

**Examen VWO**

**2022**

tijdvak 3  
woensdag 6 juli  
13.30 - 16.30 uur

**biologie**

Dit examen bestaat uit 40 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een open vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

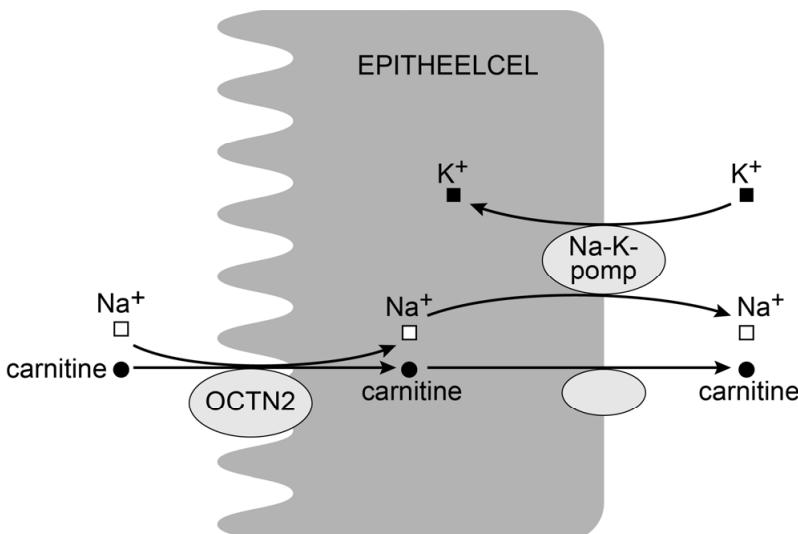
## Meldonium

In 2016 kwam het medicijn meldonium op de dopinglijst te staan. Een aantal sporters, onder wie tennissster Maria Sjarapova, werd betrapt op het gebruik van dit middel.

Meldonium is een medicijn dat gebruikt wordt bij hartaandoeningen waarbij de doorbloeding van de hartspier aangetast is. De werking van meldonium berust op de verlaging van de hoeveelheid carnitine in het lichaam. Carnitine is een klein organisch molecuul dat een rol speelt bij het transport van vetzuren de mitochondriën in, en bij het dissimilieren van vetzuren. Carnitine wordt door het lichaam aangemaakt, maar het merendeel krijgen we binnen door het eten van dierlijk voedsel. Meldonium remt zowel de synthese van carnitine als het transport van carnitine via transportenzymen.

Na het eten van dierlijk voedsel kan er al na twee uur carnitine worden teruggevonden in de urine. In afbeelding 1 is weergegeven hoe het transportenzym OCTN2 in de epitheliecelen van het nierbuisje reabsorptie van carnitine uit de voorurine bewerksteltigt. OCTN2 is een symporter: carnitine wordt alleen de cel in getransporteerd als er ook een  $\text{Na}^+$ -ion via OCTN2 de cel in stroomt. Dit transport verloopt passief: OCTN2 verbruikt geen ATP.

**afbeelding 1**



- 2p 1 Leg uit, aan de hand van afbeelding 1, dat reabsorptie van carnitine in de nieren toch ATP kost.

Tabel 1 toont de hoeveelheden bloedplasma en urine en de waarden van carnitine in bloedplasma, urine en skeletspierweefsel.

**tabel 1**

		hoeveelheid	carnitinewaarden
bloedplasma	mannen	3,4 L	50,6 µmol/L
	vrouwen	2,7 L	44,7 µmol/L
urine	mannen	1,7 L/dag	420 µmol/dag
	vrouwen	1,7 L/dag	266 µmol/dag
skeletspierweefsel	volwassenen		4,0 µmol/g

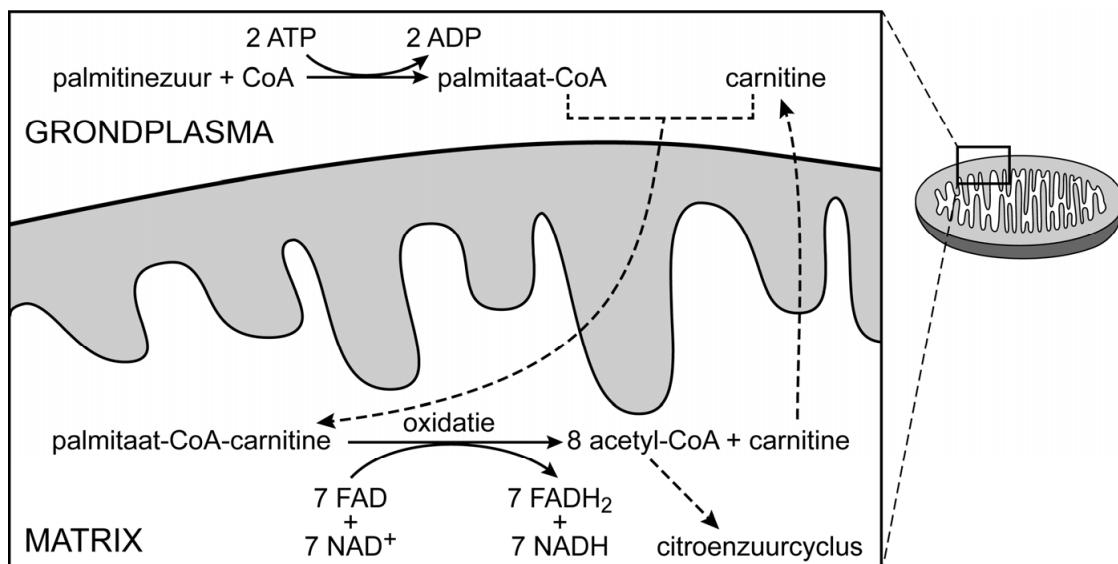
Naar aanleiding van afbeelding 1 en tabel 1 worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 Door het transport door de epithelcellen van de nierbuisjes wordt carnitine uitgescheiden.
- 2 Per dag wordt er meer carnitine uitgescheiden dan de hoeveelheid die gemiddeld in het bloedplasma aanwezig is.
- 3 Een vrouw van 65 kilogram met een skeletspierpercentage van 35% heeft in haar skeletspierweefsel een carnitinevoorraad van 91 µmol.

- 2p 2 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

Afbeelding 2 toont de dissimilatie en het transport van het vetzuur palmitinezuur en de rol van carnitine daarbij.

**afbeelding 2**



Ga ervan uit dat de oxidatie van NADH 3 ATP opbrengt, de oxidatie van FADH<sub>2</sub> 2 ATP opbrengt en dat elke GTP wordt omgezet in 1 ATP.

- 3p 3 Bereken hoeveel moleculen ATP de aerobe dissimilatie van 1 molecuul palmitinezuur dan netto oplevert. Noteer je berekening.

Doordat meldonium de opname van carnitine in skeletspiercellen en hartspiercellen remt, wordt de concentratie carnitine in deze spiercellen lager. Hierdoor gaan de spiercellen voornamelijk glucose gebruiken als brandstof. Dit is een deel van de verklaring voor het positieve effect van het medicijn bij vaatvernauwingen in de hartspier. Dissimilatie van glucose levert per zuurstofmolecuul namelijk meer ATP op dan dissimilatie van vetzuren.

- 1p **4** Verklaar dat de grotere ATP-opbrengst per zuurstofmolecuul ertoe leidt dat bij vaatvernauwing minder snel hartklachten ontstaan.

Bij gebruik van meldonium wordt ook een verhoogde productie van de stof PPAR $\alpha$  waargenomen in onder andere hartspiercellen.

PPAR $\alpha$  stimuleert de expressie van verschillende genen.

