



# SEX DETERMINATION

Presentation by

**Dr. Girima Nagda**

(Assistant Professor)

**Department of Zoology, University College of Science,  
Mohanlal Sukhadia University, Udaipur (Raj.)**

- ❖ Sex determination is the process of sex differentiation by which whether a particular individual will develop into male or female sex.
- ❖ Sex expression is governed by chromosomes and genes. In unisexual animals, chromosomes are of two types, viz., autosomes and allosomes.
- ❖ Autosomes - Chromosomes which do not differ in morphology and number in male and female.
- ❖ Unisexual diploid individuals have two sex chromosomes and rest are autosomes.
- ❖ Allosomes or sex chromosomes - Chromosomes which differ in morphology and number in male and female and contain genes that determine sex. XX FEMALE; XY MALE

- ❖ लिंग निर्धारण लिंग विभेदन की प्रक्रिया है जिसके द्वारा किसी विशेष व्यक्ति का पुरुष या महिला के लिंग में विकास होगा।
- ❖ लिंग अभिव्यक्ति गुणसूत्रों और जीनों द्वारा नियंत्रित होती है। एकलिंगी **जीवों**- गुणसूत्र दो प्रकार के होते हैं, जैसे, ऑटोसोम और एलोसोम।
- ❖ ऑटोसोम - गुणसूत्र जो पुरुष और महिला में आकृति विज्ञान और संख्या में भिन्न नहीं होते हैं।
- ❖ उभयलिंगी द्विगुणित व्यक्तियों में दो लिंग गुणसूत्र होते हैं और बाकी ऑटोसोम होते हैं।
- ❖ एलोसोमस या लिंग गुणसूत्र - गुणसूत्र जो आकृति विज्ञान और पुरुष और महिला में संख्या में भिन्न होते हैं और ऐसे जीन होते हैं जो लिंग का निर्धारण करते हैं।

- ❖ In most plants, male and female reproductive organs are found in the same flower is called as Bisexual or Hermaphrodite.
  - ❖ Male and female reproductive organs are found in the different flower of same plant is called as monoecious e.g maize, castor, coconut)
  - ❖ In nematodes, earthworm both male and female reproductive organs are found in same individual
  - ❖ In some plant male and female flowers are produced on different plants is called as Dioecious: papaya
- ❖ ज्यादातर पौधों में, नर और मादा प्रजनन अंग एक ही फूल में पाए जाते हैं जिन्हें उभयलिंगी या हर्मेप्रोडाइट कहा जाता है।
  - ❖ नर और मादा प्रजनन अंग एक ही पौधे के अलग-अलग फूलों में पाए जाते हैं, इसे अखंड ई। मक्का, अरंडी, नारियल) कहा जाता है।
  - ❖ नेमाटोड में, केंचुए नर और मादा दोनों प्रजनन अंग एक ही व्यक्ति में पाए जाते हैं
  - ❖ कुछ पौधों में नर और मादा फूलों को अलग-अलग पौधों पर उत्पादित किया जाता है, जिन्हें डायोसियस कहा जाता है - पपीता

## Differences between Autosomes and Allosomes

Autosomes	Allosomes or Sex chromosomes
Refer to other than sex chromosomes./ Chromosomes that do not determine the sex of individuals	These are sex chromosomes. / Chromosomes that determine the sex of individuals
Chromosome no. = $2n-1$	Chromosome no. = 2
Morphology is similar in male and female.	Morphology is different in male and female.
Number differs from species to species.	Each diploid organism usually has two allosomes.
Do not exhibit sex linkage.	Exhibit sex linkage.

## **Mechanism of Sex determination**

Three important mechanisms:

- 1) Sex character
- 2) Chromosomal sex determination
- 3) Monogenic sex determination, and
- 4) Environmental sex determination

## **लिंग निर्धारण का तंत्र**

तीन महत्वपूर्ण तंत्र:

- 1) लिंग चरित्र
- 2) गुणसूत्र लिंग निर्धारण
- 3) एकोद् भवी लिंग निर्धारण, और
- 4) पर्यावरणीय लिंग निर्धारण

**(1) Sex characters:**

Primary: gametes

Secondary: all genitalia

**(1) Chromosomal sex determination**

In a diploid individual, there are  $2n - 2$  autosomes and two sex-chromosomes.

Three types of chromosomal sex determination:

- (a) Sex determination by allosomes
- (b) Diploid-haploid system of sex determination
- (c) Genic balance system.

