

PENGARUH SUHU LINGKUNGAN TROPIS TERHADAP PENENTUAN JENIS KELAMIN DROSOPHILA

G Wayan Seregeg

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya

ABSTRACT

Based on many research studies conducted it can be concluded that there are more than 250 theories of sex-determination. This means that there is not any single theory on sex-determination. This study aims at uncovering effects of the temperature of the tropical environment on sex-determination in *Drosophila*. The method undertaken was to collect and count the ratio of males to females, *Drosophila* directly caught in natural environment. The catching was conducted in three periods, i.e.: April 2001, April 2002, and April 2004. The results were as follows: (1) The number of females caught at each periode was much more than males. The ratio of males to females was 1:2; (2) The ratios of males to females at three successive periodes were significantly different at $p \geq 5$. The ratios vary due to the influence of several factor; outside the temperature of the environment, on the ratios of males to females in *Drosophila*.

Key words: *Drosophila*, sex-determination

PENGANTAR

Teori genetika mengatakan bahwa genotip saling berinteraksi dengan lingkungan menghasilkan fenotip. Beberapa pola interaksi yang berlangsung selama proses perkembangan individu, di antaranya, sebagai berikut: antara genotip dan lingkungan, antara gen dan gen, antara gen dan kromosom* antara kromosom dan inti, antara inti dan sitoplasma, dan antara sel dan jaringan. Ini berarti, tidak dapat dipastikan bahwa satu gen menentukan satu trait. Sebaliknya, satu trait lahir dari interaksi yang kompleks dari banyak faktor pada setiap tingkat perkembangan (Strickberger, 1990; Whiting, 1939; Mange and Mange, 1990).

Pada beberapa invertebrata, jenis kelamin adalah gejala fenotipik, bukan genetis (Sinnot, Dunn, dan Dobzhansky, 1958; Gardner *et al.*, 1991; Dobzhansky, 1955). Berarti, jenis kelamin beberapa invertebrata dipengaruhi oleh lingkungan eksternal. Misalnya, penelitian Baltzer mengungkapkan bahwa setiap cacing muda (yang baru menetas dari telur) yang dipelihara secara terisolasi akan tumbuh menjadi cacing dewasa betina. Sebaliknya, jika cacing muda itu dibesarkan dalam lingkungan air yang sudah ada cacing betina dewasanya, cacing muda itu akan menuju cacing betina dewasa dan ia menempelkan diri pada *proboscis* betina. Cacing muda ini ditransformasi ke jantan (Gardner *et al.*, 1991). Bila Baltzer menciptakan lingkungan yang terbuat dari ekstrak *proboscis* betina, cacing muda yang dilepaskan ke lingkungan ini juga ditransformasikan menjadi jantan (Gardner *et al.*, 1991).

Penentuan jenis kelamin invertebrata juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan pada saat telur diinkubasi. Misalnya

Ross melaporkan bahwa telur *nhrusema victa* (penyu) yang diinkubasi pada suhu tinggi akan melahirkan penyu betina, dan pada suhu rendah, jantan. Sebaliknya, telur *Agama agama* (kadal) yang diinkubasi pada suhu tinggi melahirkan kadal jantan sedang pada suhu rendah, betina (Ross *et al.*, 1983; Spotila, 1994).

Ross *et al.* (1983) juga menemukan bahwa penentuan jenis kelamin pada cacing laut (*Bonnetid*) dipengaruhi oleh lingkungan hidup pada masa embrio atati muda. Bila larvanya berenang bebas, atau hidup di dasar laut larvanya tumbuh menjadi betina. Tetapi bila larvanya menempel pada *proboscis* betina dewasa ia tumbuh menjadi jantan yang kecil sekali dan/lalu hidup parasitik pada saluran genetalis betina.

Penentuan jenis kelamin pada tumbuhan tertentu juga diketahui dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Misalnya, Byers *et al.* (1972) melakukan penelitian pada *Equidsetum* (tanaman), Bila *Equisetum* ditumbuhkan pada lingkungan yang nyaman untuk hidupnya ia tumbuh menjadi tanaman betina. Sebaliknya, bila ia tumbuh di lingkungan yang serba miskin hara ia tumbuh menjadi tanaman jantan.

