1. मॉड्यूल और इसकी संरचना

मॉड्यूल विस्तार	
विषय का नाम	जीव विज्ञान
पाठ्यक्रम का नाम	जीवविज्ञान 03 (कक्षा XII, छमाही-1)
मॉड्यूल का नाम / शीर्षक	वन्शागति तथा विविधता के सिद्धान्त- भाग 3
मॉड्यूल आईडी	lebo_10503
पूर्व-अपेक्षित	आनुवांशिकी में प्रयुक्त होने वाले शब्द तथा वंशानुक्रम के पहले और दूसरे सिद्धांतों के बारे में ज्ञान
उद्देश्य	इस पाठ के माध्यम से जाने के बाद, शिक्षार्थी निम्नलिखित को समझने में सक्षम होंगे: • डायहाइब्रिड क्रॉस। • मेंडल की विरासत का तीसरा नियम। • दो जीन वंशानुक्रम में टेस्ट क्रॉस। • प्लियोट्रॉपी और पॉलीजेनिक वंशानुक्रम • वंशानुक्रम का गुणसूत्र सिद्धांत। • लिंकेज और क्रॉसिंग ओवर।
मुख्य शब्द	प्लियोट्रॉपी, पॉलीजेनिक इनहेरिटेंस, लिंकेज, रिकॉम्बिनेशन, क्रॉसिंग ओवर, लिंग निर्धारण, डायहाइब्रिड क्रॉस, इंडिपेंडेंट असोर्टमेंट

2. विकास दल

भूमिका	नाम	सम्बद्धता
राष्ट्रीय MOOC समन्वयक (NMC)	प्रो. अमरेंद्र पी बेहरा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
कार्यक्रम के समन्वयक	डॉ. मो. ममूर अली	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम समन्वयक (सीसी) / पीआई	डॉ. चोंग वी शिमरे	डी.इ.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली
पाठ्यक्रम सह समन्वयक/ सह-पी.आई.	डॉ. यश पॉल शर्मा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
विषय वस्तु विशेषज्ञ	विक्रम सिंह मलिक	आर. पी. वी. वी. सिविल लाइन्स, दिल्ली
समीक्षा दल	डॉ. यश पॉल शर्मा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
अनुवादक	विक्रम सिंह मलिक	आर. पी. वी. वी. सिविल लाइन्स, दिल्ली

विषय - सूची :

1. प्रस्तावना

2. दो जीनों की वन्शागति

3. स्वतंत्र अप्व्यूहन का नियम

4. द्विसंकर टेस्ट क्रॉस

5. बहुप्रभाविता

6. बहुजीनी वंशानुगति

7. वन्शागति का गुणसूत्र सिद्धांत

8. आनुवंशिकी में मॉर्गन का योगदान

9. सहलग्नता और पुनर्योजन

10. सारांश

1. प्रस्तावना

अपने प्रयोगों के द्वारा, मेंडल ने मटर के पौधों में, लक्षणों के एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी तक संचारित होने के तरीके के बारे में तीन अवधारणाओं को बताया।

मेंडल का स्वतंत्र अप्व्यूहन का नियम इस तथ्य को संदर्भित करता है कि एक पौधे में कई अलग-अलग प्रकार के जीन होते हैं। जैसे मटर में एक जीन पुष्प का रंग निर्धारित करता है, दूसरा जीन तने की लंबाई निर्धारित करता है और इसी तरह तीसरा जीन मटर की फली का आकार निर्धारित करता है। मेंडल ने यह पता लगाया कि किस तरह से विभिन्न जीनों के एलील अलग हो जाते हैं और फिर पुनर्योजित होते हैं। जब एक जीन दो या अधिक असंबंधित फीनोटाइपिक लक्षणों को प्रभावित करता है तो इसे बहुप्रभाविता कहते है। परिणामस्वरूप, एक बहुजीनी जीन में उत्परिवर्तन एक साथ सभी लक्षणों पर प्रभाव डाल सकता है।

जब एक लक्षण दो या अधिक जीनों द्वारा नियंत्रित होता है तो इसे बहुजीनी वंशानुगति कहते है । जीन प्रायः बड़ी संख्या में होते हैं लेकिन इनके प्रभाव छोटे होते हैं। मानव में बहुजीनी वंशानुगति के उदाहरण- ऊंचाई, त्वचा का रंग, आंखों का रंग और भार इत्यादि हैं।

मॉर्गन के प्रायोगिक और सैद्धांतिक काम ने आनुवंशिकी में अनुसंधान का प्रारम्भ किया और जीव विज्ञान में एक क्रांति की शुरुआत की । उन्हें 1933 में फिजियोलॉजी या मेडिसिन में नोबेल पुरस्कार मिला। प्रायोगिक आनुवांशिकी के पिता, थॉमस हंट मॉर्गन ने फल- मक्खि (ड्रोसोफिला मेलानोगास्टर)(जिसे जेनेटिक्स का जैकपॉट भी कहा जाता है), को प्रायोगिक जीव के रूप में चुना। थॉमस हंट मॉर्गन और उनके सहकर्मियों ने बाद में मेंडेल के सैद्धांतिक मॉडल को **वंशागति** dk गुणसूत्र सिद्धांत के साथ एकीकृत किया, जिसमें कोशिकाओं के गुणसूत्रों को वास्तविक वंशानुगत सामग्री रखने के लिए सोचा गया था।

2. दो जीनों की वन्शागति

प्रयोगों की दूसरी श्रृंखला में मेंडल ने एक समय में दो लक्षणों की वन्शागति का अध्ययन किया। इसके लिए उन्होंने द्विसंकर क्रॉस का प्रदर्शन किया जिसमें उन्होंने दो लक्षणों में भिन्न मटर के पौधों के बीच क्रॉस कराया। एक मटर का पौधा जिसमें पीले रंग और गोल आकार के बीज होते हैं, उसका क्रॉस हरे रंग और झुर्रीदार आकार के बीज के साथ किया गया । अपने अवलोकन में मेंडल ने पाया कि माता-पिता के के बीच क्रॉस कराये जाने पर **F_1** पीढ़ी में सभी बीज पीले रंग के और गोल आकार के बीज होते थे। इसने संकेत दिया कि पीला रंग, हरे रंग पर पर प्रभावी था और और गोल आकार का बीज झुर्रियों वाले बीज पर प्रभावी था। ये परिणाम उन निष्कर्षो के समान थे जो उन्हें तब मिले जब उन्होंने पीले और हरे रंग के बीज वाले पौधों के बीच और गोल और झुर्रीदार बीज वाले पौधों के बीच अलग-अलग एक संकर क्रॉस किए थे।