## 1. लिंग पात्रों:

प्राथमिक: युग्मक

द्वितीयक: सभी जननांग

## 1. गुणसूत्र लिंग निर्धारण

एक द्विगुणित व्यक्ति में,  $2n - 2$  ऑटोसोम और दो लिंग - गुणसूत्र होते हैं।

तीन प्रकार के गुणसूत्र लिंग निर्धारण:

- I. एलोसोम द्वारा लिंग निर्धारण
- II. लिंग निर्धारण का द्विगुणित-अगुणित तंत्र
- III. सामान्य संतुलन प्रणाली।

### (a) Allosomal Sex Determination

Allosomes or sex chromosomes are generally of X and Y types, but in some birds they are of Z and W types.

Sex with similar type of sex chromosomes (XX) is known as homogametic sex and with dissimilar type of sex chromosomes (XY) as heterogametic sex.

There are four different of allosomal sex systems determination:

1. XX-XY female-male system
2. XX-XO female-male system
3. XO-XX female-male system, and
4. ZW-ZZ female-male system

### (ए) एलोसोमल लिंग निर्धारण

एलोसोम या लिंग गुणसूत्र आमतौर पर एक्स और वाई प्रकार के होते हैं, लेकिन कुछ पक्षियों में वे जेड और डब्ल्यू प्रकार के होते हैं।

समान प्रकार के लिंग गुणसूत्र (XX) के साथ लिंग को समरूप लिंग के रूप में जाना जाता है और विषम प्रकार के लिंग गुणसूत्रों (XY) को विषम लिंग के रूप में जाना जाता है।

एलोसोमल लिंग प्रणाली के चार अलग-अलग निर्धारण हैं:

1. XX-XY महिला-पुरुष प्रणाली
2. XX-XO महिला-पुरुष प्रणाली
3. XO-XX महिला-पुरुष प्रणाली, और
4. ZW-ZZ महिला-पुरुष प्रणाली



## 1. XX-XY [Female-Male] System

(Drosophila, man and some other mammals)

- ❖ In this system female has two X chromosomes, is homogametic and produces only one type of gamete, i.e., X.
- ❖ The male has one X and one Y chromosome, is heterogametic and produces two types of gametes, viz., X and Y.
- ❖ Union of X ovum with X sperm leads to development of female (XX) sex. If X ovum unites with Y sperm, it produces male (XY) sex.

## 1. XX-XY [स्त्री-पुरुष] प्रणाली

(ड्रोसोफिला, आदमी और कुछ अन्य स्तनधारी)

इस प्रणाली में मादा के दो X गुणसूत्र होते हैं, समरूप होते हैं और केवल एक प्रकार के युग्मक का निर्माण करते हैं, अर्थात्, X ।

नर में एक X और एक Y गुणसूत्र होता है, विषमलैंगिक होता है और दो प्रकार के युग्मक बनाता है, अर्थात्, X और Y।

एक्स शुक्राणु के साथ एक्स डिंब का संघ महिला (XX) लिंग के विकास की ओर जाता है। यदि X डिंब, Y शुक्राणु के साथ होता है, तो यह पुरुष (XY) लिंग का उत्पादन करता है।

## 2. XX-XO [Female-Male] System (Grasshoppers and many orthoptera insects) and hemiptera

- ❖ In this system, female has double X chromosomes (XX) and male has single X chromosome (XO).
- ❖ Female is homogametic and produces all the eggs with X chromosome.
- ❖ The male is heterogametic, which produces sperms half of which have X chromosome and other half have none.
- ❖ Union of egg with sperm having X chromosome will give rise to female sex and with sperm having none results in development of male sex.

## 2. XX-XO [महिला-पुरुष] प्रणाली

(ग्राशपॉपर और कई ऑर्थोप्टेरा कीट) और हेमीपेटेरा

- ❖ इस प्रणाली में, महिला में डबल X गुणसूत्र (XX) और पुरुष में एकल X गुणसूत्र (XO) होता है।
- ❖ मादा समरूप है और X गुणसूत्र के साथ सभी अंडे पैदा करती है।
- ❖ नर विषमलैंगिक है, जो आधे शुक्राणु पैदा करता है
- ❖ जिसके पास X गुणसूत्र है और अन्य आधे के पास कोई नहीं है।
- ❖ शुक्राणु के साथ X गुणसूत्र वाले अंडे महिला के लिंग को जन्म देंगे और शुक्राणु के साथ पुरुष लिंग के विकास में कोई परिणाम नहीं होगा।

### 3. XO-XX [Female-Male] System

(Very few species of insects like Fumea)

- ❖ In this system, female has only one X chromosome and hence is heterogametic.
- ❖ As a result of meiosis, 50% eggs of such female carry an X chromosome and remaining 50% have none.
- ❖ On the other hand, male has two X chromosomes and produces all the sperms with one X chromosome. Thus, male sex is homogametic.
- ❖ Union of X sperm with ovum having X chromosome gives rise to male sex and union of X sperm with ovum having none leads to development of female.

