

# Tijdlijn Genetica

Samengesteld door Marijke Domis-Hoos en Mieke Kapteijn

Dit document met de tijdlijn (in het boek *Genetica in beweging* staat hij onderaan de bladzijden), maakt het makkelijk om snel overzicht te krijgen van de geschiedenis. Om de jaartallen niet als betekenisloze losse feiten verdient het aanbeveling hem als docent of als leerling te lezen met bepaalde vragen in het achterhoofd. De tijdlijn kan ook aanleiding zijn om gegevens op te sporen rond onderzoekers en hun ontdekkingen.

Enkele voorbeelden van vragen:

- Wat zijn de grote vragen in de geschiedenis van de genetica van begin 19<sup>de</sup> eeuw tot op dit moment?
- Hoeveel jaren zitten er tussen een waarneming of ontdekking van één persoon en de generalisatie tot een theorie die algemeen geaccepteerd wordt? Wat gebeurt er dan in die tussentijd?
- Welke aspecten van de genetica hebben belangrijke maatschappelijke gevolgen gehad?
- Welke doelen had de eugenetische beweging en hoe wilden ze hun idealen uitwerken?
- Welk soort genen in de fruitvlieg of de muis komen overeen met die in de mens?
- Wat vind je zelf van het patenteren van menselijke genen?

1779 Lort meldt de bijzondere wijze van overerving van kleurenblindheid aan de Royal Society of London.

1820 Nasse fomuleert de wet van Nasse: hemofilie komt alleen bij mannen voor en wordt overgedragen door vrouwen die de ziekte niet hebben.

1827 Von Baer neemt voor het eerst het ei van een zoogdier waar. Hij beschouwt de zaadcellen als parasieten en noemt ze spermatozoa.

1828 Von Baer publiceert *The Embryology of Animals* waarin de preformatieleer wordt bestreden.

1831 Brown ontdekt dat in alle cellen kernen voorkomen.

1838 Schleiden & Schwann ontwikkelen de celtheorie; Schleiden ziet nucleoli in de kernen.

1838 De term proteïne verschijnt voor het eerst in de literatuur maar is eerder bedacht door Berzelius.

1858 Virchow stelt het beginsel op dat nieuwe cellen alleen ontstaan door deling van al bestaande cellen: 'Omnis cellula e cellula'.

1856 Mendel begint met zijn kruisingsexperimenten met de erwt (*Pisum sativum*).

1859 Darwin publiceert *On the origin of species*.

1864 Pasteur weerlegt de doctrine van de 'spontane generatie'.

1865 Mendel presenteert zijn kruisingsexperimenten aan de Natural History Society te Londen

1866 Mendel publiceert zijn ontdekkingen over de genetica van erwten: *Versuche über Pflanzen-Hybriden*.

1866 Haeckel stelt de hypothese op dat de celkern de erfelijke informatie overdraagt en gebruikt ook voor het eerst de term ecologie.

1869 Galton, een neef van Darwin, publiceert *Hereditary Genius* met daarin zijn conclusie (uit onderzoek aan stambomen) dat intelligentie een erfelijke basis heeft.

1871 Miescher isoleert 'Nucleïn' uit de kernen van witte bloedcellen; deze stof kreeg later de naam nucleïnezuur. DNA en RNA zijn nucleïnezuren.

1873 Schneider geeft een eerste nauwkeurige beschrijving van het gedrag van 'draadjes' in de kern (chromosomen) tijdens de celdeling van dierlijke cellen.

1875 Galton toont het belang van tweelingonderzoek om de invloed van *nature* (erfelijkheid) en *nurture* (omgeving) op gedrag op te helderen.

1875 Hertwig komt door een studie bij zee-egels tot de conclusie dat bevruchting zowel bij planten als dieren tot stand komt door een mannelijke en een vrouwelijke kern.