Penentuan jenis kelamin pada berbagai spesies hewan sangat kompleks. Tidak ada satu sistem tunggal dalam penentuan jenis kelamin makhluk hidup. Pada akhir abad ke-17 Drelincourt mencatat ada 262 teori penentuan jenis kelamin makhluk hidup (Strickberger, 1990).

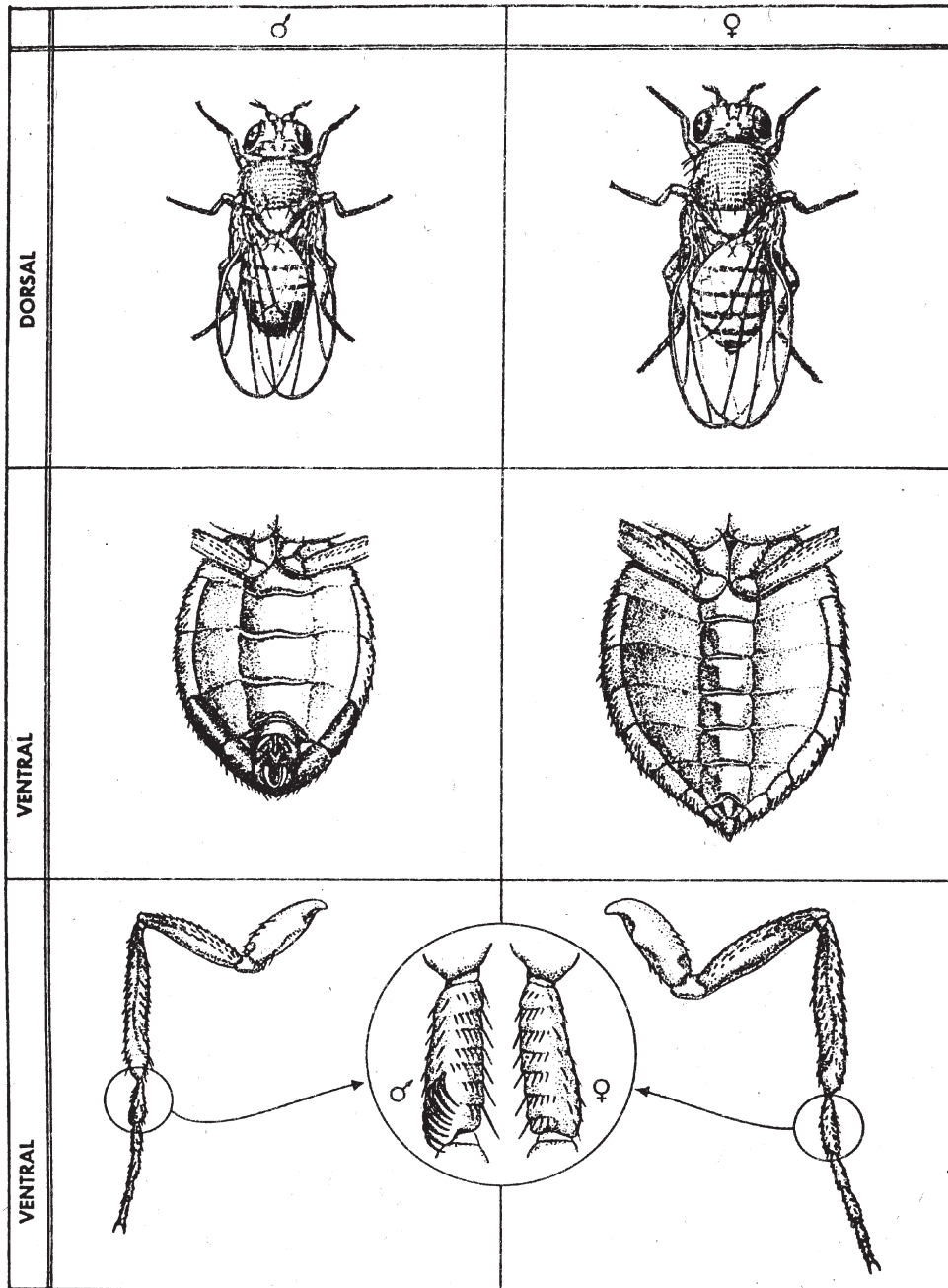
Studi ini bertujuan untuk meneliti pengaruh suhu lingkungan tropis pada penentuan jenis kelamin *Drosophila*. Yang dimaksud dengan **suhu lingkungan** adalah suhu lingkungan tropis, subtropis, dan kutub. Dalam hal ini, Indonesia adalah salah satu zone geografis yang memiliki suhu lingkungan tropis.