आइए हम प्रभावी पीले रंग के बीज के लिए जीनोमिक प्रतीक **Y** और अप्रभावी हरे रंग के बीज के लिए **y**, गोल आकार के बीज के लिए **R** और झुर्रीदार बीज के आकार के लिए **r** का उपयोग करें ।

माता-पिता के जीनोटाइप को तब गोल और पीले बीजों के लिए **RRYY** के रूप में लिखा जा सकता है और झुर्रीदार और हरे रंग के बीजों के लिए **rryy**। इन पौधों द्वारा निर्मित युग्मक **RY** और **ry** प्रकार होंगे, जो कि **F_1** पीढ़ी में स्व: निषेचन पर एकत्र होकर, संकर **RrYy** का उत्पादन करते हैं। जब मेंडल ने **F_1** पीढ़ी में प्राप्त पौधों को स्व:संकरित किया तो उन्होंने पाया कि **F_2** पीढ़ी के पौधों में से 3/4 में पीले बीज थे और 1/4 में बीजो का रंग हरा था। इस प्रकार पीला और हरा रंग 3: 1 के अनुपात में अलग हो जाता है। इसी तरह गोल और झुर्रीदार बीज भी 3: 1 के अनुपात में एक संकर क्रॉस की तरह अलग हो जाते है।

3. स्वतंत्र अप्व्यूहन का नियम

F_2 पीढ़ी के पौधों में फीनोटाइप का 9: 3: 3: 1 अनुपात, गोल, पीला; झुर्रीदार, पीला; गोल, हरा और झुर्रीदार, हरा था। मेंडल के अध्ययन में इस तरह का अनुपात कई जोड़े लक्षणों के लिए देखा गया था। 9: 3: 3: 1 के अनुपात को 3 पीले: 1 हरे रंग, 3 गोल के साथ: 1 झुर्रीदार की संयोजन श्रृंखला के रूप में प्राप्त किया जा सकता है, ।इस व्युत्पत्ति को इस प्रकार लिखा जा सकता है:

(3 गोल**: 1** झुर्रीदार**) (3** पीले**: , 1** हरा**) =**

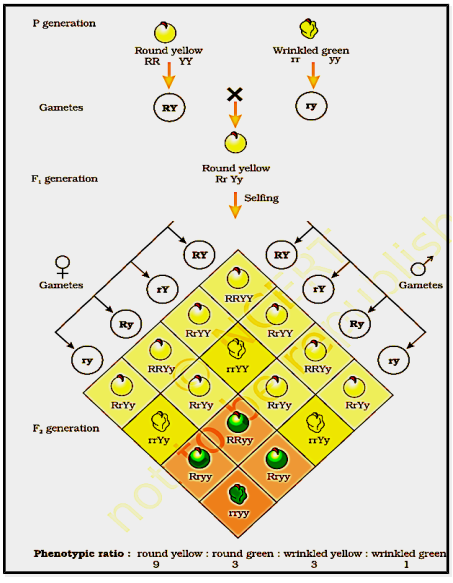
9 गोल**,** पीला**:**

3 झुर्रीदार**,** पीला**:**

3 गोल**,** हरा**:**

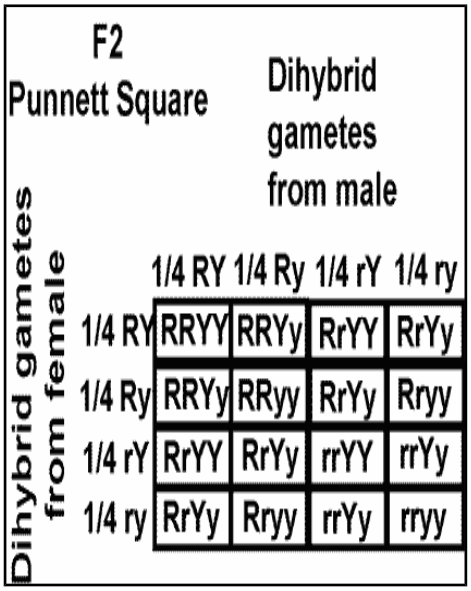
1 झुर्रीदार**,** हरा

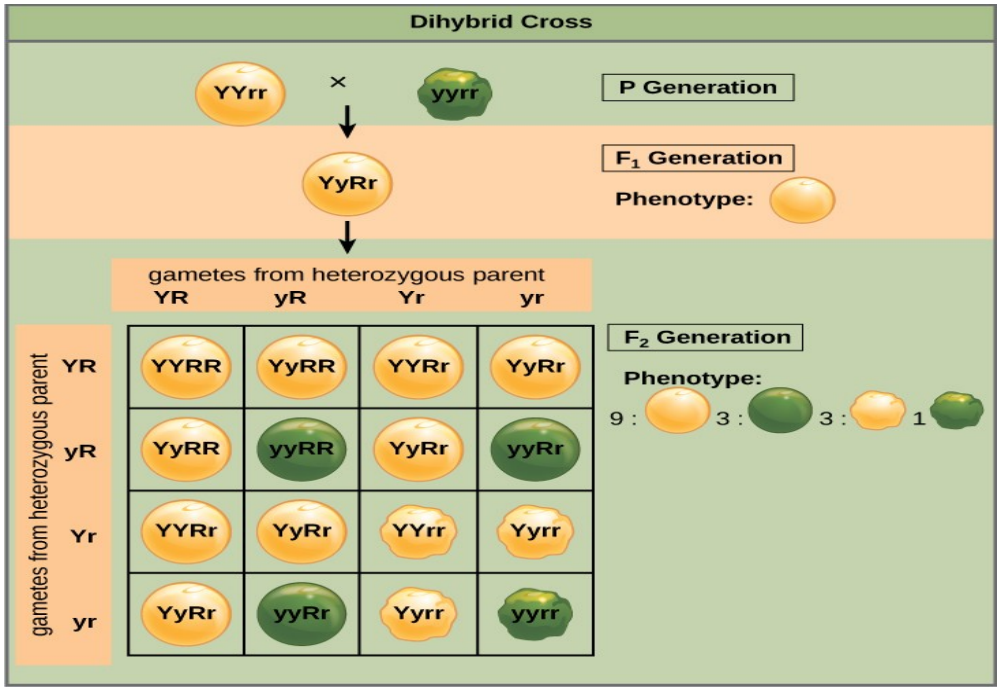
द्विसंकर क्रॉस पर इस तरह के निष्कर्षों के आधार पर मेंडल ने “स्वतंत्र अप्व्यूहन का नियम” का प्रस्ताव किया। इस नियम के अनुसार जब दो जोड़े लक्षण एक संकर में संयुक्त होते हैं, तो एक एक जोड़े का लक्षण-विसंयोजन अन्य जोड़े से स्वतंत्र होता है।



