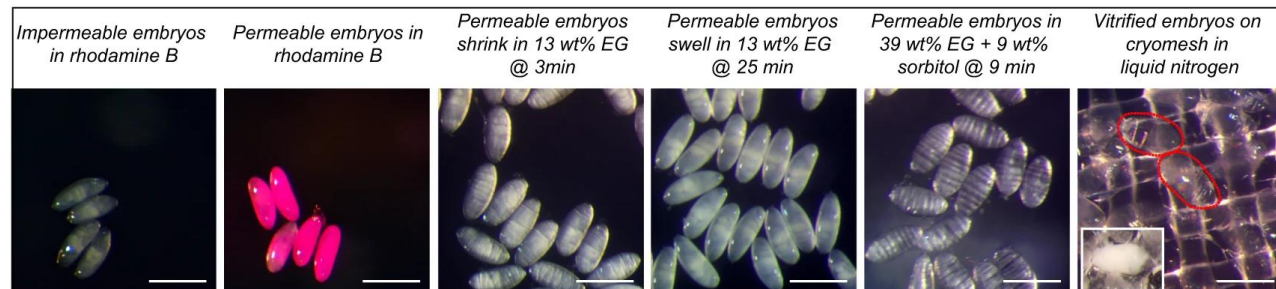
a



b



c



Krioprezewacja embrionów *Drosophila*

Konieczność utrzymywania ciągłej hodowli *Drosophila* zawsze była ograniczeniem badań.

Dotychczas nie znano skutecznych metod mrożenia jaj.

- 50% embrionów przeobraziło się w larwy.
- 25% larw osiągnęło postać dorosłą.

„Koń roboczy” genetyki doczekał się nawet pomników i wystaw!

Wystawa czasowa, NY, 2013



Indiana University



University of Oregon



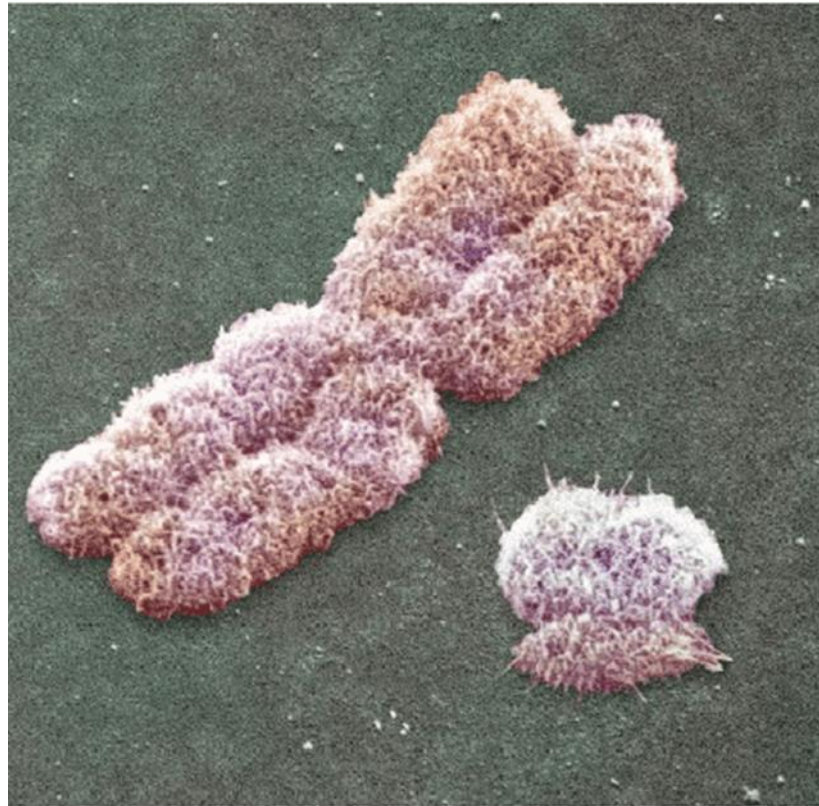
Dziękuję bardzo!