BAHAN DAN CARA KERJA

Data yang dikumpulkan untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah jumlah dan perimbangan antara jantan dan betina pada lalat buah (*Drosophila*) hasil tangkapan di alam bebas. Identifikasi jantan dan betina *Drosophila* menggunakan Gambar 1 sebagai pedoman.

Penangkapan diadakan tiga periode, yaitu April 2001, April 2002, dan April 2004. Penangkapan dilakukan oleh mahasiswa 81 dalam rangka perkuliahan Genetika. Mahasiswa dilibatkan sebagai peneliti lapangan, khususnya penangkapan dan identifikasi jantan dan betina pada *Drosophila*. Penangkapan *Drosophila* dilakukan secara

IDENTIFIKASI JANTAN DAN BETINA PADA DROSOPHILA



Gambar 1. Perbandingan antara jantan dan betina pada *Drosophila* (Sumber: BSCS, 1963)

individual di tempat domisili mahasiswa masing-masing. Umpan yang digunakan untuk menangkap *Drosophila* adalah buah-buahan segar misalnya pisang, mangga, anggur, sirsak, tomat, semangka, belimbing, pepaya, melon, dan salak. Buah-buahan, atau irisannya ditaruh dalam gelas minum; 2–3 hari. Tiap mahasiswa diwajibkan menangkap paling sedikit 10 ekor *Drosophila*. Umpan ditaruh di halaman, atau di luar rumah yang udaranya segar, jauh dan asap dan bau-bauan seperti parfum, obat, dan bahan kimia. Umpan tidak boleh digunakan untuk lebih lama dari tiga hari sebab kebanyakan buah-buahan berair dan/atau berjamur setelah tiga hari.

Drosophila hasil tangkapan dibawa ke laboratorium Jurusan Biologi, FMIPA-Unesa untuk dibius dengan eter, atau dibunuh dengan kloroform. Kemudian diidentifikasi jantan dan betinanya. Identifikasi ini dikontrol oleh Tim Dosen Genetika.

Hasil identifikasi dilaporkan kepada Tim Dosen Genetika dalam bentuk laporan tugas. Laporan tugas ini mencakup jumlah tangkapan, perimbangan jantan dan betina, beberapa kendala yang dihadapi, dan cara mengatasi kendala. Nilai laporan tugas dimasukkan ke dalam nilai partisipasi (P). Nilai semester terdiri dari nilai partisipasi (P), nilai ujian tengah semester (UTS), nilai tugas laporan (T), dan nilai ujian akhir semester (UAS).

Sebelum mahasiswa ditugasi sebagai pengumpul data lapangan, mereka diuji keterampilannya mengidentifikasi jantan dan betina dari *Drosophila* mati (awetan). Mahasiswa yang ditugasi ini adalah mahasiswa semester 5 dari tahun akademik 2001, 2002, dan 2004.

Data yang berupa rasio jantan dan betina ini, bila perlu, dianalisis secara statistik. Rasio jantan dan betina yang dianalisis ini ada dua jenis, yaitu pertama apakah rasio jantan dan betina ini secara signifikan dapat dianggap 1: 1 atau tidak? Kedua, apakah rasio-rasio jantan dan betina pada tiga kali tangkapan di alam bebas secara konsisten dianggap sama atau dianggap berbeda secara signifikan?

Bila rasio jantan dan betina berbeda secara mencolok, misalnya 1: 2, atau 1: 3 analisis statistik tidak diperlukan lagi. Artinya, sudah dapat ditarik kesimpulan bahwa rasio jantan dan betina tidak 1: 1. Atau, jumlah *Drosophila* betina dalam lingkungan tropis lebih banyak daripada jumlah yang jantan. Sebaliknya, bila rasio jantan dan betina secara visual masih diragukan apakah rasionya dapat dianggap 1: 1 atau tidak, analisis statistik, khususnya analisis chi-kwadrat (χ^2) digunakan. Misalnya, rasio jantan dan betina 97: 103 masih diragukan apakah dapat dianggap 1: 1.