पनेट वर्ग का उपयोग अर्धसूत्री विभाजन के दौरान दो जोड़े जीनों के स्वतंत्र विसंयोजन **(RrYy)** और **F1** पीढ़ी में अंडे और पौधों में पराग के उत्पादन को समझने के लिए प्रभावी ढंग से किया जा सकता है।

R और r जीनों के एक जोड़े के विसंयोजन पर विचार करें। पचास प्रतिशत युग्मकों में जीन R होता है और अन्य 50 प्रतिशत में r होता है। अब प्रत्येक युग्मक के R या r होने के अलावा, इसमें एलील Y या y भी होना चाहिए। यहाँ याद रखने वाली महत्वपूर्ण बात यह है कि 50 प्रतिशत R का और 50 प्रतिशत r जीनों तथा 50 प्रतिशत Y और 50 प्रतिशत y जीनों का विसंयोजन स्वतंत्र रूप से होता है। इसलिए, असर करने वाले युग्मकों में से 50 प्रतिशत के पास Y एलील और दूसरे के 50 प्रतिशत के पास y एलील है। इसी तरह R एलील वाले युग्मकों में से 50 प्रतिशत के पास Y एलील और दूसरे के 50 प्रतिशत के पास y एलील है। इस प्रकार आनुवंशिक रूप से चार प्रकार के युग्मक (**RY, Ry, rY, ry**) है, जिनमें से प्रत्येक में 25 प्रतिशत की आवृत्ति होगी। चार प्रकार के अंडे और पराग को एक पनेट वर्ग के दोनों किनारों पर लिखा जा सकता है और **F_2** पौधों की संरचना प्राप्त की जा सकती है।





4. द्विसंकर टेस्ट क्रॉस (परीक्षार्थ संकरण)

एकसंकर क्रॉस के समान, द्विसंकर क्रॉस में प्रमुख लक्षणों को देखकर हम यह निर्धारित नहीं कर सकते कि यह समयुग्मजी है या विषमयुग्मजी।

तो जीनोटाइप का पता लगाने के लिए, जीव के साथ एक परीक्षण क्रॉस एक किया जाता है, जिसमें दोनों अप्रभावी लक्षण होते हैं। टेस्ट क्रॉस के बाद जब अभिभावक विषमलैंगिक होते हैं तो संतति में हमें 1: 1:

1: 1 का अनुपात मिलता है। समलैंगिक के मामले में, सभी संतान दोनों विशेषताओं के लिए प्रमुख फीनोटाइप दिखाएंगे।

उदाहरण

जीनोटाइप	AaBb			aabb	
युग्मक	AB	Ab	aB	ab	Ab

पनेट वर्ग**:**

	ab
AB	AaBb
Ab	Aabb
aB	aaBb
ab	aabb

अब हमारे पास एक ऐसा जीव है जो एक गुण के लिए प्रभावी समयुग्मकी है, लेकिन दूसरे के लिए विषमयुग्मकी है, टेस्ट क्रॉस अभी भी काम करता है।

क्रॉस में:

प्रभावी समयुग्मकी लक्षण के लिए, संतानों में कोई अप्रभावी लक्षण दिखाई नहीं देगा। परन्तु

अप्रभावी लक्षण के लिए अप्रभावी लक्षण ही दिखाई देगा।

उदाहरण

जीनोटाइप**:** **AABb X aabb**

युग्मक**:** **AB, AB, Ab, Ab, ab, ab, ab, ab**

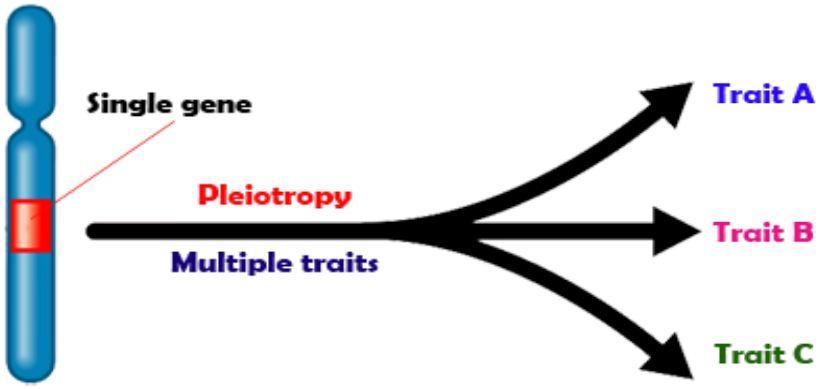
पनेट वर्ग**:**

	ab
AB	AaBb
Ab	Aabb

सभी संतति A के लिए प्रभावी लक्षण दिखाएंगी और आधी B के लिए अप्रभावी लक्षण दिखाएंगी। इससे, आप A के लिए AA जीनोटाइप और B के लिए Bb जीनोटाइप का निष्कर्ष निकाल सकते हैं।

5. बहुप्रभाविता

जब एक जीव में एक जीन कई लक्षणों को नियंत्रित करता है तो उसे बहुप्रभाविक जीन कहा जाता है। इस घटना को बहुप्रभाविता कहा जाता है।



बहुप्रभाविता वह घटना है जिसमें एक जीन के साथ कई अलग-अलग फीनोटाइप जुड़े होते हैं। उदाहरण के लिए, जीन एक उत्पाद के लिए कोड हो सकता है जो कई कोशिकाओं में उपयोग किया जाता है, या जिसका एक सांकेतिक अणु के लिए व्यापक अंत:स्रावी प्रभाव होता है।