### 3. XO-XX [स्त्री-पुरुष] प्रणाली

(फ्यूमिया जैसे कीटों की बहुत कम प्रजातियाँ)

- ❖ इस प्रणाली में, महिला के पास केवल एक X गुणसूत्र होता है और इसलिए वह विषमलैंगिक होता है।
- ❖ अर्धसूत्रीविभाजन के परिणामस्वरूप, ऐसी महिला के 50% अंडे एक X गुणसूत्र ले जाते हैं और शेष 50% में कोई नहीं होता है।
- ❖ दूसरी ओर, पुरुष में दो X गुणसूत्र होते हैं और एक X गुणसूत्र के साथ सभी शुक्राणु पैदा करते हैं। इस प्रकार, पुरुष लिंग समरूप है।
- ❖ डिंब के साथ X शुक्राणु के संघ में X गुणसूत्र पुरुष लिंग को जन्म देता है और डिंब के साथ X शुक्राणु के मिलन से महिला का विकास नहीं होता है।

#### 4. ZW ZZ [Female-Male] System

(Birds, butterflies and moths)

- ❖ Female is heterogametic and produces two types of gametes - Z and W types.
- ❖ Male is homogametic and produces all the sperms of same type carrying one Z chromosome.
- ❖ Union of Z sperm with ovum having Z chromosome gives rise to male and union of Z sperm with ovum carrying W chromosome leads to the development of female sex

#### 4. ZW-ZZ [महिला-पुरुष] प्रणाली (पक्षी, तितलियाँ और पतंगे)

- ❖ महिला विषमलैंगिक है और दो प्रकार के युग्मक पैदा करती है - Z और W प्रकार।
- ❖ नर सजातीय है और एक ही गुणसूत्र को ले जाने वाले एक ही प्रकार के सभी शुक्राणुओं का उत्पादन करता है।
- ❖ डिंब के साथ Z शुक्राणु का संघ Z गुणसूत्र होता है जो पुरुष को जन्म देता है और Z शुक्राणु के मिलन से डिंब को W गुणसूत्र ले जाता है जिससे महिला लिंग का विकास होता है

## (b) Diploid-Haploid (Female-Male) System

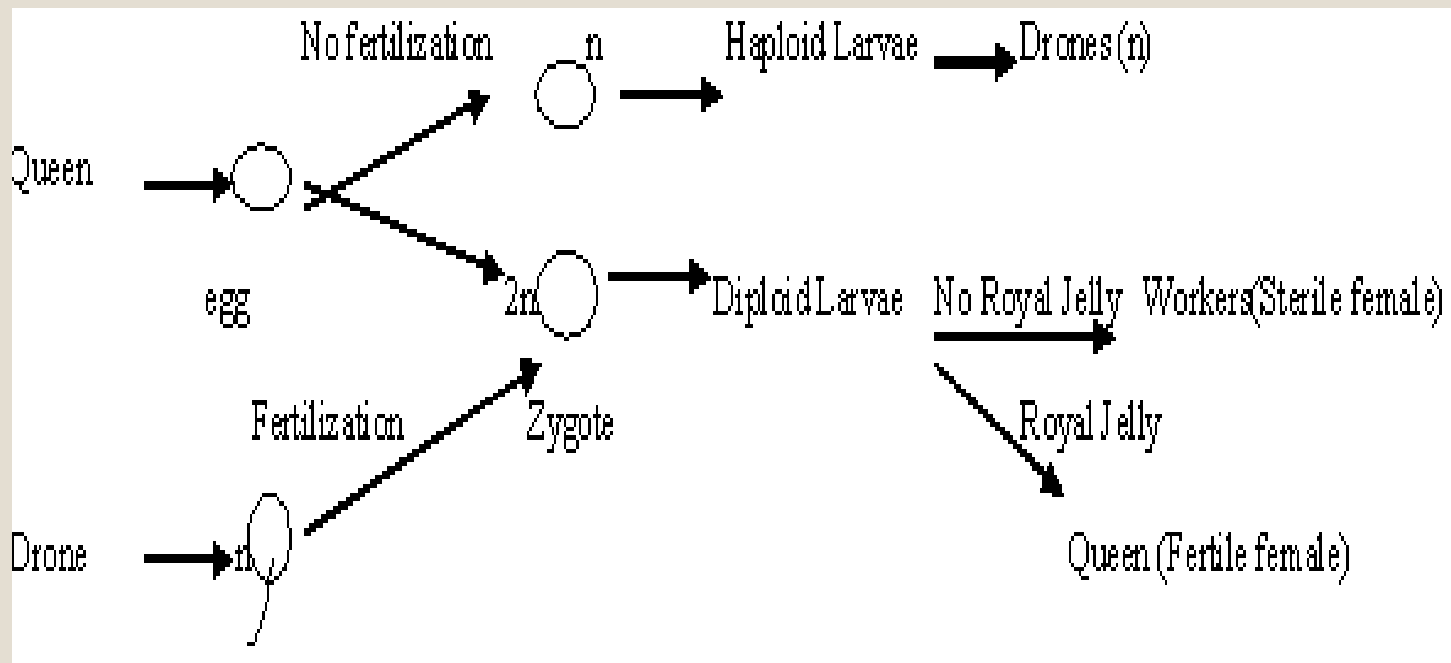
(Honey bees, ants and termites)