Rasio-rasio jantan dan betina langsung dianalisis secara statistik agar dapat ditarik kesimpulan apakah rasio jantan dan betina pada tiga kali tangkapan dapat dianggap konsisten

(sama) atau berbeda secara signifikan. Analisis statistik yang digunakan adalah uji beberapa perbandingan (tests concerning *k* proportions). Asumsi dasar yang melandasi uji statistik ini adalah bahwa rasio jantan dan betina pada *Drosophila* secara konsisten dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan juga ikut dipengaruhi oleh beberapa faktor kebetulan, yang tidak bisa diantisipasi.

HASIL

Hasil tangkapan dan identifikasi jantan-betina dikelompokkan ke dalam kelompok A, B, dan C. Kelompok A, April 2001 jumlah tangkapannya 2100, 651 jantan dan 1449 betina. Kelompok B, April 2002, jumlah tangkapan 597, 268 jantan dan 329 betina. Kelompok C, April 2004, jumlah tangkapan 2001, 610 jantan dan 1391 betina.

Masalahnya, apakah perimbangan jantan dan betina di Kelompok A, B, dan C dapat dianggap 1: 1 atau tidak. Atau, apakah $651: 1449 = 268: 329 = 610: 1391$? Yang jelas, jumlah *Drosophila* betina selalu jauh lebih banyak dibanding jumlah yang jantan pada setiap kali tangkapan di alam bebas.

Apakah perimbangan antara jantan dan betina di Kelompok AjjBJC dapat dianggap sama atau berbeda secara signifikan perlu diuji dengan tes κ perbandingan (Tests concerning κ Proportions).

Tabel 1. Perbandingan *Drosophila* jantan dan betina pada tiga sampel tangkapan

Jenis Kelamin	Kelompok			Total
	A	B	C	
Jantan	651 (693)	268 (197)	610 (660)	1529
Betina	1449 (1407)	329 (400)	1391 (1341)	3169
Total	2100	597	2001	4698

Catatan:

1. A = April 2001
B = April 2002
C = April 2004
2. Bilangan dalam kotak adalah frekuensi jantan atau betina basil tangkapan.
Bilangan dalam kurung adalah frekuensi harapan

Hasilnya adalah sebagai berikut: (1) Jumlah *Drosophila* betina di alam bebas di lingkungan tropis lebih banyak daripada jantan. Perimbangan jantan: betina = 1: 2. (2) Perimbangan jantan: betina, yaitu antara 651: 1449 berbeda secara signifikan dengan 268: 329 dan juga berbeda secara signifikan dengan 610: 1391 pada $p \geq 0,05$.

PEMBAHASAN

Secara normal perimbangan antara jantan dan betina pada *Drosophila* adalah 1: 1 sebab *Drosophila* jantan menghasilkan dua jenis gamet yaitu spermatozoid x dan y.

Sedang *Drosophila* betina hanya menghasilkan satu jenis gamet yaitu sel telur x. Tetapi dalam kenyataannya perimbangan jantan: betina tidak selalu 1: 1. Banyak faktor yang dapat mengubah perimbangan 1:1 ini (Curtsinger and Feldman, 1980; McClung, 1902; Strickberger, 1990).

Pada gagal pisah (*nondisjunction*), misalnya, *Drosophila* jantan (xy) menghasilkan spermatozoid x dan y sedang yang betina (xx) menghasilkan sel telur xx dan O (*nullo x*). Bila kedua jenis gamet ini melakukan fertilisasi, hasilnya adalah individu *meta-female* (xxx), jantan normal yang steril (xo), dan betina (xxy). Individu yo mati sebelum lahir (menetas). Berarti, pada peristiwa gagal pisah, perimbangan antara jantan: betina = 1: 2. Peristiwa gagal pisah jarang terjadi, karena gagal pisah adalah peristiwa kebetulan (BSCS, 1985). Perubahan perimbangan 1:1 juga dipengaruhi oleh mutasi gen yang mengatur penentuan jenis kelamin *Drosophila* (Taylor, 1994). Penelitian Sanchez (1994) menemukan apakah embrio akan tumbuh menjadi betina atau jantan dipengaruhi oleh fungsi gen *sex-lethal* khususnya terhadap garis perkembangan menuju betina, tetapi tidak terhadap garis perkembangan ke jantan.