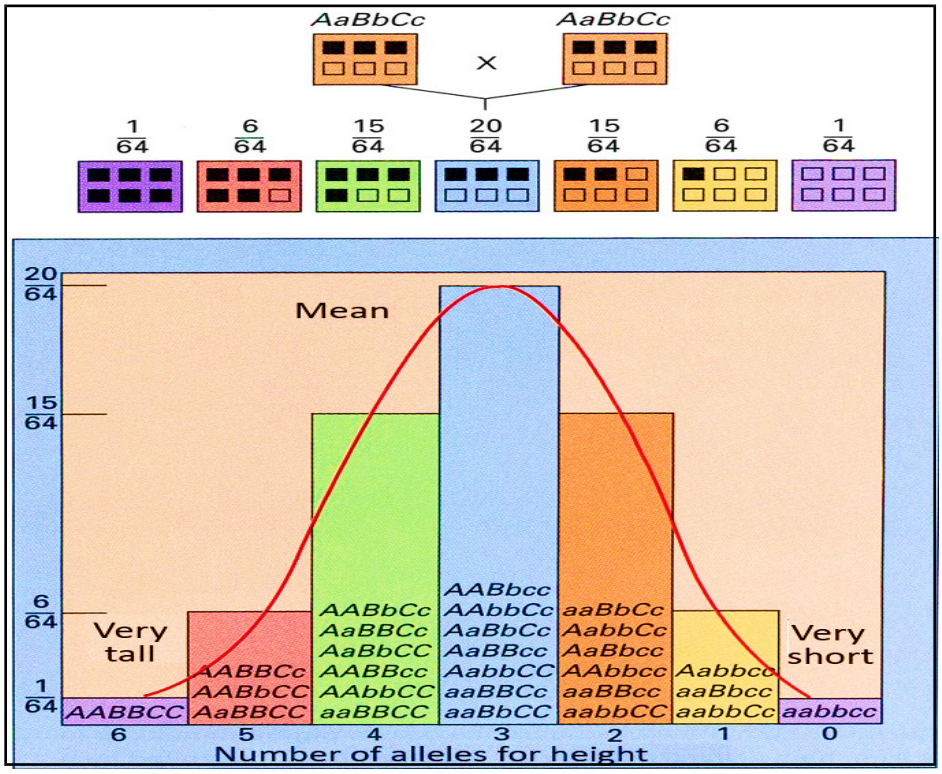
6. बहुजीनी वंशानुगति (पॉलीजेनिक इनहेरिटेंस)

जब एक लक्षण दो या अधिक जीनों द्वारा नियंत्रित होता है तो इसे बहुजीनी वंशानुगति कहते है। जीन प्राय: बड़ी संख्या में होते हैं लेकिन इनके प्रभाव छोटे छोटे होते हैं। मानव में बहुजीनी वंशानुगति के उदाहरण- ऊंचाई, त्वचा का रंग, आंखों का रंग और भार इत्यादि हैं। बहुजीनी लक्षण निरंतर भिन्नता दिखाते हैं; इनकी प्रकृति मात्रात्मक हैं। बहुजीनीता अन्य जीवों में भी पाई जाती हैं। उदाहरण के लिए ड्रोसोफिला में पंख आकृति, ब्रिसल की संख्या और कई अन्य लक्षणों के साथ बहुजीनीता को प्रदर्शित करता है।

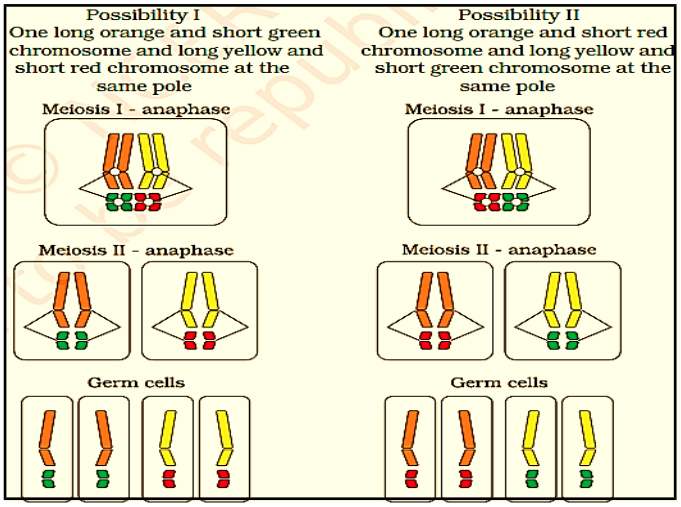
सामान्य रूप में इन लक्षणों की फीनोटाइप की आवृत्ति एक निरंतर विविधता वितरण पैटर्न का अनुसरण करती है। यह कई संभावित युग्मन संयोजनों के परिणामस्वरूप होता है। जब मूल्यों को प्लॉट किया जाता है, तो घंटी के आकार का वक्र प्राप्त होता है। वितरण का मोड इष्टतम, या योग्यतम, फीनोटाइप का प्रतिनिधित्व करता है। अधिक जीन, अनुमानित वक्र का ढलान निर्धारित करते हैं।

7. वन्शागति का गुणसूत्र सिद्धांत: मेंडल ने लक्षणों की वंशागति पर अपने काम को1865 में प्रकाशित किया लेकिन कई कारणों से, यह 1900 तक बिना मान्यता के रहा। इसके लिए कई कारणों में सबसे पहले, उन दिनों संचार आसान नहीं था (जैसा कि अब है) जिससे उनके काम को व्यापक रूप से प्रचारित नहीं किया जा सका। दूसरे, जीन (या कारक, मेंडल के शब्दों में) की उसकी अवधारणा स्थिर और असतत इकाइयों के रूप में जो लक्षणों की अभिव्यक्ति को नियंत्रित करती है, इसे उनके समकालीनों द्वारा स्वीकार नहीं किया गया था। यह अवधारणा प्रकृति में पाई जाने वाली विविधताओं की व्याख्या नहीं कर सकती । तीसरा, जैविक घटनाओं को समझाने के लिए गणित का उपयोग करने के लिए मेंडल का दृष्टिकोण अपने समय के कई जीव विज्ञानियों के लिए पूरी तरह से नया और अस्वीकार्य था। अंत में, यद्यपि मेंडल ने सुझाव दिया कि जीन (कारक) असतत इकाइयाँ थीं, वह कारकों के अस्तित्व के लिए कोई भौतिक प्रमाण नहीं दे सका था।