Film, że mucha nie siada...
<https://www.youtube.com/watch?v=nT81H8B6gzU>

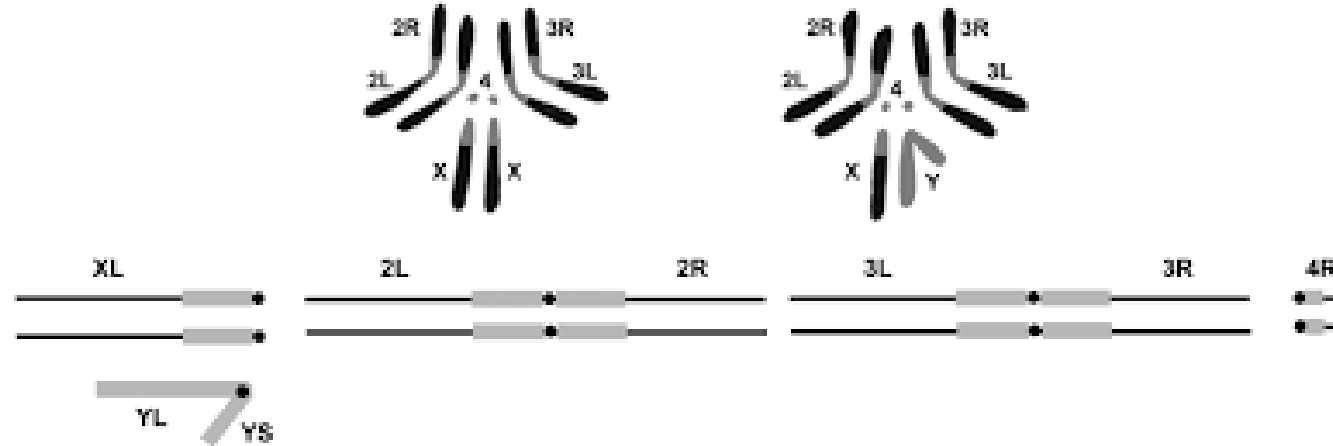
Suplement

Dziedziczenie płci u *D. melanogaster*



Dziedziczenie płci u *D. melanogaster*

- Diploidalny genom *Drosophila* posiada 4 pary chromosomów: 1 para to chromosomy płci (X i Y) a pary 2-4 to autosomy (chr. 4 – „dot chromosome” ~2% genomu)



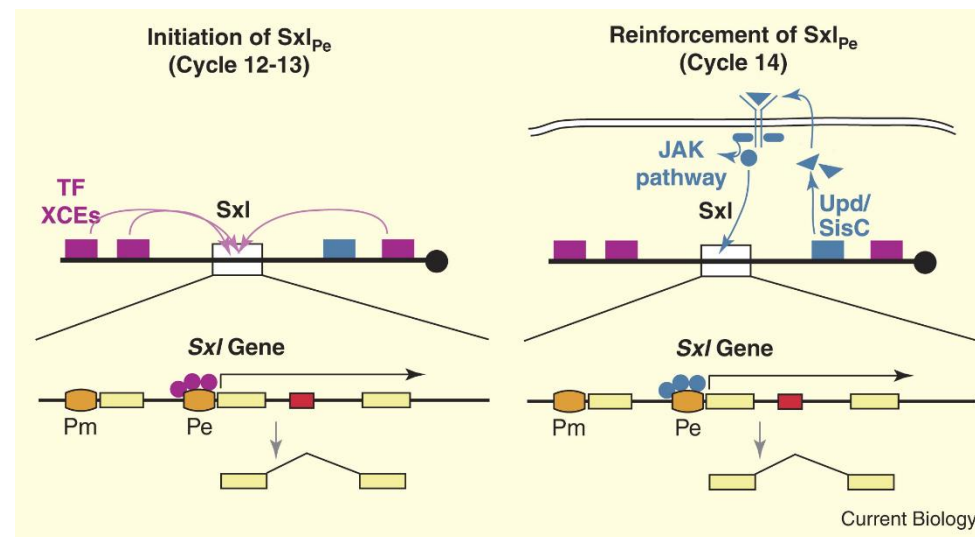
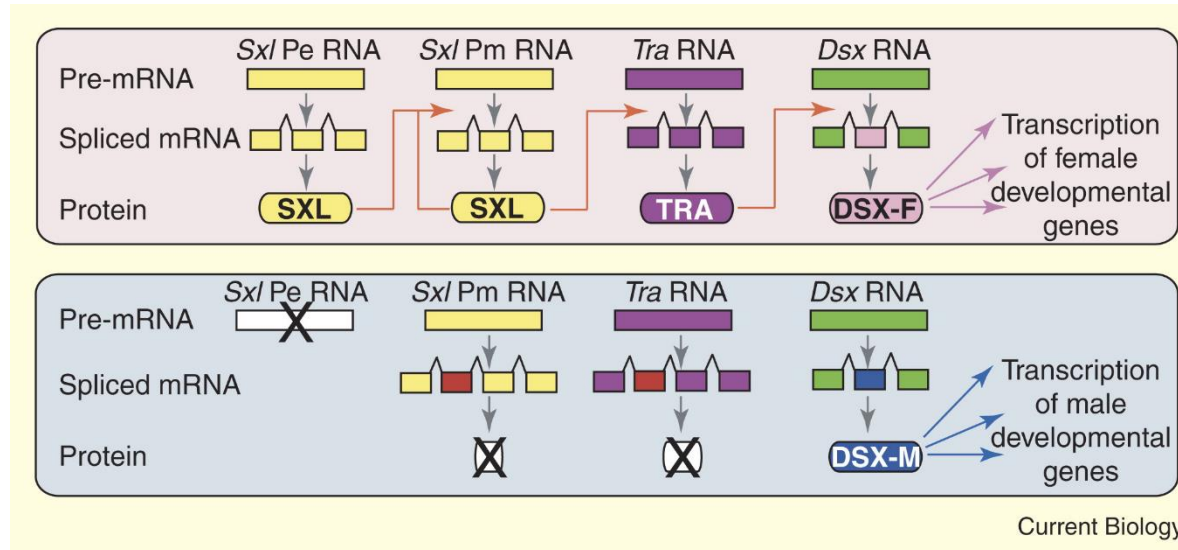
- Na chromosomie Y nie znajdują się geny bezpośrednio odpowiedzialne za płć a tylko za produkcję nasienia u dojrzałych już samców (**inaczej jak u człowieka!**)
- Geny warunkujące płć samców znajdują się na autosomach!
- Geny warunkujące płć samic znajdują się także na chromosomie X
- Za płć odpowiada stosunek liczby chromosomów X do A (autosomów)
- Zatem u ssaków XO to samica (zwykle sterylna) a u muchy sterylne samce