- 1p **5** Welke functie heeft PPAR $\alpha$ ?

- A die van operator
- B die van promotor
- C die van repressor
- D die van transcriptiefactor

PPAR $\alpha$  stimuleert onder andere de expressie van genen die de oxidatieve capaciteit vergroten: de mitochondriën kunnen 'harder werken'.

Tennis is een combinatie van duursport en krachtsport. Bij wedstrijden die wel vier uur kunnen duren speelt uithoudingsvermogen een grote rol. Bij de service en korte sprintjes speelt explosieve spierkracht een grote rol.

- 1p **6** Waarop zou het meldoniumgebruik van Maria Sjarapova een gunstig effect kunnen hebben gehad?

- A vooral op haar explosieve spierkracht
- B vooral op haar uithoudingsvermogen
- C ongeveer evenveel op haar explosieve spierkracht als op haar uithoudingsvermogen

## Zwart door springend gen

Het schoolvoorbeeld van natuurlijke selectie is de kleurverandering van de berkenspanner. Britse biologen hebben aangetoond dat de donkere kleur wordt veroorzaakt door een springend stukje DNA: een transposon.

De berkenspanner (*Biston betularia*) is een nachtvlinder die overdag rust op de zwart-witte stammen van berkenbomen. Door een mutatie ontstond in de negentiende eeuw in Engeland een zwarte variant van deze nachtvlinder. Toen tijdens de industriële revolutie de berkenstammen in industriegebieden volledig donker kleurden door roetaanslag, nam de frequentie van de zwarte vorm in deze gebieden sterk toe. De oorspronkelijke vorm wordt *typica* genoemd, de zwarte vorm *carbonaria* (afbeelding 1). De kleurverandering blijkt veroorzaakt te zijn door een specifieke mutatie in het cortex-gen, dat een rol speelt in de vleugelaanleg van de berkenspanner.

**afbeelding 1**



*Biston betularia f. typica*

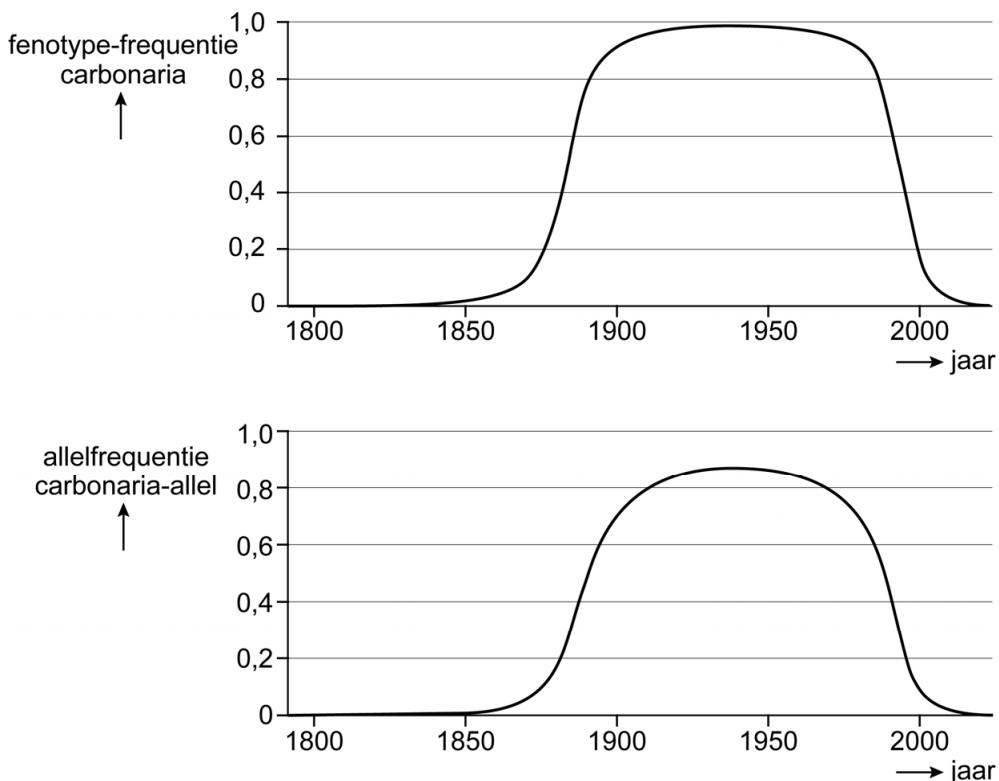


*Biston betularia f. carbonaria*

- 2p 7 Leg uit waardoor de frequentie van de carbonaria-vorm in de populatie sterk toenam in industriegebieden.

De veranderingen in de frequentie van het carbonaria-fenotype en het carbonaria-allel zijn weergegeven in afbeelding 2. De grafieken zijn het resultaat van simulaties op basis van enkele tellingen.

### afbeelding 2



Met de informatie uit afbeelding 2 en de aanname dat de regel van Hardy-Weinberg van toepassing is, is af te leiden of het carbonaria-allel dominant of recessief is.

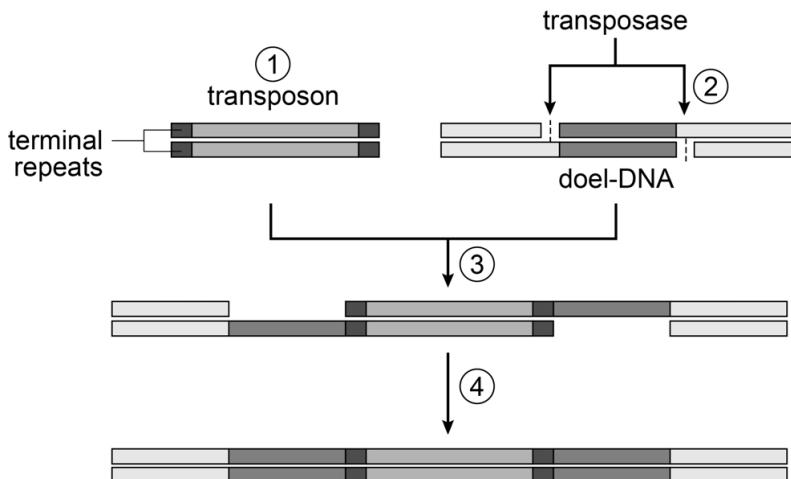
- 3p 8 – Bereken aan de hand van de allelfrequentie in 1900 wat de fenotypefrequentie van *carbonaria* zou zijn, ervan uitgaande dat het allel recessief is. Noteer je berekening en geef je antwoord in twee decimalen nauwkeurig.
- Bereken zo ook wat de fenotypefrequentie zou zijn, ervan uitgaande dat het allel dominant is.
- Licht toe, gebruikmakend van deze berekeningen en afbeelding 2, of het allel recessief of dominant is.

Uit de informatie is af te leiden dat het discutabel is dat er in 1900 sprake was van een hardy-weinberg-evenwicht in de populatie in de industriegebieden. Daarom zou de regel van Hardy-Weinberg eigenlijk niet toegepast mogen worden.

- 1p 9 Licht toe waardoor er in 1900 waarschijnlijk geen sprake was van een hardy-weinberg-evenwicht.

Een transposon of springend gen is een mobiel stukje dubbelstrengs DNA dat binnen het hele genoom van plaats kan veranderen. Dat gebeurt met behulp van het enzym transposase, dat de nucleotidesequentie uit de DNA-streng knipt en op een nieuwe plaats er weer in plakt. Een transposon bevat minimaal een stuk DNA waarin het transposase-gen aanwezig is. Aan elk uiteinde van het transposon bevindt zich een nucleotidesequentie met een aantal herhalingen (terminal repeats). Het verplaatsen van een transposon verloopt in een aantal stappen (afbeelding 3).