- ❑ In honey bees, the females have diploid ( $2n = 32$ ) chromosomes and drones or males have haploid ( $n = 16$ ) chromosomes.
- ❑ Females are - queen and workers.
- ❑ The females which feed on royal jelly develop into queen. The queen is fertile and workers are sterile females.
- ❑ The queen produces haploid eggs. However, haploid male bees produce haploid sperms by mitosis rather than by meiosis. Union of egg with sperm gives rise to diploid larvae which become female.

## (b) डिप्लोइड-हाप्लोइड (महिला-पुरुष) प्रणाली

(शहद मधुमक्खियों, चींटियों और दीमक)

- ❑ मधु मक्खियों में, मादाओं में द्विगुणित ( $2n = 32$ ) गुणसूत्र होते हैं और ड्रोन या नर में अगुणित ( $n = 16$ ) गुणसूत्र होते हैं।
- ❑ मादा हैं - रानी और श्रमिक।
- ❑ शाही जेली पर खिलाने वाली मादा रानी में विकसित होती है। रानी जननक्षम है और श्रमिक बाँझ मादा हैं।
- ❑ रानी अगुणित अंडे देती है। हालांकि, अगुणित नर मधुमक्खियां अर्धसूत्रीविभाजन के बजाय समसूत्रीविभाजन द्वारा अगुणित शुक्राणु पैदा करती हैं। शुक्राणु के साथ अंडे का संघ द्विगुणित लार्वा को जन्म देता है जो मादा बन जाते हैं।



# GENIC BALANCE THEORY

- C B BRIDGES
- RATIO: X chromosomes/ autosomes
- X/A
- 1= FEMALE  $AA+XX = 2X/2A = 1$
- 0.5= MALE  $AA + XY = 1 X/ 2A = \frac{1}{2} = 0.5$
- MORE THAN 1= SUPER FEMALE =  $AA+ XXX = 3/2 = 1.5$   $AA+XXY = 2X/2A = 1$
- BETWEEN 1 AND 0.5= INTERSEX  $AAA+ XXY = 2 X/3A = 0.66$
- LESS THAN 0.5= SUPER MALE  $AAA + XY = 1/3 = 0.33$

## Sex expression in *Drosophila* in relation to X/A ratio Sex Index

Ploidy	Number of X chromosomes (=X)	No. of Autosomal sets (=A)	Sex Index (X/A)	Expression of sex
2n	3	2	$3/2=1.5$	Super-female
3n	4	3	$4/3=1.33$	Super-female
4n	4	4	$4/4=1.0$	Female
3n	3	3	$3/3=1.0$	Female
2n	2	2	$2/2=1.0$	Female
4n	3	4	$3/4=0.75$	Intersex
3n	2	3	$2/3=0.67$	Intersex
2n	1	2	$1/2=0.5$	Male
4n	2	4	$2/4=0.5$	Male
3n	1	3	$1/3=0.33$	Super-male



## (2) Monogenic Sex Determination

Expression of sex is influenced by a single gene.

In *Drosophila*, a transformer gene (*tra*) which is present on autosomes plays an important role in sex expression.

Transformer gene is recessive and hence does not have any effect in heterozygous condition (*Tra/tra*) on either sex.

In homozygous condition (*tra/tra*), this gene transforms the normal diploid females into sterile males.

## (2) एकोद् भवी लिंग निर्धारण

लिंग की अभिव्यक्ति एकल जीन से प्रभावित होती है।

ड्रोसोफिला में, एक ट्रांसफॉर्मर जीन (*tra*) जो ऑटोसोम पर मौजूद होता है, लिंग अभिव्यक्ति में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

ट्रांसफॉर्मर जीन आवर्ती है और इसलिए या तो लिंग पर विषम स्थिति (*Tra / tra*) का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

समरूप स्थिति (*tra / tra*) में, यह जीन सामान्य द्विगुणित मादाओं को बाँझ पुरुषों में बदल देता है।