Teori Bridges (1919) mengatakan bahwa jenis kelamin *Drosophila* dipengaruhi oleh rasio atau perimbangan antara jumlah kromosom x dan ploidi dari autosom (x/A). Berdasarkan teori Bridges, jenis kelamin *Drosophila* dibedakan menjadi betina super ($3 \times / 2A$), betina triploid ($3 \times / 3A$), jantan super ($\times / 3A$), betina normal ($2 \times / 2A$), jantan normal ($\times / 2A$) dan *intersex* (banci) ($2 \times / 3A$). Teori penentuan jenis kelamin dari Bridges mengatakan faktor yang mendorong embrio tumbuh menjadi betina terletak pada kromosom x. Berarti, kromosom x adalah penentu betina (*female determine?*). Penentu jantan (*male determine?*) adalah autosom. Autosom yang triploid adalah hasil dari gagal *Drosophila* juga dipengaruhi oleh induksi saraf autonom, khususnya pada kromosom xx. Induksi saraf autonom memacu xx melakukan oogenesis, tetapi tidak pada xy. Ini mengakibatkan rasio x/A berubah (Steinmann, 1994).

Suhu lingkungan mempengaruhi apakah *Drosophila* yang *intersex* akan berubah menjadi jantan atau betina. Pada suhu lingkungan yang tinggi, *intersex* akan berkembang ke arah betina, sedang pada suhu lingkungan rendah (dingin) *intersex* berkembang ke arah jantan (Sinnott, Dunn, and Dotehansky, 1958).

Penentuan jenis kelamin pada *Drosophila melanogaster* dipengaruhi oleh adanya gen *transformer fira* yang terletak pada autosom. Alele *tra* itu sifatnya resesif. Pada kondisi homozigot (*tra/tra*), individu yang semestinya betina (xx) secara total ditransformasi menjadi fenotipik jantan tetapi steril (Sturtevant, 1945; Strickberger, 1991).

Gen translokasi (*tl*) yang juga terletak dalam autosom memiliki pengaruh sebaliknya. Gen homozigot *tl/tl* pada autosom mentransformasi individu xy menjadi betina steril (Strickberger, 1990).

Gen yang memiliki pengaruh sebaliknya juga sedang dipelajari. Manusia xy yang semestinya laki-laki berubah menjadi fenotipik perempuan. Perubahan jenis kelamin ini adalah pengaruh dari gen *testicular feminization* (*Tfmr*) yang terletak pada kromosom x. Individu xy yang memiliki gen *Tfmr* pada kromosom x menunjukkan fenotip perempuan karena memiliki vagina tetapi dalam abdomennya ditemukan adanya testes yang steril (*Science* 211, 1981; Lyonfol, 1981).

Penentuan jenis kelamin *Hymenoptera* dipengaruhi oleh sistem alele misalnya Xa, Xb, Xd, Xg, embrio akan berkembang menjadi betina. Sebaliknya bila pasangan homozigot, misalnya Xa Xa, xa xa, embrio akan berkembang menjadi jantan (Whiting, 1939; Strickberger, 1990; Crow, 1994).

Pengaruh lingkungan terhadap penentuan jenis kelamin *Drosophila* dinyatakan dalam dua penampilan, yaitu penetrasi (*penetrance*) dan ekspresivitas (*expressivity*). Penetrasi menyatakan berapa persen (%) genotip yang menunjukkan fenotip yang diharapkan. Misalnya, akibat pengaruh lingkungan, berapa persen *Drosophila* xx menjadi betina. Atau, berapa persen *Drosophila* xy menjadi jantan dan berapa persen menjadi betina. Transformasi *Drosophila* xx menjadi jantan dan *Drosophila* xy menjadi betina adalah akibat dari pengaruh lingkungan, misalnya suhu dan radiasi, pada periode kritis dalam perkembangannya (Strickberger, 1990; Suzuki *et al.*, 1989; dan Johnson, 1987).

Penampilan kedua yang mengubah rasio jantan dan betina *Drosophila* adalah ekspresivitas. Juga akibat pengaruh lingkungan pada periode kritis, *Drosophila* xx ditransformasi menjadi jantan, betina, dan *intersex* (Strickberger, 1990; Suzuki *et al.*, 1989; dan Johnson, 1987).