### afbeelding 3



- 1 Door de werking van het enzym transposase is het transposon losgemaakt uit de oorspronkelijke plaats.
- 2 Transposase knipt het doel-DNA open.
- 3 Transposase plaatst het transposon in het doel-DNA, waarbij aan weerszijden enkelstrengs DNA overblijft.
- 4 De DNA-keten wordt weer volledig dubbelstrengs gemaakt.

Het cortex-gen blijkt door een transposon veranderd te zijn.

- 1p 10 Welk type mutatie wordt in stap 3 weergegeven?
- A een deletie
  - B een genoommutatie
  - C een insertie
  - D een puntmutatie

Door het vermogen om gedeeltes van het DNA over chromosomen te verplaatsen, zijn de transposons een belangrijke bron van genetische variatie. Ook crossing-over veroorzaakt genetische variatie.

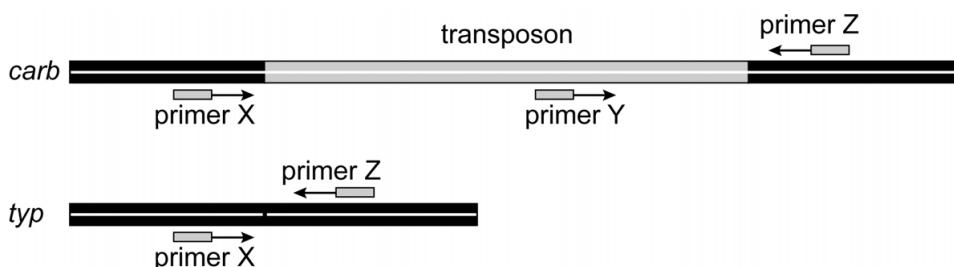
Over beide bronnen van genetische variatie worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 Beide vinden vooral plaats tijdens mitose.
- 2 Bij beide verandert een deel van een nucleotideketen van plaats.
- 3 Bij beide vindt uitwisseling van informatie alleen plaats tussen twee homologe chromosomen.

2p 11 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

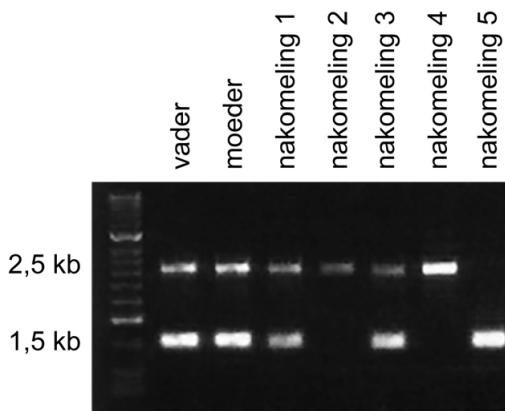
Met behulp van PCR en gel-elektroforese hebben de onderzoekers de aanwezigheid of afwezigheid van het transposon dat verantwoordelijk is voor het carbonaria-fenotype vastgesteld bij een familie berkenspanners. Bij de PCR is gebruikgemaakt van de drie primers X, Y en Z. In afbeelding 4 is schematisch weergegeven hoe hetallel waarin het transposon is ingevoegd (*carb*) en het oorspronkelijke allel zonder dit transposon (*typ*), zijn opgebouwd. Met pijlen is de richting van de replicatie aan de primers weergegeven.

#### afbeelding 4



Bij gel-elektoforese worden de DNA-fragmenten gescheiden die met behulp van PCR zijn gevormd. Het resultaat is weergegeven in afbeelding 5. De eenheid kb (kilobase) is een maat voor de lengte van een DNA-fragment.

### afbeelding 5



De onderzoekers geven aan dat de primers X en Z bij het *carb*-allel te ver van elkaar verwijderd zijn om een DNA-fragment op te leveren. De DNA-fragmenten die wel worden gevormd, zijn zichtbaar als oplichtende bandjes na gel-elektoforese.

- 2p 12 Wat zijn de genotypen van beide ouders en van nakomeling 4?

beide ouders	nakomeling 4
A carb carb	carb carb
B carb carb	typ typ
C carb typ	carb carb
D carb typ	typ typ
E typ typ	carb carb
F typ typ	typ typ

In afbeelding 2 is te zien dat de frequentie van het carbonaria-fenotype in de populatie sterk is afgenomen tussen 1980 en 1990. De totale populatie berkenspanners is ongeveer gelijk gebleven.

Drie gegevens zijn:

- 1 De luchtverontreiniging is tussen 1980 en 1990 verminderd.
- 2 Het transposon kan uit het cortex-gen 'springen'.
- 3 Tussen 1980 en 1990 is het aantal berkenbomen afgangen.

- 2p 13 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende gegeven de grote afname in fenotyperfrequentie **wel** of **niet** kan verklaren.

## Fosfietbemesting in strijd tegen onkruid

Sinds het ontstaan van de landbouw strijden boeren tegen onkruid: planten die zonlicht, voedingsstoffen en water ‘wegkappen’ van de geteelde gewassen. Naast de bekende methoden van onkruidbestrijding is er nu een nieuwe methode ontwikkeld: uithongeren.

De soorten die door landbouwers als onkruid worden gezien zijn voornamelijk pioniersoorten. Door bepaalde eigenschappen van pioniersoorten komen deze soorten veel voor op akkers.

- 1p 14 Noteer zo’n kenmerkende eigenschap van pioniersoorten en licht toe dat een pioniersoort door deze eigenschap veel kan vóórkommen op akkers.

In de reguliere landbouw is het toedienen van herbiciden (onkruidbestrijdingsmiddelen) de meest gebruikte methode om groei van onkruid tegen te gaan. Herbiciden worden ingedeeld op hun werking. Zo zijn er bijvoorbeeld fotosysteem-II-remmers (PSII-remmers).

PSII-remmers versturen de lichtreactie doordat het elektronentransport in fotosysteem II wordt geblokkeerd.

Drie beweringen over fotosysteem II zijn:

- 1 Fotosysteem II bevindt zich op het buitenmembraan van chloroplasten.
- 2 Een blokkade van het elektronentransport in fotosysteem II leidt tot een verminderde splitsing van water.
- 3 Een remming van fotosysteem II zal leiden tot een remming van de donkerreactie.

- 2p 15 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

Er zijn ook herbiciden die het enzym EPSPS remmen. Een plant heeft dit enzym nodig om aromatische aminozuren te synthetiseren. Het biotechnologisch bedrijf Monsanto introduceerde de EPSPS-remmer glyfosaat onder de naam Roundup. Gebruik van dit middel is toegenomen nadat Monsanto genetisch gemodificeerde landbougewassen op de markt bracht waarin resistentie tegen glyfosaat was ingebouwd.

In planten zonder glyfosaat-resistentie zorgt glyfosaat voor een remming van bijna alle stofwisselingsprocessen.