1875 Strasburger beschrijft de mitose in planten.

1876 Galton stelt een statistische benadering voor om de erfelijke basis van intelligentie te begrijpen.

1877 Fol ziet bij het binnendringen van een zaadcel in de eicel dat de volledige kern van de zaadcel wordt overgedragen.

1878 Kühne lanceert de term 'enzym'. Hij maakt onderscheid tussen enzymen en de micro-organismen die die enzymen produceren.

1882 Flemming ontdekt een stof in draadvormige structuren in de celkern, die hij chromatine noemt.

1880-90 Flemming, Strasburger, Van Beneden en anderen helderen de celdeling op.

1882 Strasburger bedenkt de termen 'cytoplasma' en 'nucleoplasma'.

1882 Flemming ontdekt *lampbrush chromosomen* en bedenkt de term 'mitose'.

1883 Van Beneden publiceert dat het aantal chromosomen wordt gehalveerd bij de vorming van kiemcellen. Zaadcel en eicel zijn haploid.

1883 Roux bedenkt een mogelijke verklaring voor de functie van de mitose.

1883 Weismann wijst op het onderscheid tussen de somatische cellijn en de kiemcellijn; alleen veranderingen in de kiemcellen worden overgedragen aan de volgende generatie.

1884 Flemming, Strasburger & Van Beneden tonen aan dat verdubbeling van de chromosomen tot stand komt door overlangse splitsing.

1884 Strasburger benoemt en beschrijft de profase, metafase en anafase als stadia van de deling van de chromosomen.

1884-88 Onafhankelijk van elkaar bepalen Hertwig, Strasburger, Von Kölliker en Weismann dat overerving berust op de celkern.

1885 Rabl stelt vast dat chromosomen in alle stadia van de celcyclus hun individualiteit behouden.

1885 Flemming neemt waar dat de zusterchromatiden tijdens de mitose naar tegenover elkaar liggende polen gaan.

1885 Weismann formuleert de theorie van het 'kiemplasma': het kiemplasma is gescheiden van het 'somatoplasma' en wordt van generatie op generatie doorgegeven.

1887 Weismann werkt een theorie over chromosomen tijdens de celdeling en bevruchting uit: alle zich geslachtelijk voortplantende organismen hebben een reductiedeling.

1887 Roux suggereert doordat de chromosomen bij meiose lineair gerangschikt zijn, ze in gelijke hoeveelheden worden overgedragen op de beide dochtercellen.

1887 Van Beneden toont de chromosoomreductie bij de vorming van gameten aan; deze verloopt volgens de voorspelling van Weismann.

1888 Boveri toont aan dat chromosomen georganiseerde en aparte structuren zijn en dat ook blijven gedurende celdeling. Chromosomen zijn betrokken bij de erfelijkheid.

1888 Boveri bevestigt de voorspelling van Weismann, de reductie van het aantal chromosomen bij de vorming van geslachtscellen, door zijn waarnemingen.

1888 Waldeyer lanceert de naam 'chromosoom'.

1889 Altmann verandert de naam 'nucleïn' in nucleïnezuur.

1889 Galton publiceert *Natural Inheritance*. Het is het begin van de biometrie en de statistische studie van variatie. Hij formuleert de *Law of Ancestral Inheritance*, een wiskundige weergave van de bijdrage van voorouders aan de erfelijke eigenschappen van hun nakomelingen.

1890 Boveri en Guignard stellen vast dat het aantal vaderlijke en moederlijke chromosomen bij de bevruchting gelijk aan elkaar is.

1892 Weismann publiceert *Das Keimplasma* waarin wordt benadrukt dat meiose voor de verdeling van de chromosomen zorgt.

1894 Dreisch zet uiteen dat alle kernen van een organisme dezelfde potentie hebben maar in activiteit verschillen doordat weefsels zich differentiëren.

1894 Bateson's *Materials for the Study of Variation* benadrukt het belang van discscontinue variatie, de voorbode van de herontdekking van Mendels werk.

1895 Röntgen ontdekt de röntgenstraling, spoedig daarna al gebruikt voor het zichtbaar maken van lichaamsdelen en de inductie van mutaties.

1896 Wilson publiceert *The Cell in Development and Heredity* over de ontwikkeling van cytologie na de celtheorie van Schleiden and Schwann in 1838.