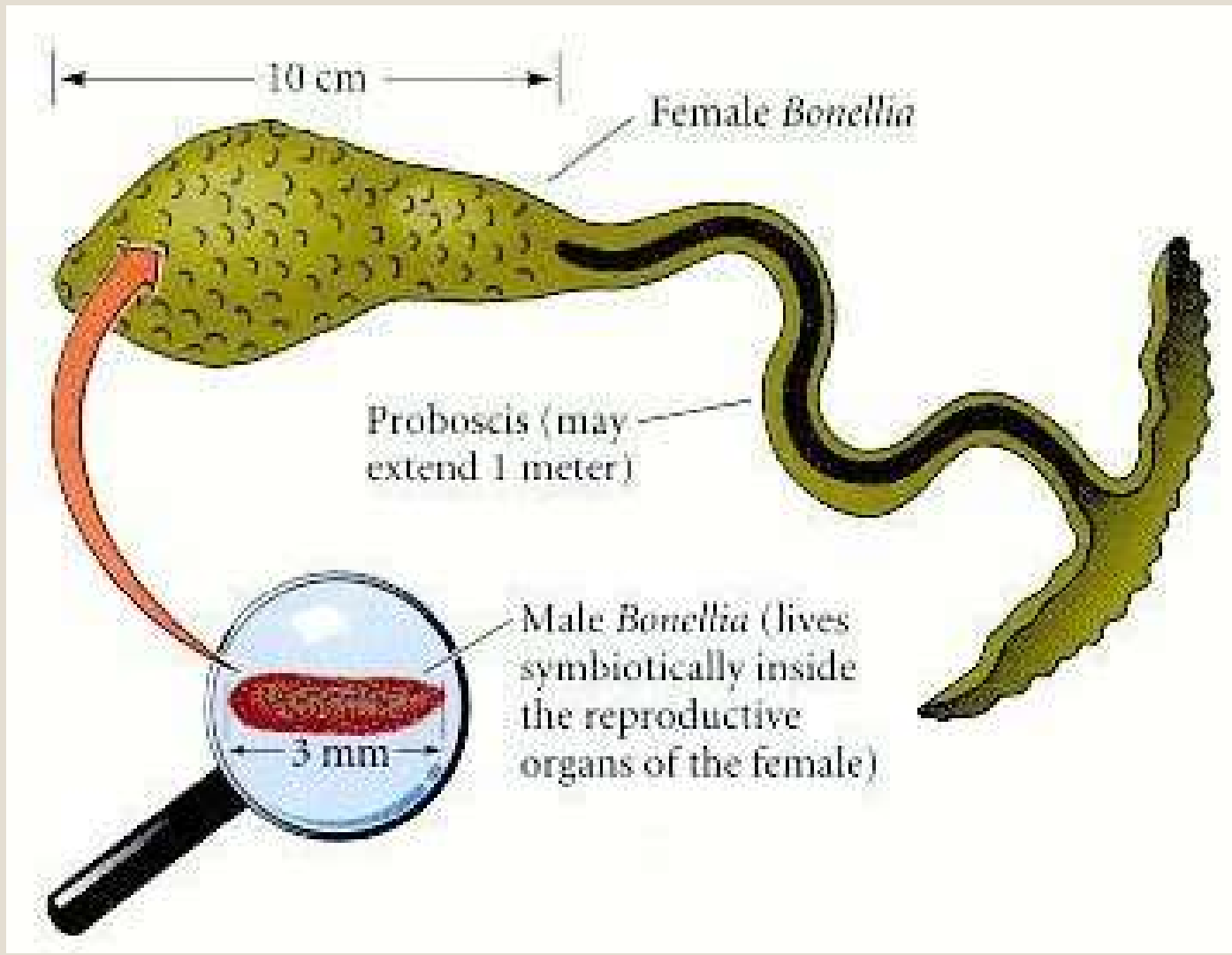
- ❖ A similar SRY gene is found in human. The gene is probably present on autosome and transforms the normal male (XY) into female.
- ❖ Such males have feminine (female) characters. They have internal degenerated testes and are sterile. This condition is known as testicular feminization.
- ❖ Similar effects of single recessive gene on expression of sex have been found in some other animals such as goats, pigs, dogs, etc.
- ❖ मानव में एक समान SRY जीन पाया जाता है। जीन शायद ऑटोसम पर मौजूद होता है और सामान्य पुरुष (XY) को महिला में बदल देता है।
- ❖ ऐसे पुरुषों में स्त्रीलिंग (स्त्री) वर्ण होते हैं। उनके पास आंतरिक पतले वृषण हैं और बाँझ हैं। इस स्थिति को वृषण स्त्रीलिंग के रूप में जाना जाता है।
- ❖ लिंग की अभिव्यक्ति पर एकल पुनरावर्ती जीन के समान प्रभाव कुछ अन्य जानवरों जैसे बकरियों, सूअरों, कुत्तों, आदि में पाए गए हैं।