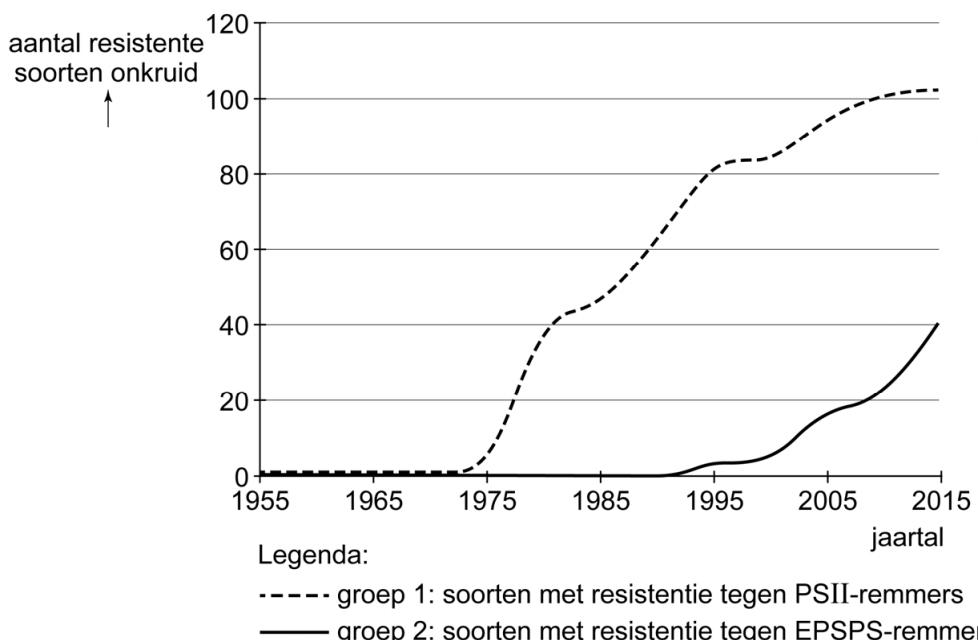
- 1p 16 Verklaar deze remming.

Glyfosaat is schadelijk voor organismen die in water leven. De concentratie glyfosaat die aanwezig is in het oppervlaktewater, is echter laag. Uit een onderzoek blijkt dat de halveringstijd van glyfosaat in het aquatisch milieu 7 tot 14 dagen is.

- 1p 17 Licht toe of deze informatie erop wijst dat glyfosaat een persistent bestrijdingsmiddel is.

Gebruik van pesticiden leidt – als gevolg van evolutie – tot ontwikkeling van resistentie bij onkruidsoorten. In het diagram in afbeelding 1 is de ontwikkeling van resistentie tegen de beschreven herbiciden bij onkruidsoorten in de VS weergegeven.

**afbeelding 1**



In afbeelding 1 is te zien dat steeds meer onkruidsoorten resistentie hebben ontwikkeld tegen een van beide typen herbiciden. De resistenties bij verschillende soorten binnen één groep zijn een voorbeeld van analogie.

- 1p 18 Licht dit toe.

Om het resistentieprobleem te omzeilen hebben wetenschappers gezocht naar een andere aanpak om onkruid te bestrijden. Voor de assimilatie van fosforhoudende organische stoffen kunnen planten alleen fosfaat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) gebruiken. Deze stof is een van de hoofdbestanddelen van kunstmest. Fosfor in de vorm van fosfiet ( $\text{PO}_3^{3-}$ ) kan door plantencellen wel worden opgenomen via de fosfaat-transportenzymen, maar kan niet worden gebruikt voor assimilatieprocessen. Als een landbouwgewas zo kan worden aangepast dat het gewas fosfiet wel kan benutten, zou het een groot voordeel hebben ten opzichte van onkruid.

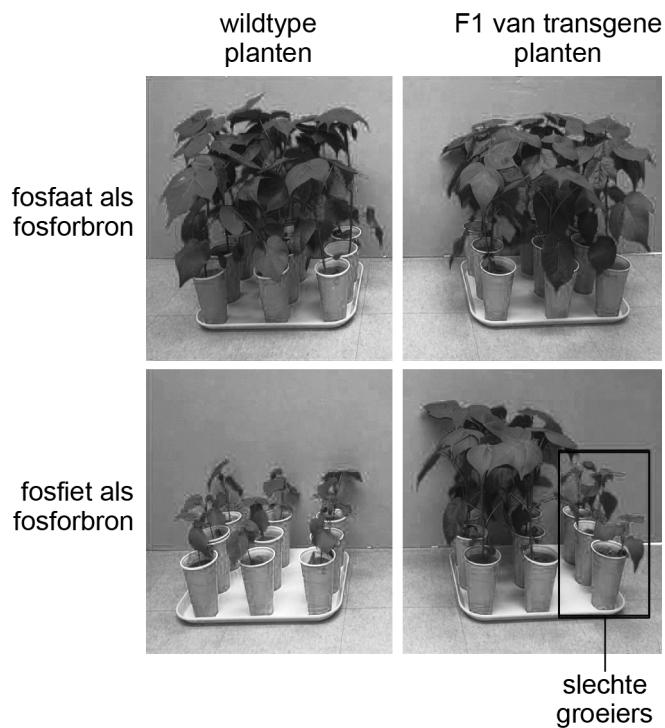
Enkele organische stoffen zijn:

- 1 chlorofyl
- 2 NADH
- 3 RNA

- 2p 19 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende stof **wel** of **geen** fosfor bevat.

Amerikaanse onderzoekers zijn erin geslaagd het bacteriële ptxD-gen in te bouwen in een chromosoom van katoenplanten (*Gossypium sp.*). Dit gen codeert voor een enzym dat de oxidatie van fosfiet tot fosfaat katalyseert. Transgene planten, waarin de expressie van het ptxD-gen was vastgesteld, werden onderling gekruist. De zaden uit deze kruisingen werden na kieming opgekweekt. Een gedeelte kreeg hierbij fosfaat als fosforbron, een ander gedeelte kreeg fosfiet. Als controle werden wildtype katoenplanten op dezelfde manier gekweekt. Uit de resultaten (afbeelding 2) werd duidelijk dat door het inbrengen van het ptxD-gen de planten fosfiet als fosforbron konden gebruiken.

## afbeelding 2

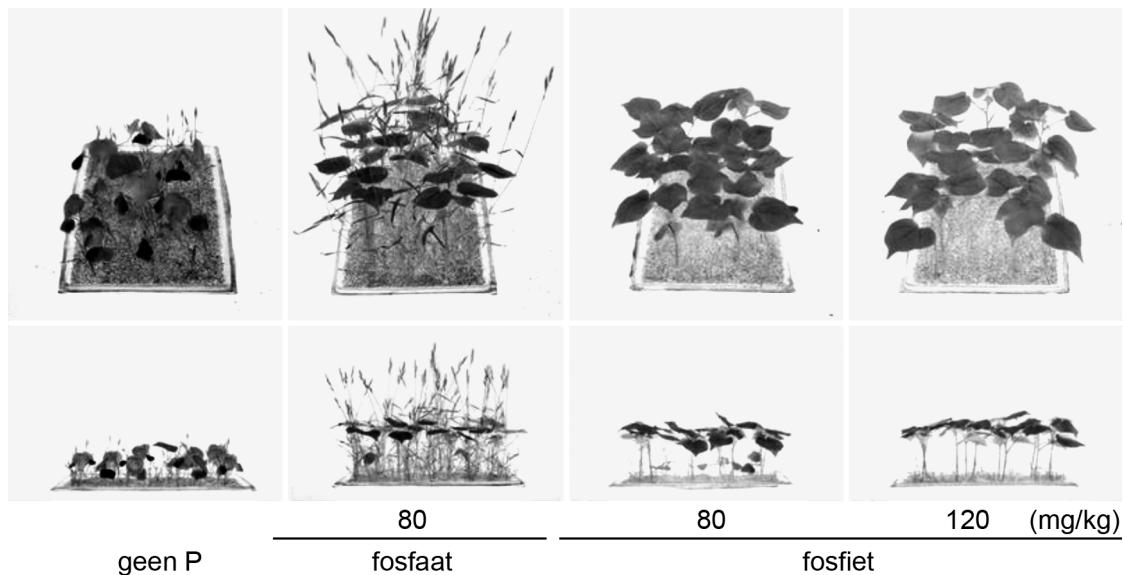


In de F1 van de transgene planten met fosfiet als fosforbron, komt een groep slechte groeiers voor.