Richard Goldschmidt menemukan gejala fenokopi pada *Drosophila*. Fenokopi adalah munculnya fenotip abnormal yang menyerupai fenotip hasil dari mutasi genetik, pada hal ia adalah akibat dari pengaruh lingkungan. Fenokopi ini dapat berupa berbagai jenis fenotip, termasuk jenis kelamin. Goldschmidt mengatakan gejala fenokopi dapat muncul bila lingkungan (suhu dan zat kimiawi) mengenai *Drosophila* pada periode kritis, yang disebut periode fenokritis (Suzuki *et al.*, 1989) pada umumnya berkembang ke arah betina, terutama bagi individu *intersex*. Teori ini didukung oleh data, yaitu jumlah *Drosophila* betina secara konsisten dalam waktu empat tahun berturut-turut jumlah jauh lebih banyak dibanding dengan yang jantan. Kesimpulan kedua, rasio

jantan: betina tidak konsisten sebab rasio ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang tidak bisa diantisipasi, misalnya gagal pisah, mutasi, adanya gen *tra*, *Tfm*, dan sistem alele berganda pada kromosom x.

Keterbatasan

Teori pengaruh suhu lingkungan tropis terhadap penentuan jenis kelamin *Drosophila* ini masih memiliki kelemahan mendasar, yaitu tidak adanya kelompok pembanding. Studi ini perlu divalidasi dengan studi tentang rasio jenis kelamin *Drosophila* yang hidup di lingkungan subtropis, misalnya Amerika Serikat, Inggris, dan Australia.

KEPUSTAKAAN

- BSCS, 1963. *High School Biology*. Houghton Mifflin, Boston, 93.
- BSCS, 1985. *Biological Sciences: A Molecular Approach*, Heath, Lexington, 300–302
- Byers, RE, et al., 1972. Ethylene, a natural regulator of sex expression of Cucumis melo. *Proc. Nat. Acad. Sci* 69:717–720
- Crowy JF, 1994. Advantages of sexual reproduction. *Developmental Genetics* 15(3):205–213.
- Curtsinger JW and Feldman MW, 1980. Experimental and theoretical analysis of the sex-ratio polymorphism in *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 94: 445–466.
- Dobzhansky, 1955. *Evolution, Genetics, and Man*, Wiley, New York, 69–90.
- Gardner EJ, Simmons MJ and Snustad DP, 1991. *Principles of Genetics*, John Wiley, New York, 573–575, 77–78.
- Johnson LG, 1987. *Biology*. Wm. C. Brown, Dubuque, 524.
- Lyon MP, et al., 1981. Genes affecting sex differentiation in mammals in Austin CR, and Edwards RG (eds.). *Mechanism of Sex Differentiation in Animals and Man*, Academic Press, London, 329–381.
- Mange MP and Mangey EJ, 1990. *Genetics: Human Approach*. Sinauer, Sunderland: 18, 90–91.
- McClung CE, 1902. The accessory chromosome: sex determinant *Biological Bulletin*, 3:43–84.
- Ross RM, et al., 1983. Sex change in a coral reef fish: dependence of stimulation and inhibition on relative size. *Science* 221: 574–575.
- Sanchez L, Grenadino B and Torres ML, 1994. Sex-determination in *Drosophila melanogaster*. *Developmental Genetics* 15(3):251–264.
- Science 211, March 1981.
- Sinnot EW, Dunn LC, dan Dobzhansky, 1958. *Principles of Genetics*, McGraw-Hill, New York, 303–314.
- Spotila LD, 1994. Sequence analysis of the ZFL and sox genes in turtle, *Chelonia serpentina*. *Molecular Genetics and Evolution* 3(1):1–9.
- Steinmanm ZM, 1994. Sexuality in the germline of *Drosophila*. *Developmental Genetics* 15(3):265–274.
- Stickberger MW, 1990. *Genetics*, Macmillan, New York, 19:222, 164–165.
- Sturtevant AH, 1945. A gene in *Drosophila melanogaster* that transforms females into males. *Genetics* 30:297–299.
- Suzuki DT, et al., 1989. *An Introduction to Genetic Analysis*, Freeman, New York, 573–575.
- Taylor, BJ, Vilella A, Reynen LC, Baker BS, and Hall JC, 1994. Behavioral and neurobiological implication of sex-determination factors in *Drosophila*. *Developmental Genetics* 15(3):275–296.
- Whiting PW, 1939. Multiple alleles in sex-determination of *Habrobracon*. *Journal of Morphology*. 66:323–355.
- Wilson E/Bj 1905. Studies on chromosomes. *Journal of Experimental Zoology*. 2:507–545.