1898 Het eerste internationale congres over genetica wordt in Londen gehouden. Tot nu wordt dit iedere vijf jaar gehouden.

1899 Bateson publiceert dat hybridisatie en kruisingen methoden voor wetenschappelijk onderzoek zijn; begin van de herontdekking van Mendel.

1899-1900 Onafhankelijk van elkaar herontdekken De Vries, Von Tschermak en Correns het artikel van Mendel met de wetten van overerving.

1900 Pearson ontwikkelt de chi-kwadraattoets.

1901/1903 De Vries publiceert de twee delen van *Die Mutationstheorie* waarin hij de term 'mutatie' gebruikt om de plotselinge, spontane veranderingen in het erfelijke materiaal van *Oenothera* te beschrijven.

1901 Montgomery bestudeert de spermatogenese. Hij concludeert dat de moederlijke chromosomen alleen tijdens de meiose met de vaderlijke chromosomen paren.

1902 McClung beargumenteert dat speciale chromosomen het geslacht van het individu bepalen; niet alleen bij insecten, maar wellicht ook bij andere soorten, o.a. de mens.

1902 Sutton concludeert dat: (a) chromosomen individualiteit hebben, (b) in paren voorkomen, waarbij elk lid van een paar afkomstig is van één ouder en (c) de gepaarde chromosomen tijdens de meiose uiteen gaan.

1902 Boveri ontdekt dat zee-egels zich alleen normaal ontwikkelen als ze een vast aantal chromosomen hebben na bevruchting. Elk chromosoom bezit 'specifieke kwaliteiten'.

1902 Garrod bericht dat de stofwisselingsziekte alkaptonurie lijkt over te erven als een recessief kenmerk volgens Mendel.

1902 Bateson bedenkt de termen: 'genetica', 'F<sub>1</sub>', 'F<sub>2</sub>', 'allelomorf' (later afgekort tot 'allel'), 'homozygoot', 'heterozygoot' en 'epistasie'.

1902 Boveri en Sutton komen op het idee dat chromosomen de dragers zijn van de erfelijke factoren in de wetten van Mendel.

1902 Johannsen introduceert en omschrijft de concepten 'fenotype', 'genotype' en 'selectie'.

1903 Neuberg gebruikt voor het eerst de term 'Biochemie'.

1904 Cuénot ontdekt multiële allelie en letale factoren

1905 Bateson publiceert dat er soms meer dan één gen nodig is voor het tot uiting komen van een kenmerk.

1905 Punnett publiceert *Mendelism*, met daarin het gebruik van Punnett squares (kruisingsschema's) waarmee de Mendelgenetica wordt gevisualiseerd.

1908 Hardy, wiskundige, stelt dat de wetten van Mendel geen invloed hebben op de allelenfrequenties; zijn waarneming vormt de wiskundige basis voor populatiegenetica.

1908 Garrod stelt dat genetische defecten veel erfelijke ziekten veroorzaken.

1909 Johannsen zorgt voor de basisterminologie voor genetica: genen (eenheden van erfelijkheid), genotype (genetische structuur van een organisme) en fenotype (kenmerken van een organisme).

1909 Morgan spreekt in een artikel zijn twijfel uit over de generaliseerbaarheid van Mendelse verklaringen voor de overerving van eigenschappen.

1909 Shull verdedigt het gebruik van inteeltlijnen bij de productie van commercieel maiszaad; het hybride-maisprogramma dat hieruit voortgekomen is leverde een overvloed aan voedsel op en grote winsten.

1909 Garrod publiceert *Inborn Errors of Metabolism*, de eerste bespreking van de biochemische basis van erfelijke ziekten.

1909 Nilsson-Ehle formuleert de hypothese van de 'multiële factoren' om de kwantitatieve overerving van zaadkleur in tarwe te verklaren.

1909 Morgan ontdekt de eigenschap witte oogkleur en daardoor geslachtsgebondenheid bij *Drosophila*; start van de genetica van *Drosophila*.