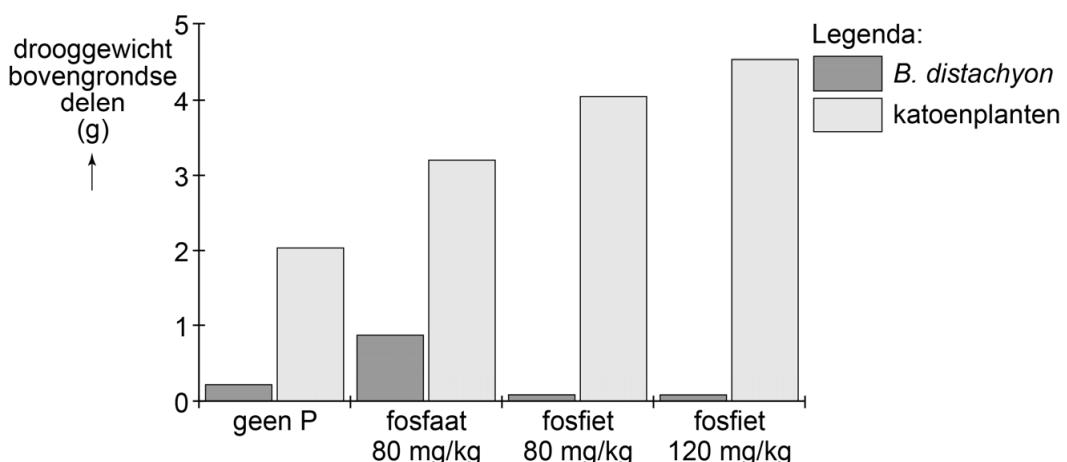
- 2p 20 Leg uit hoe het komt dat er in de F1 een groep slechte groeiers is.

In een vervolgexperiment werden zaden van transgene katoenplanten ingezaaid, samen met zaden van het grasachtige onkruid *Brachypodium distachyon*. De planten werden opgekweekt in een proefopstelling met een bodem zonder fosforbron, in een proefopstelling met een bodem met fosfaat, en in twee proefopstellingen met bodems met verschillende hoeveelheden fosfiet. In afbeelding 3 zijn de planten te zien na zes weken (gezien vanaf schuin-boven en vanaf de zijkant). In afbeelding 4 is het totale drooggewicht na zes weken van de bovengrondse delen van drie representatieve planten uit elke proefopstelling weergegeven.

**afbeelding 3**



**afbeelding 4**



Een milligram fosfiet bevat meer fosfor dan een milligram fosfaat, maar dit is niet voldoende om het verschil in groei van de transgene katoenplanten op de proefopstellingen met fosfaat (80 mg/kg) en fosfiet (80 mg/kg) te verklaren.

- 2p 21 – Geef de oorzaak van het verschil in nettoproductie van *B. distachyon* in deze twee proefopstellingen.  
– Geef de voornaamste oorzaak van het verschil in nettoproductie van de transgene katoenplanten in deze twee proefopstellingen.

Om fosfiet in de akkerbouw toe te passen als effectieve onkruidbestrijdingsmethode zal de bemesting moeten worden aangepast. Na de oogst moet met fosfiet bemest worden en moet de stikstofvoorraad worden aangevuld.

Twee manieren om de stikstofvoorraad aan te vullen zijn:

- drijfmest (urine en uitwerpselen van vee) uitrijden
- groenbemesting toepassen door er vlinderbloemigen te laten groeien die in symbiose leven met knolletjesbacteriën, en die vervolgens onder te ploegen

2p **22** Beredeneer dat:

- drijfmest niet geschikt is als aanvulling op fosfietbemesting in de strijd tegen onkruid.
- groenbemesting niet toepasbaar is.

Als gevolg van kunstmestgebruik in de landbouw komt veel fosfaat in het oppervlaktewater, wat leidt tot algenbloei.

1p **23** Beargumenteer of algenbloei zal optreden bij gebruik van fosfiet in plaats van fosfaat.

## Domesticatiesyndroom

Het was Charles Darwin al opgevallen dat onze huisdieren een verzameling eigenschappen vertonen die je niet ziet bij hun wilde verwanten. Dit wordt het domesticatiesyndroom genoemd. Een internationale groep evolutiebiologen denkt hiervoor de verklaring te hebben gevonden.

Domesticatie is het proces waarmee de mens door selecteren en kruisen de eigenschappen van dieren heeft veranderd, zodat deze dieren steeds geschikter zijn voor het leven dicht bij en in dienst van de mens.

Gedomesticeerde dieren (huisdieren) zijn tam: zij hebben geen angstige of agressieve reacties op hun menselijke verzorgers. Gedomesticeerde dieren delen echter ook eigenschappen waar in eerste instantie niet op geselecteerd was. Ze hebben vaak witte vlekken in de vacht (afbeelding 1), kleine tanden, een korte snuit, hangoren en/of een krulstaart; eigenschappen die hun wilde soortgenoten niet hebben.

### afbeelding 1



Darwin veronderstelde dat het domesticatiesyndroom verband houdt met de milde abiotische omstandigheden en de ruime voedselvoorziening van huisdieren.

Uit Darwins veronderstelling volgt de verwachting dat nakomelingen van ontsnapte huisdieren hun typische witte vlekken binnen enkele generaties in het wild weer zullen verliezen. Om te weten te komen of dit echt zo is, zouden de eigenschappen van nakomelingen van ontsnapte huisdieren onderzocht moeten worden. Dit is lastig, want huisdieren die ontsnappen en verder leven in het wild komen maar weinig voor.

Andere problemen van zo'n onderzoek zouden zijn:

- 1 Ontsnapte huisdieren kunnen ook paren en nakomelingen krijgen met wilde soortgenoten.
  - 2 Er zullen maar weinig nakomelingen van ontsnapte huisdieren teruggevonden worden.
  - 3 Dieren met witte vlekken vallen eerder ten prooi aan predatoren.  
Goed onderzoek is betrouwbaar en valide.
- 2p 24 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende probleem invloed heeft op de **betrouwbaarheid** of op de **validiteit** van zo'n onderzoek.

Het domesticatiesyndroom creëren is relatief eenvoudig. Dit is aangetoond bij vossen. Uit de wilde populatie kunnen binnen vijftien generaties tamme vossen met witte vlekken in de vacht gefokt worden door steeds de tamste dieren te selecteren om te kruisen.

Het domesticatiesyndroom verklaren is echter niet eenvoudig. Voor de genetische oorsprong van het domesticatiesyndroom zijn er drie mogelijke verklaringen:

- 1 Het domesticatiesyndroom komt tot uiting als er een combinatie van recessieve allelen van een aantal verschillende genen aanwezig is.
- 2 Het domesticatiesyndroom komt tot uiting als er een combinatie van (onvolledig) dominante allelen van een aantal verschillende genen aanwezig is.
- 3 Het domesticatiesyndroom wordt bepaald door een mutatie van een enkel gen.

Eukaryote genomen muteren naar schatting met een snelheid van ongeveer  $1 \times 10^{-6}$  mutaties per gen per generatie. Deze mutatiesnelheid in combinatie met de bevinding bij vossen, maakt verklaring 3 niet aannemelijk.

- 1p 25 Licht toe dat verklaring 3 hierdoor niet aannemelijk is.