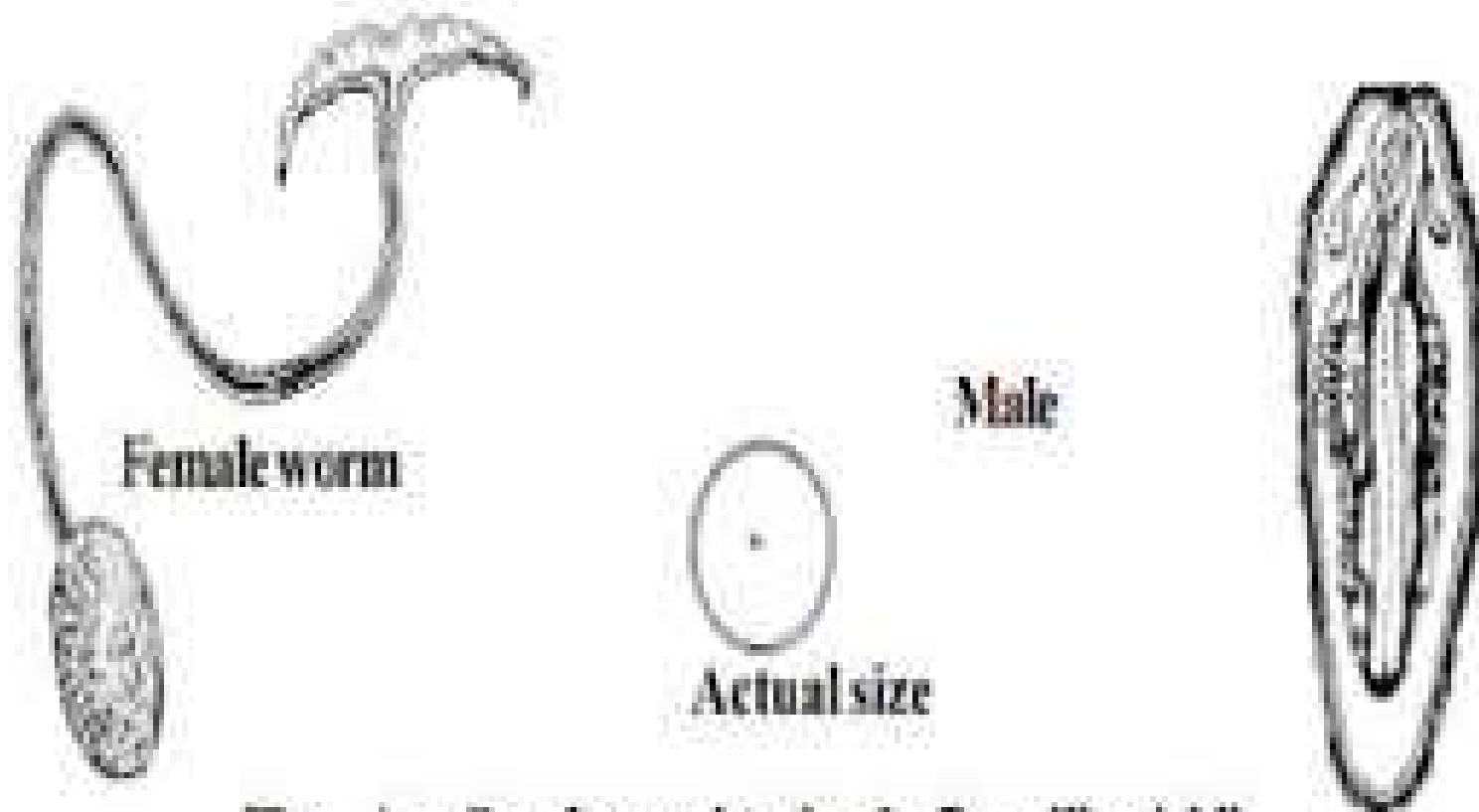
### **(3) Environmental Sex Determination**

- ❖ Sex determination in some organisms such as sea worm (Bonellia and Dinophilus) and horse tail plant is governed by environmental conditions and also includes some hormonal effects.
- ❖ In Bonellia, the larvae which remain free in the sea water and settle on the sea bottom are differentiated into females while those larvae which settle on the proboscis of female develop into tiny males.