1900 में, तीन वैज्ञानिको (डीवरीज कॉरेन्स और वान शेरमार्क) ने लक्षणों की वंशानुगति पर मेंडल के परिणामों को स्वतंत्र रूप से खोजा। इसके अतिरिक्त, इस समय तक, वैज्ञानिक कोशिका विभाजन का ध्यानपूर्वक निरीक्षण करने में सक्षम थे। इससे कोशिका के नाभिक की संरचना की खोज हुई जो प्रत्येक कोशिका विभाजन से ठीक पहले दो गुना और विभाजित हो जाता था। इन्हें गुणसूत्र (रंगीन बॉडी) कहा जाता था क्योंकि वे रंगे जाने पर ही दिखाई देते थे। 1902 तक, अर्धसूत्री विभाजन के दौरान गुणसूत्र की एक कोशिका से दूसरी कोशिका में स्थानांतरण होने की क्रिया पर काम किया गया था। वाल्टर सटन और थियोडोर बोवरी ने कहा कि क्रोमोसोम का व्यवहार जीन के व्यवहार के समानांतर था और मेंडल के नियमों को समझाने के लिए गुणसूत्र सिद्धांत का प्रयोग किया।



बोवरी- सटन गुणसूत्र सिद्धांत (जिसे वन्शागति के गुणसूत्र सिद्धांत के रूप में भी जाना जाता है) आनुवांशिकी का एक मूलभूत सिद्धांत है जो गुणसूत्रों को आनुवंशिक सामग्री के वाहक के रूप में जाना जाता है। सटन और बोवरी ने तर्क दिया कि गुणसूत्रों के एक साथ जुड़ने और अलग होने से उनके कारकों का भी विसंयोजन हो जाएगा। यह सही ढंग से मेन्डल के नियमो द्वारा आवश्यक युग्मित कारकों (कणों) के साथ गुणसूत्रों की पहचान करके मेंडेलियन वंशानुगति के नियमों की व्याख्या करता है। इसमें यह भी कहा गया है कि गुणसूत्र रेखीय संरचनाएं हैं जिनके ऊपर विशिष्ट स्थलों पर जीन स्थित होते हैं जिन्हें लोकी कहा जाता है। यह बताता है कि गुणसूत्र, जो सभी विभाजित कोशिकाओं में देखे जाते हैं और एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी तक स्थानांतरित होते हैं, सभी आनुवंशिक वंशागति का आधार हैं।

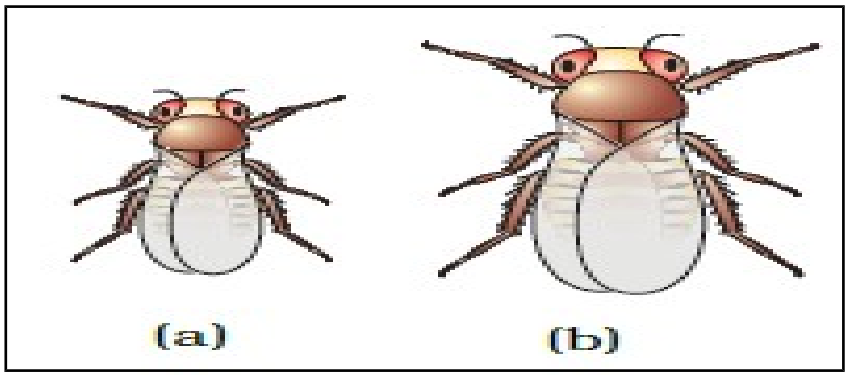


एक लंबे नारंगी और छोटे हरे और तथा लंबे पीले और छोटे लाल गुणसूत्र एक ही ध्रुव पर अवस्थित है । अर्धसूत्री विभाजन की एनाफेज़ अवस्था के दौरान, दो गुणसूत्र के जोड़े एक दूसरे से स्वतंत्र रूप से मेटाफ़ेज़ प्लेट में संरेखित हो सकते हैं। इसे समझने के लिए, बाएं और दाएं कॉलम में चार अलग-अलग रंग के गुणसूत्रों की तुलना करें। बाएं स्तंभ में (संभावना I) नारंगी और हरे रंग एक साथ अलग हो रहे हैं। लेकिन दाहिने हाथ के स्तंभ (संभावना II) में नारंगी गुणसूत्र लाल गुणसूत्रों के साथ अलग हो रहा है।

8. आनुवंशिकी में मॉर्गन का योगदान

थॉमस हंट मॉर्गन, एक अमेरिकी प्राणी विज्ञानी और जेनेटिसिस्ट थे, जो फल मक्खी (ड्रोसोफिला) के साथ अपने प्रयोगात्मक अनुसंधान के लिए प्रसिद्ध थे, जिसके द्वारा उन्होंने आनुवंशिकता के गुणसूत्र सिद्धांत की स्थापना की। उन्होंने दिखाया कि जीन गुणसूत्रों पर एक श्रृंखला में जुड़े हुए हैं और पहचान योग्य, वंशानुगत लक्षणों के लिए उत्तरदायी हैं। उन्हें 1933 में फिजियोलॉजी या मेडिसिन के लिए नोबेल पुरस्कार मिला।

ड्रोसोफिला मेलानोगास्टर **(**फल मक्खी**)**



थॉमस हंट मॉर्गन **(**प्रायोगिक आनुवंशिकी के पिता**)** ने प्रयोगात्मक सामग्री के रूप में फल-मक्खी ड्रोसोफिला मेलानोगास्टर (जिसे जेनेटिक्स का जैकपॉट भी कहा जाता है) का चयन किया। मटर की अपेक्षा इसके कई लाभ हैं:

i. यह पके केले के फलों पर आसानी से उपलब्ध हो सकती है, जहाँ यह फलों की सतह पर मौजूद खमीर कोशिकाओं को खाती है।

ii. मक्खियों को गेहूं की क्रीम और अगर की क्रीम युक्त खमीर प्रसंस्करण वाली बोतलों के अंदर पाला जा सकता है।

iii. एकल संभोग के द्वारा, 2 सप्ताह के भीतर, एक नई पीढ़ी की सैकड़ों मक्खियों का उत्पादन किया जा सकता है।