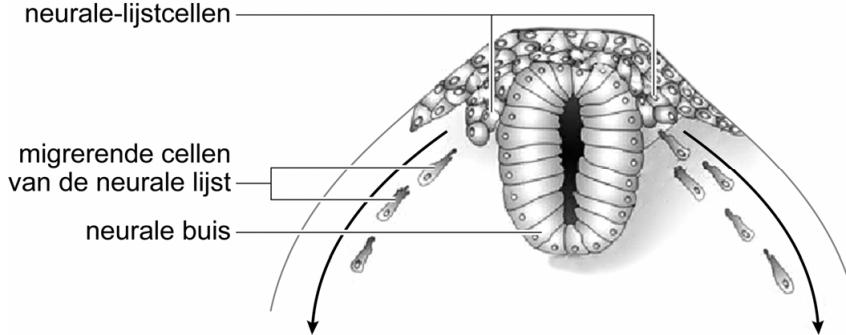
Stel dat je tamme vossen met het domesticatiesyndroom kruist met niet-tamme vossen uit een wilde populatie en dat de eerste generatie nakomelingen alle het domesticatiesyndroom hebben.

- 1p 26 Licht toe of verklaring 1 of verklaring 2 dan het meest aannemelijk is als verklaring voor het domesticatiesyndroom.

De evolutiebiologen veronderstellen dat het domesticatiesyndroom bij verschillende zoogdiersoorten dezelfde oorzaak heeft, namelijk de manier waarop de neurale-lijstcellen zich ontwikkelen. Vroeg in de embryonale ontwikkeling van zoogdieren ontstaat de neurale buis. Deze buis bevindt zich aan de rugzijde en zal later in de ontwikkeling uitgroeien tot het centraal zenuwstelsel. Aan weerszijden van deze buis ontstaat een groep neurale-lijstcellen (afbeelding 2). Deze cellen migreren naar andere plaatsen in het embryo. Daar groeien ze uit tot verschillende weefsels en beïnvloeden ze de ontwikkeling van naburige weefsels.

### afbeelding 2

neurale-lijstcellen



Er wordt verondersteld dat bij gedomesticeerde dieren het aantal neurale-lijstcellen en de migratie ervan anders zijn dan bij wilde soortgenoten.

Neurale-lijstcellen behoren tot de multipotente stamcellen. Multipotente stamcellen zijn verder gedifferentieerd dan pluripotente stamcellen.

Drie beweringen over multipotente stamcellen in het algemeen zijn:

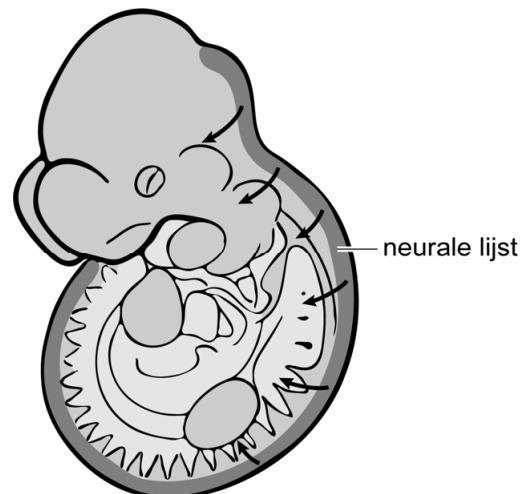
- 1 Multipotente stamcellen ontstaan bij de klevingsdelingen.
  - 2 Multipotente stamcellen kunnen differentiëren tot omnipotente (totipotente) stamcellen.
  - 3 Multipotente stamcellen kunnen nieuwe multipotente stamcellen vormen.
- 2p 27 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

De evolutiebiologen veronderstellen dat we, door te selecteren op tam gedrag bij het fokken van onze huisdieren, onbewust hebben geselecteerd op dieren met minder neurale-lijstcellen op de plaats van bestemming.

In afbeelding 3 is met pijlen weergegeven wat de routes zijn van de migrerende neurale-lijstcellen in een embryo. Enkele celtypen die uit neurale-lijstcellen ontstaan, zijn:

- beencellen
- kraakbeencellen
- tandbeenvormende cellen
- cellen van de bijnier
- bepaalde neuronen
- pigmentcellen

**afbeelding 3**



De neurale-lijstceltheorie van de evolutiebiologen biedt een verklaring voor het verband tussen de afwijkende fysiologie (via zenuwstelsel en bijnierhormonen) en de afwijkende uiterlijke kenmerken van onze huisdieren (pigmentatie en vorm van oren, staart, schedel en tanden).

- 1p **28** Verklaar met de neurale-lijstceltheorie waardoor witte vlekken bij huisdieren vooral voorkomen op plekken als de snuit, de staartpunt, de buik en de poten.

Bij veel gedomesticeerde dieren ontbreekt de 'stressrespons' (de fysiologische reactie op een stressprikkel) bij contact met mensen vrijwel geheel. De stressrespons bestaat uit een snelle respons en een langzamere respons.

De snelle respons leidt tot de afgifte van een hormoon onder invloed van het autonome zenuwstelsel.

- 2p **29** – Noteer de naam van dit hormoon.  
– Noteer de naam van het deel van het autonome zenuwstelsel dat de afgifte van dit hormoon stimuleert.

De langzamere respons leidt tot de afgifte van het hormoon cortisol. De afgifte hiervan gebeurt onder invloed van de hypothalamus en de hypofyse.

- 2p **30** – Noteer de naam van het hormoon dat door de hypothalamus wordt afgegeven om uiteindelijk de afgifte van cortisol te stimuleren.  
– Verklaar waardoor bij de stressrespons de afgifte van cortisol langzamer op gang komt dan de afgifte van het hormoon van de snelle respons.

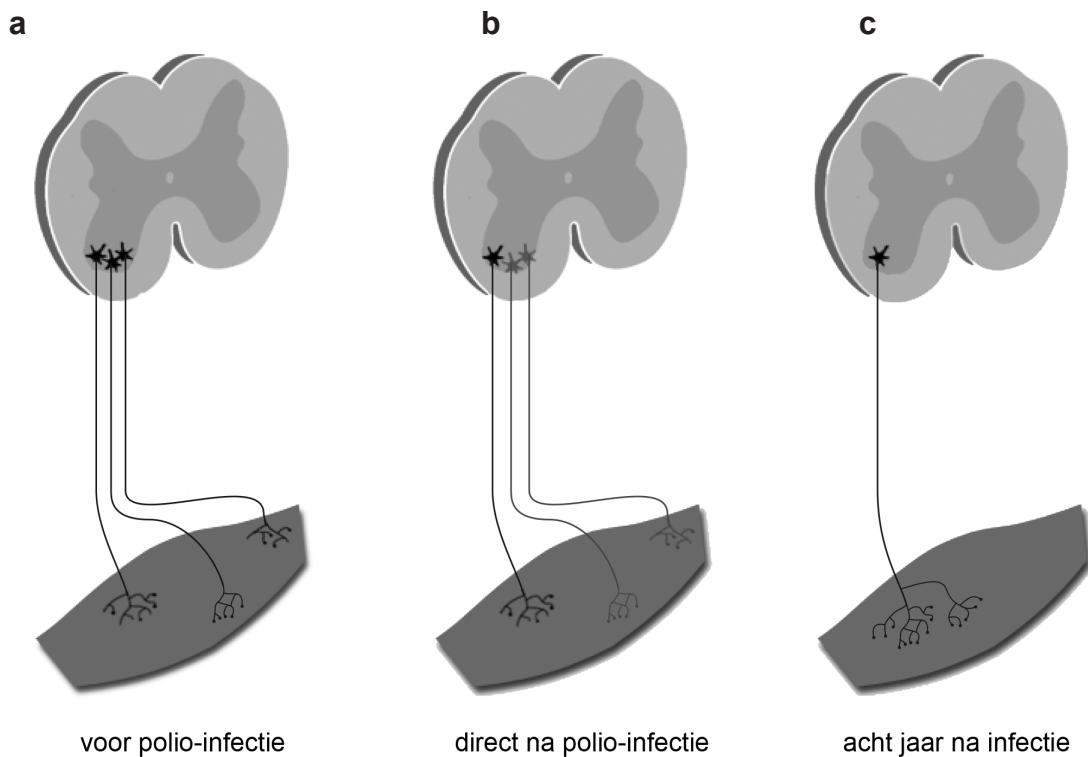
## Planten maken nieuw poliovaccin

Polio of kinderverlamming is een infectieziekte die wordt veroorzaakt door het poliovirus. Al in 1988 is de WHO (World Health Organization) een campagne gestart om het poliovirus wereldwijd uit te roeien, maar nog steeds is dit doel niet gehaald. Productie van een goedkoop poliovaccin met behulp van planten kan mogelijk het laatste zetje geven.