### **(3) पर्यावरणीय लिंग निर्धारण**

- ❖ कुछ जीवों जैसे समुद्री कृमि (बोनेलिया और डाइनोफिलस) और घोड़े की पूंछ के पौधे में लिंग निर्धारण पर्यावरणीय परिस्थितियों से नियंत्रित होता है और इसमें कुछ हार्मोनल प्रभाव भी शामिल होते हैं।
- ❖ बोनेलिया में, लार्वा जो समुद्र के पानी में मुक्त रहते हैं और समुद्र तल पर बसते हैं, उन्हें मादा में विभेदित किया जाता है, जबकि उन लार्वा जो मादा के सूंड पर बसते हैं, छोटे नर में विकसित होते हैं।





**Fig.** Sex determination in *Bonellia viridis*



- **Sex in Bonellia. An excellent example of environmental determination of sexual** phenotype is afforded by *Bonellia viridis*, a marine echiuroid worm studied extensively by **F. Baltzer** (1935). The adult female is about an inch (2.53 cm) long and has fairly complex anatomical organization. Male is of the size of large Protozoa and has rudimentary organs. The males live as parasites in the uterus of the females. All larvae of *Bonellia* are *genetically and cytologically similar*.
- If a particular larva settles on the proboscis of an adult female, it becomes a male individual. On the other hand, if a larva develops in isolation (*i.e., in water*) it develops into a female. Further, if a incompletely developed male is detached from the proboscis of female, it becomes an intersex. Thus, it becomes evident that proboscis of adult female secretes some hormone-like substance which suppresses femaleness and initiating maleness in the larvae which are attached with it.

## **Incubation temperature -**

In turtle, Alligators and Crocodiles

Incubation temperature of egg: High (30-35°C): Female

Low (23-28°C): male

## **ऊष्मायन तापमान -**

कछुए में, मगरमच्छ और मगरमच्छ

अंडे का ऊष्मायन तापमान: उच्च (30-35°C): महिला

निम्न (23-28°C): पुरुष



# HORMONAL SEX DETERMINATION

- **Hormones and freemartin.** Another classical example of hormonal control of **sex** determination has been found in cattles. In cattle, when twin calves of different sexes occur, the female member is usually a sterile intersex called a **freemartin**. The **freemartin** has **external female genitalia** but internal sex organs are more or less like those of male. The male twin is usually normal.
- **F.R. Lillie** (1917) has suggested that the formation of a freemartin was due to a fusion of the foetal membranes of the twin calves, while they were in uterus of the mother. The fusion of the foetal membranes permitted the blood of each twin to circulate in the blood vessel of the other. The male hormones produced by the male twin are presumed to suppress the differentiation of the female internal sex organs of the cotwin.

# The Crew's hen.

- **The Crew's hen.** In birds only one gonad of a normal female develops into a functional ovary. The other gonad remains rudimentary. If the functional ovary of a hen is destroyed, the rudimentary gonad develops into a testis (**Crew, 1923**). Thus, the female sex is reversed into male sex due to the phenomenon called **sex reversal**.
- During embryonic development, the XY (ZW) genotype stimulates the pituitary gland to produce female hormones that cause the gonad of the hen to develop into an ovary.

After the development of ovary, the pituitary ceases to produce female hormones, due to inhibition of the pituitary by hormones produced by the ovary, thus, acting as developmental feed-back system.

The high level of female hormones secreted sequentially by the pituitary and the ovary is sufficient to suppress the action of male hormone producing cells of the body such as the steroid producing cells of the adrenal glands. When the ovary of a hen is removed, the steroid cells of adrenal become active and provoked the development of rudimentary gonad into testis which itself is an endocrine gland. Both

endocrine glands (e.g, adrenal and testis) produce large amount of male hormones which sufficiently suppress the action of the female hormone cells of pituitary. Such cases of sex reversals have also been observed in amphibians

## Sex Mosaic in Drosophila

Sex mosaic - Combination of male and female features in the body of an individual.

Drosophila flies (1 in 2000) have male tissues in one part of the body and female tissues in other.

Individuals with such sex mosaic are known as

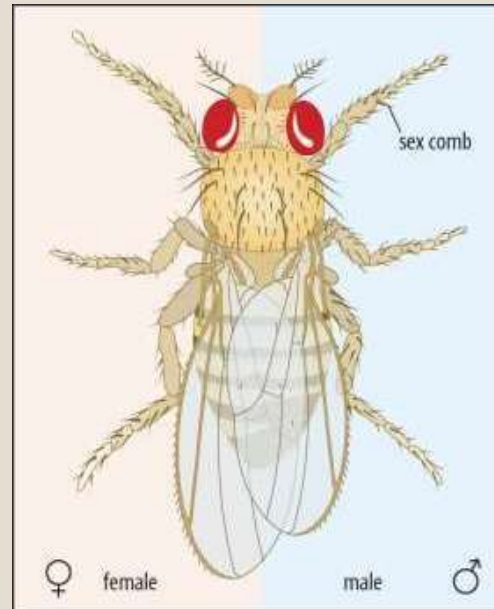
**gynandromorphs or gynanders.**

## ड्रोसोफिला में लिंग मोज़ेक

लिंग मोज़ेक - एक व्यक्ति के शरीर में पुरुष और महिला सुविधाओं का संयोजन।

ड्रोसोफिला मक्खियों (2000 में 1) के शरीर के एक हिस्से में नर ऊतक और दूसरे में मादा ऊतक होते हैं।