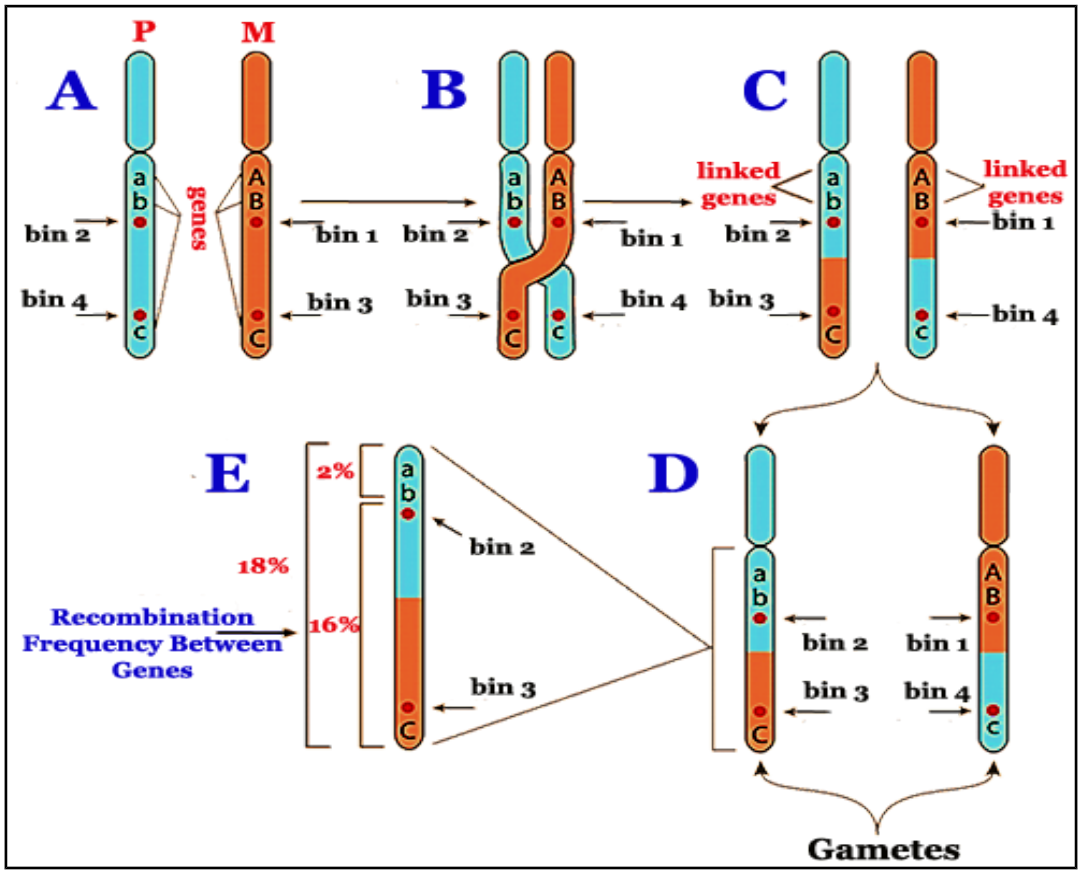
iv. जन्तुओ को अस्थायी रूप से ईथर के द्वारा निष्क्रिय किया जा सकता है और उनकी हैंड लेंस / विच्छेदन माइक्रोस्कोप द्वारा जांच की जा सकती है।

v. मादा मक्खी अपने बड़े आकार और अंत में पीछे की ओर ओवीपोसेटर की उपस्थिति से नर मक्खी से अलग पहचानी जा सकती है।

vi. जन्तुओ में विभिन्न आकार के चार जोड़े गुणसूत्र होते हैं। नर मक्खी में XY सेक्स क्रोमोसोम होता है जबकि महिला में XX क्रोमोसोम होता है। Y गुणसूत्र झुका हुआ है और आसानी से पहचाना जा सकता है।

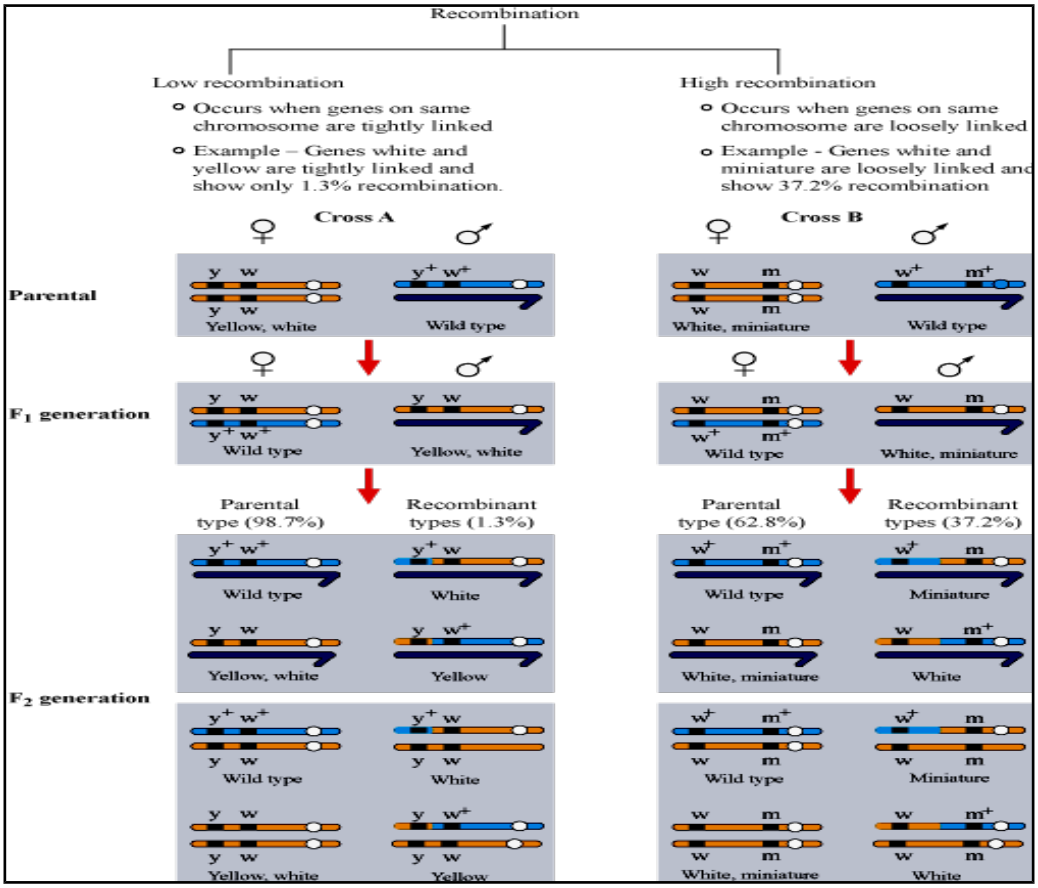
vii. पॉलीटीन क्रोमोसोम लार्वा की लार ग्रंथियों में होते हैं जो किसी भी प्रकार के क्रोमोसोमल विपथन का संकेत कर सकते हैं।

viii. ड्रोसोफिला का प्रजनन कराना अत्यंत सरल है। इसके अतिरिक्त, यह प्रयोग पूरे वर्ष किया जा सकता है।