Besmetting met het poliovirus vindt vooral plaats via water of voedsel dat met ontlasting besmet is. Hierna vermenigvuldigt het virus zich in de cellen van de darmwand, waarna het wekenlang in de ontlasting aangetroffen kan worden. Meestal treedt een lokale immuunrespons op zodat geen of slechts griepachtige verschijnselen optreden. In één tot twee procent van de gevallen gebeurt dit niet en bereikt het virus via het lymfestelsel het centraal zenuwstelsel waar het vervolgens het ruggenmerg en/of de hersenstam aantast.

In afbeelding 1a zijn gezond ruggenmerg, neuronen en een spier te zien; in 1b en 1c de gevolgen na aantasting van het ruggenmerg door een polio-infectie.

**afbeelding 1**



- De weergegeven neuronen in afbeelding 1 zijn motorische neuronen.
- 2p **31** – Beschrijf waaraan je kan zien dat de neuronen geen schakelneuronen zijn.  
– Beschrijf waaraan je kan zien dat de neuronen geen sensorische neuronen zijn.

- Acht jaar na de polio-infectie is de spierfunctie weer gedeeltelijk hersteld.
- 1p **32** Verklaar dit aan de hand van afbeelding 1.

Een polio-infectie kan effect hebben op het autonome zenuwstelsel en op het animale zenuwstelsel.

Enkele effecten van polio zijn:

- 1 lage bloeddruk
- 2 versnelde darmperistaltiek
- 3 aantasting van de kniepeesreflex
- 4 moeite met hoesten

- 2p **33** Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende effect **wel** of **niet** het gevolg kan zijn van aantasting van het animale zenuwstelsel.

Het poliovirus infecteert alleen een bepaald type neuronen.

- 2p **34** Wat is hiervoor een mogelijke verklaring?
- A Alleen in deze neuronen is het gen voor de receptor waaraan het poliovirus hecht aanwezig.
- B Alleen in deze neuronen vindt expressie plaats van de genen voor de enzymen voor vermenigvuldiging van het poliovirus.
- C Alleen in deze neuronen vindt expressie plaats van het gen voor de receptor waaraan het poliovirus hecht.
- D Alleen in deze neuronen zijn de genen voor de enzymen voor vermenigvuldiging van het poliovirus aanwezig.

Polio kan leiden tot verlamming van deademhalingsspieren. In de vorige eeuw werden poliopatiënten die niet meer zelfstandig konden ademen in een 'ijzeren long' geplaatst. Dit is een luchtdichte stalen buis met een isolatie-ring rond de nek van de patiënt (afbeelding 2). Door de luchtdruk in de buis te regelen kan de werking van deademhalingsspieren worden overgenomen.

### afbeelding 2



Door polio kunnen de middenrifspieren verlamd raken.

- 2p 35 Moet de borstholtte worden vergroot of verkleind om werking van de middenrifspieren na te bootsen? En moet de druk in de ijzeren long daarvoor worden verhoogd of verlaagd?

borstholtte moet worden

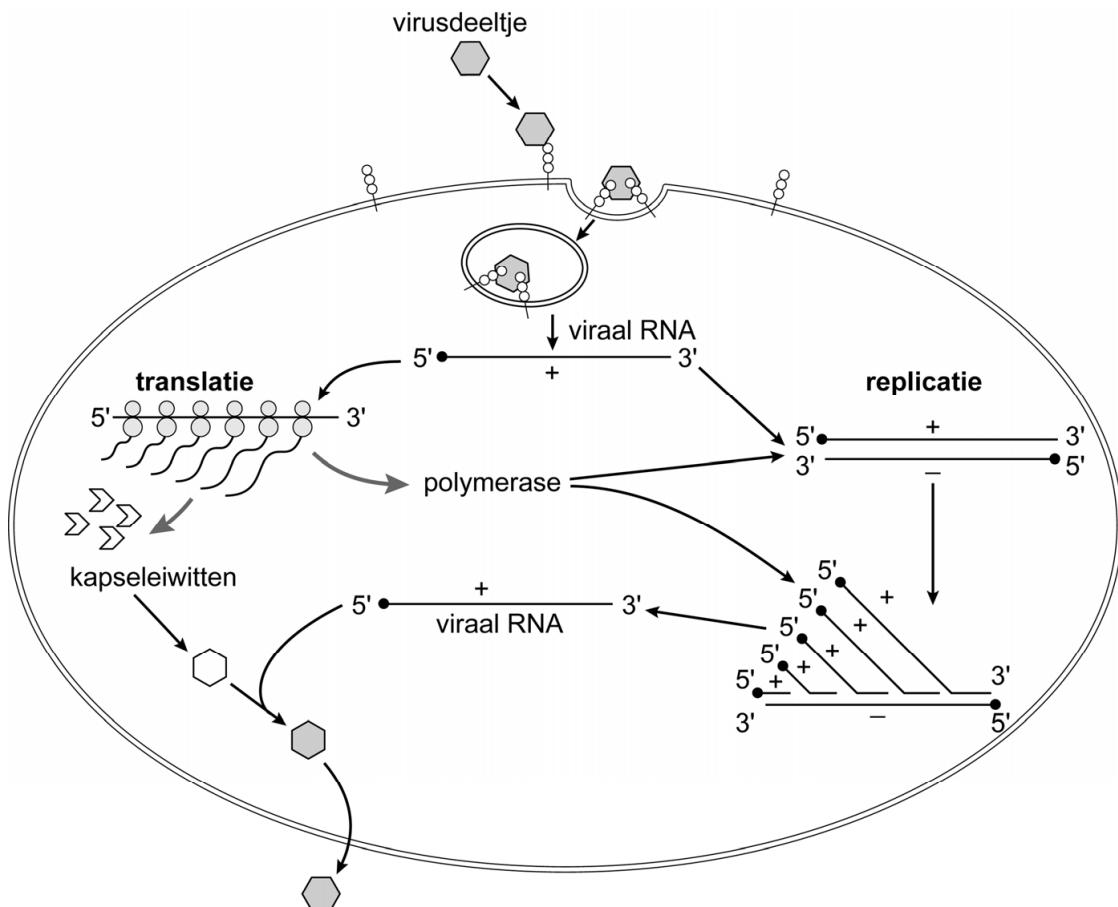
druk in ijzeren long moet worden

- |             |          |
|-------------|----------|
| A vergroot  | verhoogd |
| B vergroot  | verlaagd |
| C verkleind | verhoogd |
| D verkleind | verlaagd |

Het poliovirus is een enkelstrengs positief-sense RNA-virus. Positief-sense (+) betekent dat de enkele streng RNA de coderende basenvolgorde bevat. Na aankomst in de darmen wordt het virus vermenigvuldigd in darmwandcellen.

De vermenigvuldiging van het poliovirus is weergegeven in afbeelding 3.