1910 Morgan stelt de theorie op dat erfelijkheid op de chromosomen berust.

1910 Kossel ontvangt de Nobelprijs voor zijn onderzoek naar eiwitten en nucleïnezuren.

1911 Cook Little fokt de eerste genetisch zuivere muizenstam.

1911 Morgan stelt dat de genen voor witte ogen, geel lichaam en miniatuurvleugels bij *Drosophila* gekoppeld zijn aan het X-chromosoom.

1912 Het eerste internationale eugenetische congres vindt plaats. De ontwikkelingen in de genetica zijn in de USA en Europa aanleiding na te denken over de verbetering van het menselijke ras.

1913 Sturtevant produceert de eerste genenmap, gebaseerd op koppelingsgroepen.

1914 Bridges vermeldt nondisjunctie van geslachtschromosomen en noemt dit als bewijs voor de stelling dat de erfelijke eigenschappen in de chromosomen liggen.

1915 Hunt Morgan, Sturtevant, Bridges & Muller publiceren *The Mechanism of Mendelian Heredity*, een baanbrekend boek.

1915 Twort ontdekt een virus dat in staat is bacteriën te infecteren en te vernietigen.

1917 D'Herelle vindt onafhankelijk van Twort ook zo'n virus, dat hij bacteriofaag noemt.

1917 Bridges ontdekt de eerste chromosoomdeficiëntie bij *Drosophila*.

1919 Morgan e.a. publiceren *The Physical Basis of Heredity*, een opsomming van het snel toenemende aantal vondsten in de genetica.

1919 Morgan vestigt er de aandacht op dat het aantal koppelingsgroepen bij *Drosophila melanogaster* gelijk is aan het haploïde aantal chromosomen.

1919 Bridges ontdekt chromosoomduplicaties bij *Drosophila*.

1922 Het tweede internationale eugenetische congres vindt plaats in New York.

1922 Morgan ontdekt 'attached-X' chromosomen in *Drosophila*.

1923 Bridges ontdekt translocaties in *Drosophila*.

1923 Boycott and Diver beschrijven 'uitgestelde' Mendelse overerving die verantwoordelijk is voor de draairichting van de schelp bij de slak *Limnea peregra*.

1925 Sturtevant analyseert het 'Bar-eye'verschijnsel en ontdekt het positie-effect.

1926 Sturtevant ontdekt de eerste inversie bij *Drosophila*.

1927 Haldane stelt voor dat genen die betrokken zijn bij bepaalde vachtkleuren bij knaagdieren en roofdieren evolutionair homoloog kunnen zijn.

1927 Dodge begint met onderzoek naar de erfelijkheid van Neurospora.

1927 Muller brengt met röntgenstraling mutaties aan in fruitvliegen: begin van de genetische manipulatie.

1928 Stadler publiceert over de kunstmatige inductie van mutaties in maïs en toont aan dat het aantal opgewekte mutaties afhangt van de dosis straling.

1930 Fisher publiceert *Genetical Theory of Natural Selection*, een analyse van de wiskundige basis van selectie.

1931 Stern, en Creighton & McClintock onafhankelijk van Stern, leveren het cytologische bewijs van crossing-over.

1932 Het derde eugenetische congres vindt plaats in New York.

1933 In Duitsland wordt de wet voor preventie van nakomelingen met erfelijke ziekten van kracht die verplichte sterilisatie voorschrijft van mensen met bepaalde ziektes.

1933 Painter begint cytogenetisch onderzoek aan de chromosomen in de speekselklieren van *Drosophila*.

1933 Morgan ontvangt als eerste geneticus de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van de rol die chromosomen in de genetica spelen

1935 Bernal gebruikt röntgenanalyse om de structuur van eiwitten op te helderen.

1935 Haldane is de eerste die de frequentie van spontane mutatie in een menselijk gen berekent.

1935 Beadle & Ephrussi brengen de synthese van oogpigment bij *Drosophila* in kaart en leggen de relatie met verschillende mutanten.