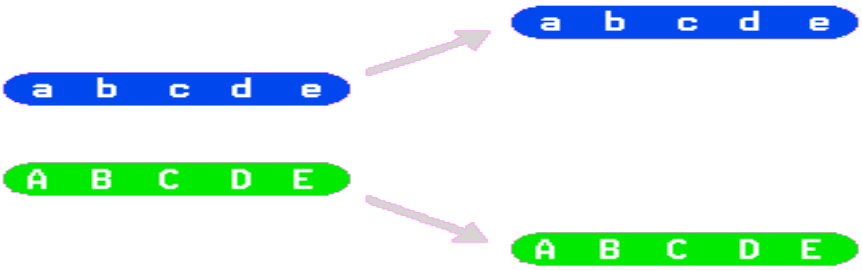


9. सहलग्नता और पुनर्योजन

थॉमस हंट मॉर्गन ने लिंग-सहलग्न जीन का अध्ययन करने के लिए ड्रोसोफिला के साथ कई द्विसङ्कर क्रॉस के प्रयोग किए। उन्होंने जंगली प्रकार की नर मक्खी के साथ पीले शरीर वाली, सफेद आंखों वाली मादा मक्खी को क्रॉस कराया। F_1 पीढ़ी में सभी नर मक्खी पीले शरीर वाली, सफेद आंखों वाली और सभी मादा मक्खी जंगली प्रकार की थीं। मॉर्गन ने तब F_1 पीढ़ी में स्वत: क्रॉस कराया; F_2 पीढ़ी में उन्होंने देखा कि जीन ने स्वतंत्र रूप से अपव्यूहन नहीं किया, जो कि मेंडल के स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम का अपवाद था। मॉर्गन ने शारीरिक सहलग्नता या लिंकेज द्वारा इस घटना को समझाया; जो कुछ जीनों की एक साथ वंशानुगत होने की प्रवृत्ति का वर्णन करता है और जीन के माता-पिता के पूर्वजन्म के संयोजन को बनाए रखता है। जीन, जो एक ही गुणसूत्र पर स्थित होते हैं और जो एक साथ वंशानुगत होते हैं, सहलग्न जीन के रूप में जाने जाते हैं। यदि कोई व्यक्ति इन लक्षणों में से किसी एक को विरासत में लेता है, तो उसे दूसरे गुण भी वंशानुगत होते हैं।

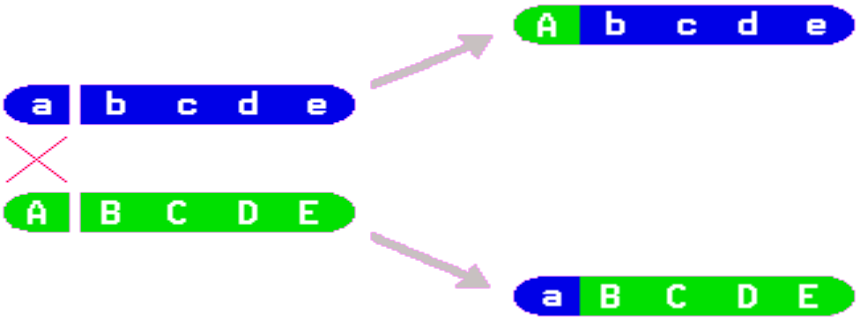


एक ही गुणसूत्र पर मौजूद जीन एक इकाई के रूप में एक साथ विरासत में मिलते हैं। ऐसे जीनों को सहलग्न जीन कहा जाता है। उदाहरण के लिए, नीचे दिए गए चित्रण में "A" और "B" समान क्रोमोसोम पर उनकी उपस्थिति के कारण जुड़े हुए हैं। इसलिए या तो "a" और "b" या "A" और "B" एलील्स को एक इकाई के रूप में विरासत में मिलेगा।



सहलग्न जीन, युग्मक गठन के समय, समयुग्मक गुणसूत्रों के पृथक्करण के समय अलग नहीं होते हैं।

अर्धसूत्रीविभाजन- I के दौरान, समयुग्मक (होमोलोगस) गुणसूत्रों की जोड़ी होती है और उनके गुणसूत्रों के विनिमय भागों को उनके सजातीय युग्म के अन्य गुणसूत्रों के साथ जोड़ा जाता है। समयुग्मक गुणसूत्रों के गुणसूत्र खंडों के टूटने, विनिमय और पुनर्मिलन की इस प्रक्रिया को क्रॉसिंग-ओवर कहा जाता है।

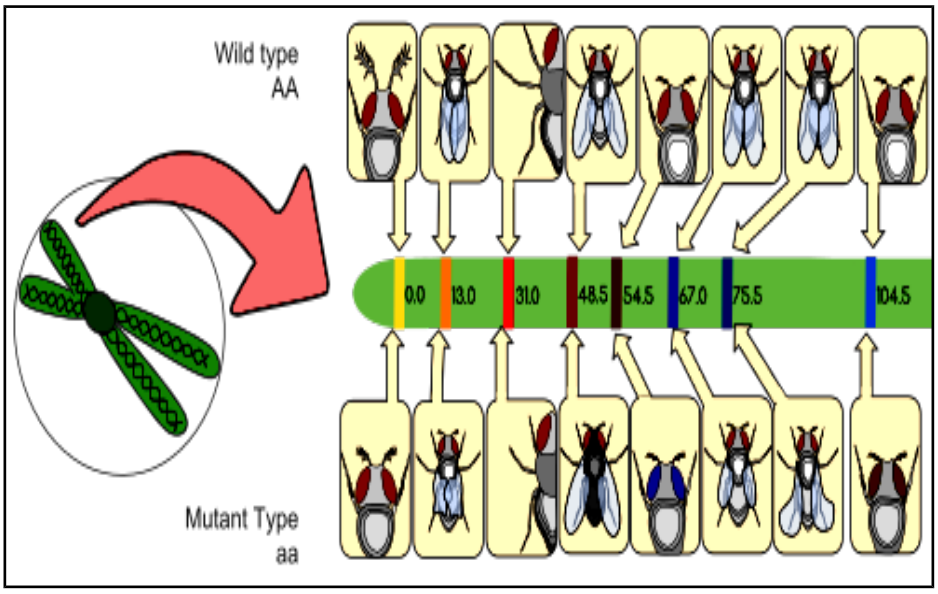


क्रॉसिंग-ओवर, सहलग्न जीन को असंलग्न करता है क्योंकि इसमें सजातीय गुणसूत्रों में जीनों का आदान-प्रदान होता है।