### afbeelding 3



Over de vermenigvuldiging van het poliovirus worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 Het poliovirus wordt in de cel opgenomen door middel van endocytose.
  - 2 De polymerase die ontstaat na translatie is een RNA-polymerase.
  - 3 Als matrijs van nieuw viraal RNA wordt positief-sense RNA gebruikt.
- 2p 36 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

Tot nu toe is slechts één veroorzaker van een menselijke infectieziekte uitgeroeid, namelijk het pokkenvirus. Ook het poliovirus is mogelijk uit te roeien omdat de mens de enige gastheer is. Het uitblijven van waarneembare verschijnselen bij een polio-infectie maakt het uitroeiën van polio echter moeilijker.

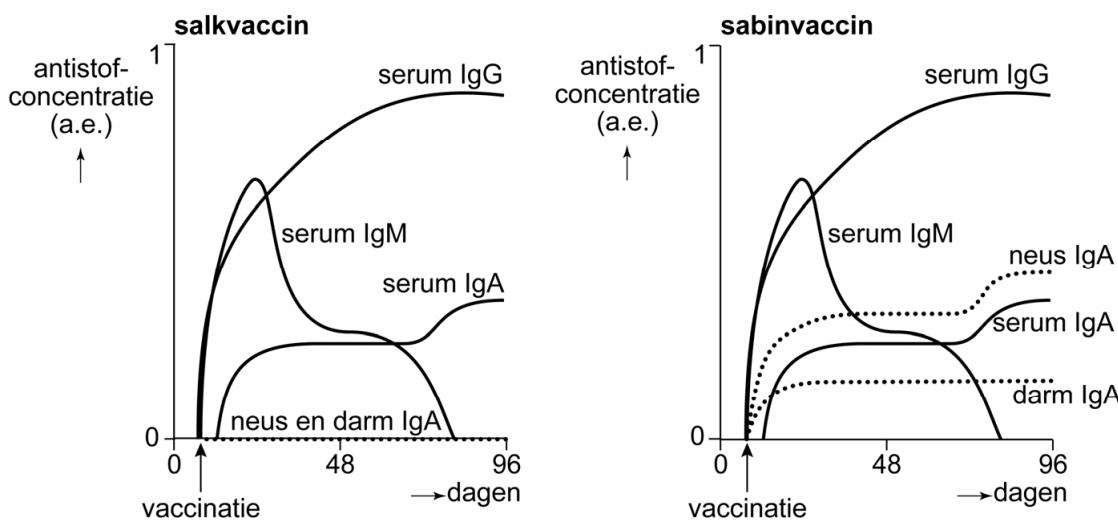
- 1p 37 Beredeneer dat het uitblijven van waarneembare verschijnselen het uitroeiën van polio moeilijker maakt.

Door vaccinatiecampagnes is het aantal gevallen van polio sinds 1988 met 98% afgenoem. Toch worden elk jaar nog steeds tientallen ziektegevallen waargenomen.

Wereldwijd worden twee vaccins gebruikt: het salkvaccin en het sabinvaccin. Het salkvaccin wordt in een spier geïnjecteerd en bevat 'dode' virussen die geen cellen kunnen binnendringen, maar wel een immuunrespons kunnen oproepen. Het sabinvaccin wordt via de mond (op een suikerklontje) toegediend en bevat 'levende' verzwakte virussen die nog wel in geringe mate vermenigvuldigd kunnen worden, maar niet meer ziekteverwekkend zijn.

In afbeelding 4 is de concentratie immunoglobulinen na vaccinatie met het salkvaccin en na vaccinatie met het sabinvaccin weergegeven. De eenheden op de y-assen zijn hetzelfde (arbitraire eenheid).

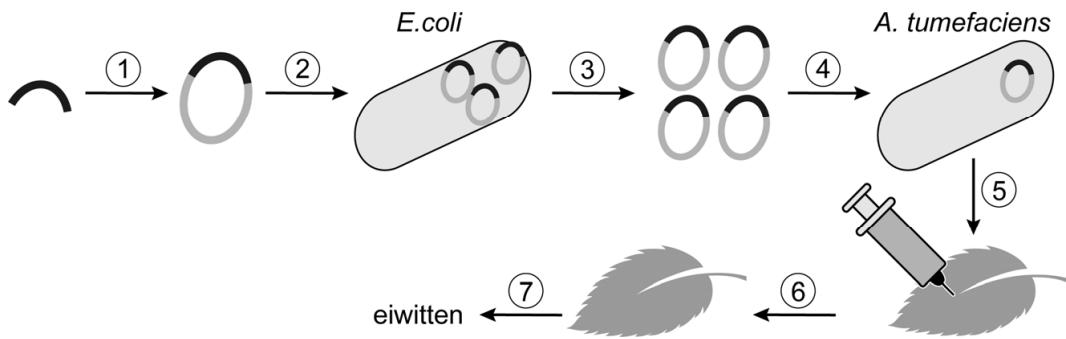
**afbeelding 4**



- 2p 38 Welke conclusie over de immuunrespons na vaccinatie met het salkvaccin en na vaccinatie met het sabinvaccin is af te leiden uit de gegevens in afbeelding 4?
- A Alleen na vaccinatie met het salkvaccin is virusoverdracht via neus en mond niet meer mogelijk.
  - B Na vaccinatie met het sabinvaccin ontstaat sterkere immuniteit van de slijmvliezen dan na vaccinatie met het salkvaccin.
  - C Vaccinatie met het salkvaccin en vaccinatie met het sabinvaccin veroorzaken dezelfde activiteit van B-lymfocyten.

Doordat het sabinvaccin verzwakte ‘levende’ virussen bevat, is uitroeiing van polio met behulp van dit vaccin niet mogelijk. Er moeten daarom nieuwe vaccins worden ontwikkeld die goed, goedkoop en veilig zijn. Onderzoekers in Norwich (VK) hebben transgene planten ontwikkeld die eiwitten produceren die op poliovirusdeeltjes lijken. Dit zijn VLP’s (virus-like particles). Deze VLP’s roepen wel dezelfde immuunrespons op als het poliovirus, maar bevatten geen genetisch materiaal van dat virus. De productie van VLP’s is schematisch weergegeven in afbeelding 5.

### afbeelding 5



- 1 inbrengen van het gen in een plasmide
- 2 inbrengen van de plasmide en vermenigvuldiging ervan in de bacterie *Escherichia coli*
- 3 isoleren van de plasmiden uit *E. coli*
- 4 inbrengen van de plasmiden in de bacterie *Agrobacterium tumefaciens*
- 5 besmetting van planten met gemodificeerde *A. tumefaciens*
- 6 expressie van het gen in planten
- 7 extractie en zuivering van de geproduceerde eiwitten

In stap 1 wordt het gen dat nodig is voor de immuunrespons, ingebracht in een plasmide uit *E. coli*.

1p 39 Waarvoor moet dit gen coderen?

- A voor een antistof
- B voor een eiwitfragment van het viruskapsel
- C voor een receptoreiwit van de gastheercel
- D voor een virale polymerase

De vaccins met de VLP’s zouden oraal of door injectie toegediend kunnen worden. Voordeel van injectie is dat de VLP’s zeker het inwendig milieu bereiken. Wanneer de VLP’s oraal toegediend worden, bijvoorbeeld op een suikerklontje, is dat onzeker.

Enkele factoren in het spijsverteringskanaal zijn:

- 1 lage pH
- 2 aanwezigheid van lipase
- 3 aanwezigheid van trypsine

2p 40 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende factor **wel** of **niet** van invloed zal zijn op de werkzaamheid van oraal toegediende VLP’s.

#### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.