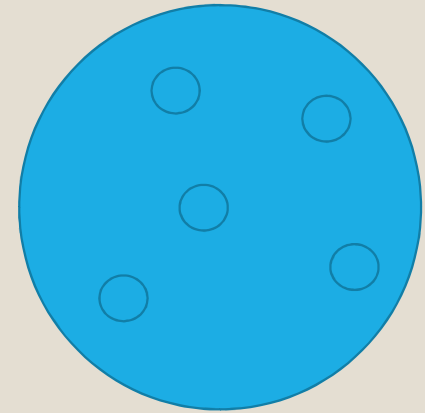
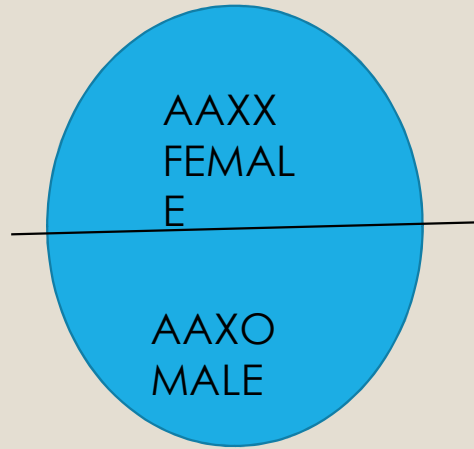
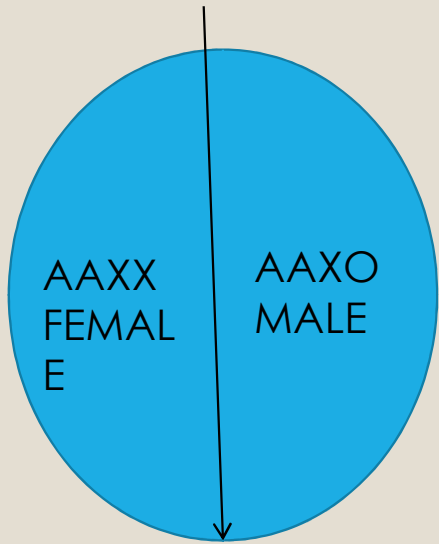
ऐसे लिंग मोज़ेक वाले व्यक्तियों को गाइनांड्रोमॉर्फ्स या गाइनेन्डर्स के रूप में जाना जाता है।



- It results due to the loss of an X-chromosome in a particular cell during development, *i.e.*, when the lagged X chromosome fails to be incorporated in a daughter nucleus and is lost forever .
- If this event happens during first cleavage (or mitotic division) of the zygote, then one of the two blastomeres will have AAXX chromosomal complement and the other will have AAXO. The portion of the body developing from AAXX blastomere will be normal female and the portion developing from the AAXO blastomere will be male. The cytological examination of gynandromorphs suggested that Y chromosome does not play any role in the determination of sex in *Drosophila*.

# XX: FEMALE; XY: MALE

- ZYGOTE: AAXX (FEMALE)
- CLEAVAGE
- AAXX = AAXX; AAXO
- 50 CELLS
- 25 CELLS AAXX = FEMALE PART
- 25 AAXO = MALE PART
- ADULT: GYNANDROMORPH/ SEX MOSAIC



Three patterns of sex mosaic may be found in *Drosophila*:

1. Bilateral sex mosaic - one side of the fly is male and the other side is female. This is the most common type of sex mosaic.

2. Antero-posterior sex mosaic - the front half of the fly is one sex and the rear half of the other sex.

3. Sex mosaic in Patches - Sometimes, only a quarter of the body is male, and rest is female or just a small patch of tissues may be male and rest of the body is female.

ड्रोसोफिला में लिंग मोज़ेक के तीन पैटर्न मिल सकते हैं:

1. द्विपक्षीय लिंग मोज़ेक - मक्खी का एक पक्ष नर है और दूसरी तरफ मादा है। यह सेक्स मोज़ेक का सबसे आम प्रकार है।
2. ऐंटेरो-पोस्टीरियर लिंग मोज़ेक - मक्खी के सामने का आधा हिस्सा एक लिंग और दूसरे लिंग का पिछला हिस्सा होता है।
3. पैच में लिंग मोज़ेक - कभी-कभी, शरीर का केवल एक चौथाई पुरुष होता है, और बाकी महिला है या ऊतकों का सिर्फ एक छोटा पैच पुरुष हो सकता है और बाकी शरीर महिला है।

Thank you