Dziedziczenie płci u *D. melanogaster*

X chromosomes	Autosome sets	(A)X:A ratio	Sex
3	2	1.50	Metafemale
4	3	1.33	Metafemale
4	4	1.00	Normal female
3	3	1.00	Normal female
2	2	1.00	Normal female
2	3	0.66	Intersex
1	2	0.50	Normal male
1	3	0.33	Metamale

Dziedziczenie płci u *D. melanogaster*

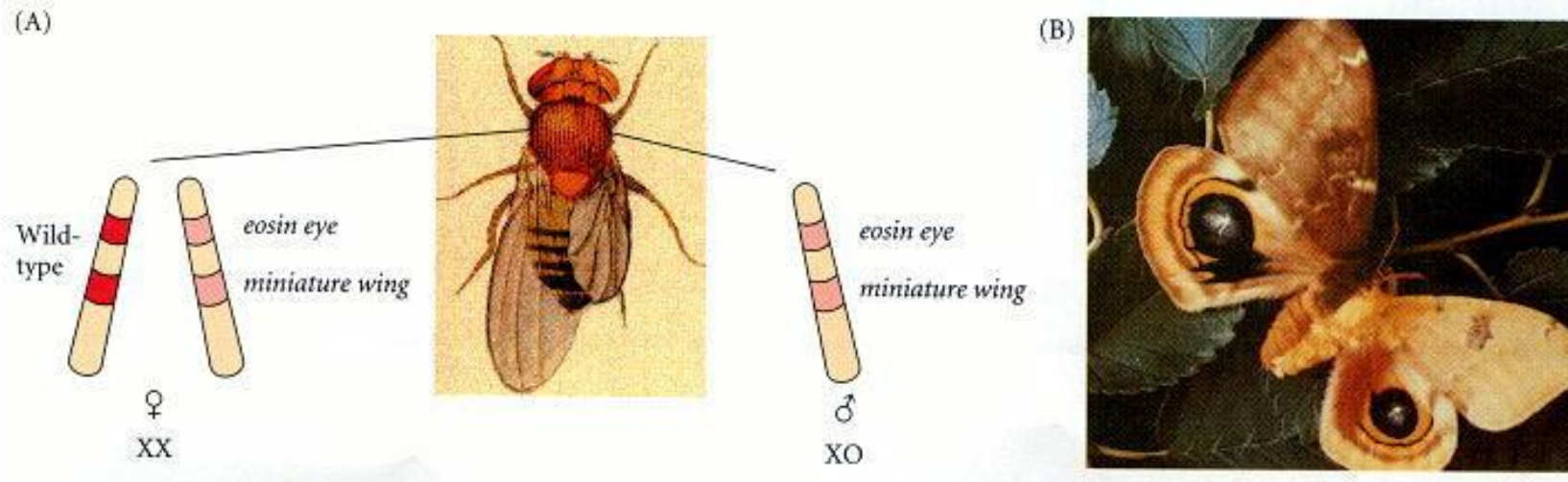
Transkrypcja genów Sex-lethal (*Sxl*), Transformer (*Tra*) i Doublesex (*Dsx*)



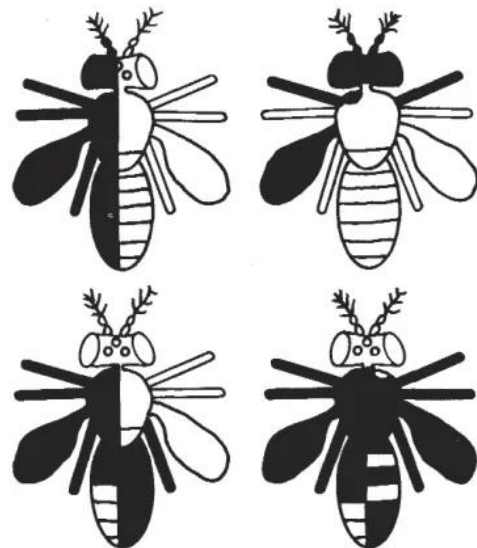
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096098220701113X>

Dziedziczenie płci u *D. melanogaster*

Gynadomorfy – losowa utrata jednego z chromosomów X



<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10025/>



https://biomist.pl/biologia/artykuly-biologiczne/mechanizm_determinacji_pliciewolucja_chromosomow_plci/6712
#prettyPhoto