1935 Bridges publiceert chromosoomkaarten voor de chromosomen in de speekselklieren van *Drosophila*.

1936 Sturtevant & Dobzhansky publiceren voor het eerst het gebruik van inversies om een phylogenetische stamboom van chromosomen te maken.

1939 Dobzhansky publiceert *Genetics and the Origin of Species*, een mijlpaal in evolutionaire genetica.

1941 Beadle and Tatum tonen bij *Neurospora crassa* aan dat genen verantwoordelijk zijn voor de productie van enzymen. Zij formuleren de 'één gen - één enzym hypothese'.

1943 Mather bedenkt de term 'polygenen' en beschrijft bij vele organismen polygene eigenschappen.

1943 Delbrück en Luria beginnen met het onderzoek van de genetica van bacteriën en tonen aan dat bij bacteriën spontane mutatie optreedt.

1944. Avery, McCarty en McLeod ontdekken bij bacteriën dat het deoxyribonucleïnezuur (DNA) erfelijke eigenschappen overbrengt en niet de proteïnen.

1945 Luria toont aan dat er mutaties optreden bij bacteriofagen.

1946 Lederberg en Tatum tonen bij bacteriën genetische recombinatie aan.

1946 Delbrück & Bailey en ook Hershey tonen genetische recombinatie bij bacteriofagen aan.

1946 Muller ontvangt de Nobelprijs voor de ontdekking dat mutaties kunnen worden veroorzaakt door röntgenstraling.

1948 Lederberg & Zinder en onafhankelijk van hen, Davis ontwikkelen de techniek om met behulp van penicilline deficiënte bacteriemutantanten te selecteren.

1949 Neel bewijst dat het overervingspatroon van de sikkelcelziekte berust op een enkel autosomaal recessief allel.

1950 Chargaff ontdekt bij verschillende soorten een regelmatigheid in de gehalten van DNA-basen. De hoeveelheid A is gelijk aan T en hoeveelheid G is gelijk aan C.

1952 Lederberg & Zimmer Lederberg vinden de replica-plaattechniek uit.

1952 Sanger en collega's zoeken de volledige aminozuurvolgorde van insuline uit.

1952 Hershey & Chase tonen aan dat het DNA van een bacteriofaag de gastheer binnendringt, terwijl het meeste eiwit buiten de cel blijft.

1953 Crick & Watson ontdekken de structuur van DNA. Het bestaat uit twee spiralen die bij elkaar gehouden worden door de waterstofbruggen tussen purines en pyrimidines.

1956 Kornberg kristalliseert DNA-polymerase.

1956 Jacob & Wollman tonen aan dat bij de conjugatie van bacteriën een stuk DNA van de ene in de andere bacterie overgebracht wordt.

1957 Crick zet de moleculaire biologie op de kaart.

1957 Ingram publiceert dat normaal hemoglobine en sikkelcel-hemoglobine in één aminozuur verschillen.

1958 Crick doet de suggestie dat tijdens de vorming van eiwitten aminozuren door een carrier naar de DNA-afdruk worden gebracht en voorspelt zo de ontdekking van transfer-RNA.

1958 Meselson & Stahl tonen de semiconservatieve DNA-replicatie aan.

1958 Beadle, Tatum en Lederberg delen de Nobelprijs voor geneeskunde: Beadle en Tatum voor hun ontdekking dat genen chemische processen regelen, Lederberg voor het aantonen van genenuitwisseling bij conjugatie.

1959 Lejeune, Gautier en Turpin tonen aan dat het Downsyndroom een afwijking is die berust op trisomie van een klein chromosoom.

1959 Sinsheimer toont aan dat de bacteriofaag phiX174 van *E. coli* enkelstrengs DNA bevat.

1959 Ochoa en Kornberg delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor hun ontdekking van mechanisme achter de synthese van DNA en RNA.

1960 Brenner, Crick, Jacob en Monod ontdekken het messenger-RNA in bacteriën (*Escherichia coli*).

1961 Jacob en Monod ontwikkelen een theorie over regulatiemechanismen waarbij op moleculair niveau bepaalde genen gactiveerd en geremd worden, het 'operon-model'.