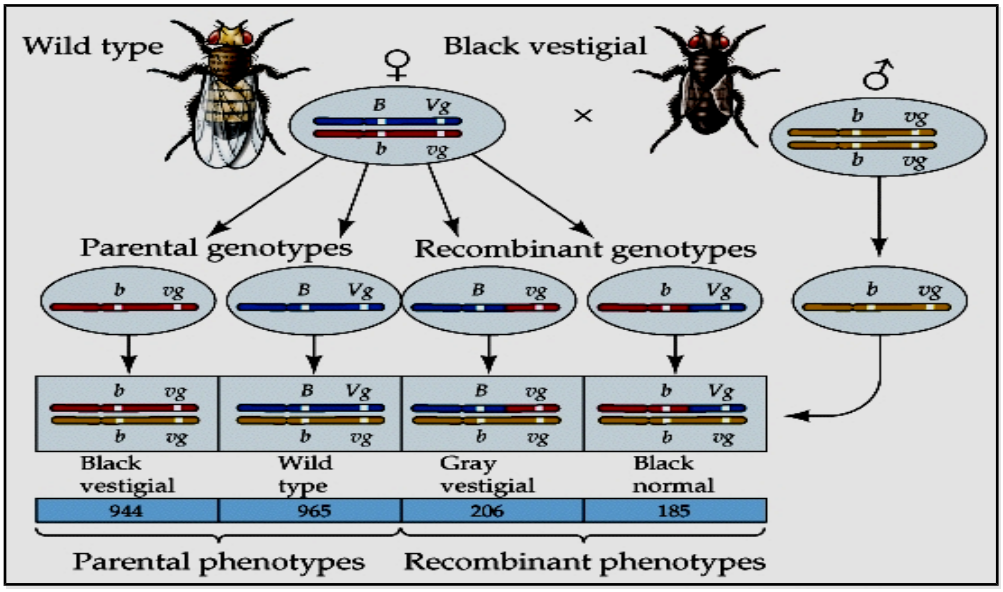
क्रॉसिंग-ओवर के परिणामस्वरूप आमतौर पर आंशिक पुनर्योजन होता है, या गुणसूत्रों में अलील युग्मों का संयोजन, माता-पिता में मौजूद नहीं होता। यदि गुणसूत्र में जीन एक-दूसरे से अलग होते हैं, तो इसकी अधिक संभावना है कि वे क्रॉस-ओवर के परिणामस्वरूप पुनर्योजन दिखाएंगे। मॉर्गन और उनके सहयोगियों द्वारा खोजा गया एक अन्य तथ्य यह था कि क्रॉसिंग-ओवर के दौरान दो जीनों को अलग करने की संभावना उनके बीच की दूरी के आनुपातिक थी। दूसरे शब्दों में, जीन जितने पास-पास होंगे, उतना ही वे एक साथ रहेंगे, और वे जितना अधिक दूर होंगे, उतनी ही अधिक उनके प्रथक्करण की संभावना होगी।

पुनर्योजन आवृत्ति, या क्रॉसिंग-ओवर आवृत्ति, क्रॉस करने की प्रक्रिया द्वारा निर्मित पुनर्योजक युग्मकों का प्रतिशत है। यह हमेशा एक ही गुणसूत्र में स्थित दो जीनों को व्यक्त करता है। एक गुणसूत्र पर दो जीनों के बीच की दूरी जितनी अधिक होगी, उतनी अधिक क्रॉस करने की संभावना होगी और इन जीनों के बीच पुनर्योजन आवृत्ति भी उतनी ही अधिक होगी। इसके विपरीत, जब जीन एक दूसरे के पास-पास होते है, तो उनके एक साथ रहने की अधिक संभावना होती हैं।

क्रॉसिंग-ओवर नए एलील का उत्पादन नहीं करता है। बल्कि, यह केवल समरूप गुणसूत्रों के बीच विद्यमान युग्मों का आदान-प्रदान करता है।



थॉमस हंट मॉर्गन के ड्रोसोफिला मेलानोगास्टर जेनेटिक लिंकेज मैप।



पीले रंग के शरीर के जीन और सफेद आंख के जीन ने सिर्फ 1.3% का पुनर्संयोजन दिखाया क्योंकि ये जीन कसकर जुड़े हुए थे, जबकि सफेद और लघु जीन ने 37.2% की पुनर्योजन दिखाया क्योंकि ये जीन शिथिल रूप से जुड़े हुए थे।

वर्तमान में, आनुवांशिक मानचित्र जीनोम अनुक्रमण के लिए महत्वपूर्ण उपकरण हैं, जिनसे जीन के स्थान और पहचान की जानकारी मिलती हैं। इस प्रकार, लिंकेज पर मॉर्गन के प्रयोगों ने मेंडल के स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम की सार्वभौमिक प्रकृति को निरस्त कर दिया।

10. सारांश

जब मेंडल ने एक साथ दो लक्षणों की वंशानुगति का अध्ययन किया, तो यह पाया कि कारक (जीन) स्वतंत्र रूप से अपव्यूहित होते हैं और सभी क्रमपरिवर्तन और संयोजन (लॉ ऑफ इंडिपेंडेंट असोर्टमेंट) में संयोजित होते हैं।

मेंडल के नियम, वन्शागति का गुणसूत्र सिद्धांत **(**क्रोमोसोमल थ्योरी ऑफ़ इनहेरिटेंस**)** के रूप में विस्तारित किए गए थे। बाद में, यह पाया गया कि मेंडल का "स्वतंत्र अप्व्यूहन का नियम" उन जीनों के लिए सही नहीं है जो एक ही क्रोमोसोम पर स्थित थे। इन जीनों को सहलग्न जीन ('लिंक्ड जीन') कहा जाता था। निकट स्थित जीन एक साथ वंशानुगत होते हैं, और दूर स्थित जीन क्रॉस करने के कारण पुनर्योजन दिखा सकते है। पुनर्संयोजन की आवृत्ति गुणसूत्रों पर जीनों के बीच की दूरी के अनुसार भिन्न होती है। इसलिए लिंकेज मैप का निर्माण किया गया, जो गुणसूत्र पर जीन के बीच की स्थिति और दूरी के अनुरूप होता है।