1962 Crick, Watson en Wilkins delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor hun ontdekkingen van de moleculaire structuur van nucleïnezuren en de betekenis daarvan.

1965 Jacob, Lwoff en Monod delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor het ontdekken en verklaren van regelmechanismen voor de synthese van eiwitten.

1967 Weiss en Green gebruiken de hybridisatie van somatische cellen om menselijke genenkaarten te maken.

1968 Holley, Khorana en Nirenberg delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor het beschrijven van de genetische code en de rol daarvan in de eiwitsynthese.

1969 Delbrück, Hershey en Luria delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor onderzoek aan replicatiemechanismen en genetica van virussen.

1969 Beckwith isoleert een bacteriegen.

1970 Smith ontdekt de restrictie-enzymen in bacteriofagen.

1970 Temin en Baltimore ontdekken onafhankelijk van elkaar reverse transcriptase; dat zal genetische manipulatie mogelijk maken.

1970 Berg maakt de eerste recombinant-DNA-moleculen.

1973 Boyer en Cohen stoppen met behulp van restrictie-enzymen en DNA-ligase genen in bacteriën; hiermee is het eerste genetisch gemodificeerde organisme gemaakt.

1974 Berg doet een oproep tot een moratorium in het recombinant onderzoek; eerst moeten er veiligheidsregels komen.

1975 In Nederland wordt de Commissie Genetische Modificatie ingesteld die de overheid moet adviseren over verschillende aspecten van genetische modificatie.

1977 Gilbert and Sanger ontwikkelen de DNA-sequentietechniek.

1977 Het eerste genoom (Phi X 174; een virus) is volledig in kaart gebracht.

1978 Arber, Nathans en Smith delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van restrictie-enzymen.

1978 Botstein begint 'restriction fragment length polymorphisms' (RFLPs, riflips) te gebruiken om genetische verschillen tussen individuen aan te tonen.

1980 Berg, Gilbert en Sanger delen de Nobelprijs voor scheikunde: Berg voor zijn recombinant-DNA-onderzoek; Gilbert en Sanger voor hun sequentietechniek.

1980 Benacerraf, Dausset en Snell delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van de hoofd-histocompatibiliteitscomplex-genen.

1982 Rubin & Spradling maken genetisch gemodificeerde fruitvliegen.

1983 McClintock ontvangt de de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van mobiele genetische elementen of transposons in maïs.

1983 De tabakspant is de eerste plant die genetisch gemodificeerd is.

1983 Mullis ontwikkelt de *polymerase chain reaction* (PCR).

1984 Jeffreys ontwikkelt *genetic fingerprinting*, een methode om via variaties in het DNA individuen te identificeren.

1985 Het eerste gepatenteerde genetisch gemodificeerde dier is gemaakt: een muis met een menselijk gen dat borstkanker kan veroorzaken.

1985 Genetische gemodificeerde maïs gemaakt die bestand is tegen insectenvraat.

1985 In de USA leidt voor de eerste keer een bewijs van onschuld via een genetische vingerafdruk tot vrijspraak van een verdachte.

1986 Hood ontwikkelt het automatisch sequensen.

1986 Begin van het humaan genoom-project.

1987 Tonegawa ontvangt de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking hoe de grote diversiteit aan antistoffen genetisch wordt verklaard.

1989 Altman en Cech delen de Nobelprijs voor scheikunde voor hun ontdekking van de enzymatische eigenschappen van RNA.

1990 Stier Herman wordt geboren, de eerste transgene stier met een menselijk gen voor lactoferrine.

1991 Venter beschrijft een nieuwere en snellere methode om genen te ontdekken door gebruik te maken van Expressed Sequence Tags (ESTs).

1993 Roberts en Sharp delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van introns, waarbij splicing van mRNA op meerdere manieren kan plaatsvinden, zodat verschillende proteïnen kunnen worden verkregen uit hetzelfde stuk coderend DNA.

1995 Lewis, Nusslein-Volhard en Wieschaus delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking van de genetische controle van de vroege embryonale ontwikkeling.

1995 De bacterie *Haemophilus influenzae Rd* is de eerste bacterie waarvan het complete genoom in kaart is gebracht.

1996 Gist (*Saccharomyces cerevisiae*) is de eerste eukaryoot waarvan het complete genoom in kaart is gebracht.

1996 Van de extremofiel *Methanococcus jannaschii*, behorende tot de Archaea en levend in 'Black smokers', is het genoom in kaart gebracht; er zijn daarbij veel onbekende genen ontdekt.

1997 Het complete genoom van de bacterie *Escherichia coli* is in kaart gebracht.

1998 Voor het eerst is een genoom van een meercellig organisme (*Caenorhabditis elegans*) in kaart gebracht.

2000 De zandraket (*Arabidopsis thaliana*) is de eerste plant waarvan het complete genoom in kaart is gebracht.

2000 Het complete genoom van de fruitvlieg (*Drosophila melanogaster*) is in kaart gebracht; veel genen van de fruitvlieg komen sterk overeen met die van de mens.

2000 De resusaap ANDi is de eerste genetisch gemodificeerde primate; ANDi heeft genen van een kwal in zijn genoom.

2000 Het humaan genoom is in kaart gebracht.

2000 De 'gouden rijst' wordt ontwikkeld: in het genoom van de gouden rijst is een gen van de narcis geplakt dat zorgt voor productie van vitamine A.

2001 Hartwell, Hunt en Nurse delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor hun ontdekking van cycline en cycline-afhankelijk kinase, centrale moleculen in de regulatie van de celcyclus.

2001 Publicatie van de sequentie van het menselijk genoom.

2002 Het complete genoom van de muis (*Mus musculus*) is in kaart gebracht; het blijkt dat meer dan 700 genen in de muis sterk overeenkomen met die van de mens.

2002 Het complete genoom van rijst is in kaart gebracht; als gevolg van het ophelderen van het genoom van rijst kan de voedingswaarde van rijst worden verbeterd.

2002 Brenner, Horvitz en Sulston delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor hun ontdekkingen van de genetische regulatie van de orgaanontwikkeling en de geprogrammeerde celdood.

2003 Het complete genoom van de schimmel *Neurospora crassa* is in kaart gebracht.

2004 Het complete genoom van de rat (*Rattus norvegicus*) is in kaart gebracht.

2004 De kip (*Gallus gallus*) is de eerste vogel waarvan het complete genoom in kaart is gebracht.

2005 Het complete genoom van de chimpansee (*Pan troglodytes*) is in kaart gebracht. Het genoom van de chimpansee komt voor 97,3% overeen met dat van de mens.

2005 Ook het complete genoom van de hond (*Canis familiaris*) is in kaart gebracht.

2006 Fire en Mello delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking dat genen stilgelegd kunnen worden (RNA-interferentie).

2006 Het complete genoom van de resusaap (*Macaca mulatta*) is in kaart gebracht. Rond de 93% van het genoom van de resusaap komt overeen met dat van de mens.

2007 Capecchi, Smithies en Evans delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor stamcelonderzoek en ontdekkingen op het gebied van genetische modificatie.

2007 De complete genomen van 12 soorten fruitvliegen zijn in kaart gebracht en met elkaar vergeleken; er zijn overeenkomsten maar ook verschillen op essentiële punten.

2008 Start van het 1000-genomen project, een internationaal project dat de variatie tussen mensen in kaart wil brengen.

2008 President Bush ondertekent het verbod om op grond van genetische informatie onderscheid te maken in verzekering en bij aanname van werknemers.

2009 Blackburn, Greider en Szostak delen de Nobelprijs voor geneeskunde voor de ontdekking hoe telomeren en het enzym telomerase chromosomen beschermen.

2010 Een federaal gerechtshof in de VS wijst de claim af van Myriad Genetics op het patent op de BRCA-genen (genen met een mutatie die borstkanker veroorzaakt).