

Examen VWO

**2023**

tijdvak 1  
donderdag 25 mei  
13.30 - 16.30 uur

**biologie**

Dit examen bestaat uit 39 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 64 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.

## Maarten van der Weijden zwemt de Elfstedentocht

In 2018 deed olympisch zwemkampioen Maarten van der Weijden zijn eerste poging om de 200 kilometer lange Elfstedentocht te zwemmen om geld in te zamelen voor onderzoek naar de behandeling van kanker (afbeelding 1). Deze poging slaagde niet, maar een jaar later lukte het wel.

afbeelding 1



Gedurende een intensieve trainingsperiode heeft Maarten zijn lichaam voorbereid op deze uitzonderlijke inspanning. Door de training is zijn maximale zuurstofopname vergroot. Dit is op weefselniveau te verklaren doordat de concentratie van rode bloedcellen in het bloed verhoogd is. Ook op andere organisatieniveaus zijn als gevolg van training veranderingen opgetreden die leiden tot een vergroting van de maximale zuurstofopname uit de lucht.

1p 1 Noteer zo'n verandering op orgaanniveau.

Door de training is ook het aantal haarvaten in Maartens skeletspieren toegenomen. Hierdoor kan in de skeletspieren meer aerobe dissimilatie plaatsvinden.

2p 2 Leg dit uit aan de hand van de wet van Fick.

Spiervezels kunnen worden ingedeeld op type. In tabel 1 staan enkele eigenschappen van twee typen spiervezels.

tabel 1

	type I-spiervezels	type II-spiervezels
aantal mitochondriën	groot	klein
voorraad glycogeen	groot	klein
myoglobinegehalte	hoog	laag
dichtheid myofibrillen	laag	hoog

- 2p 3 Type I-spiervezels zijn voor Maarten essentieel bij zijn zwemprestaties. Kies **twee** eigenschappen van type I-spiervezels uit tabel 1 en licht voor elke eigenschap toe waardoor deze functioneel is voor Maarten bij zijn Elfstedentocht.

Tijdens de Elfstedentocht zwom Maarten op een rustig tempo om het risico op de ophoping van melkzuur in de spieren zo laag mogelijk te houden.

Stofwisselingsprocessen waarbij ATP wordt gevormd zijn:

- 1 glycolyse
- 2 citroenzuurcyclus
- 3 oxidatieve fosforylering

- 2p 4 Van welke situatie is sprake bij ophoping van melkzuur in spiercellen?
- A Proces 1 vindt meer plaats dan 2 en 3.
  - B Processen 1 en 2 vinden meer plaats dan 3.
  - C Proces 2 vindt meer plaats dan 1 en 3.
  - D Processen 2 en 3 vinden meer plaats dan 1.
  - E Proces 3 vindt meer plaats dan 1 en 2.

Halverwege zijn eerste Elfstedentocht was Maarten het dieet van koolhydraatrijke energierepen en sportsnacks even zat. Door een oproepje via sociale media kon hij binnen een half uur van een pizza genieten. Een pizza bevat veel vet (triglyceriden) en koolhydraten (zetmeel).

Over het verschil tussen vertering van triglyceriden en van zetmeel worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De vertering van zetmeel start eerder in het spijsverteringsstelsel.
- 2 Voor de vertering tot opneembare producten zijn bij zetmeel minder verschillende enzymen nodig.
- 3 Een deel van de opgenomen verteringsproducten van triglyceriden wordt via een andere route naar het bloed vervoerd.

- 2p 5 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Voorafgaand aan zijn Elfstedentocht had Maarten een thermometerpil ingeslikt. Daardoor kreeg zijn coach continu informatie over Maartens kerntemperatuur. Als die onder de 35 °C zou komen, zou er sprake zijn van onderkoeling en zou Maarten moeten stoppen.

Vershillende processen, aangestuurd door het autonome en het animale zenuwstelsel, zorgden er tijdens het zwemmen voor dat Maartens lichaamstemperatuur niet te snel daalde.

- 1p 6 Noteer zo'n proces dat direct aangestuurd wordt door het animale zenuwstelsel.

Bij zijn eerste poging moest Maarten van zijn arts enkele kilometers voor Dokkum het water verlaten. In de media verschenen al gauw de foto's van zijn handen en voeten, die een bizar uiterlijk hadden gekregen (afbeelding 2).

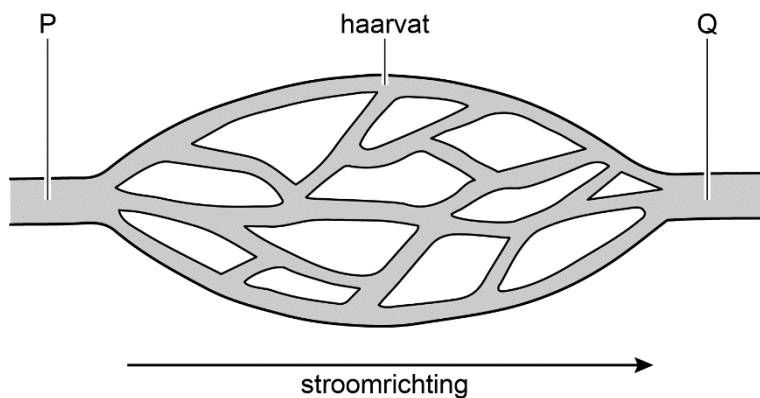
De rimpels zijn het resultaat van een reactie van het zenuwstelsel die ervoor zorgt dat de hoeveelheid weefselvloeistof in de huid afneemt.

**afbeelding 2**



In afbeelding 3 is een haarvatennetwerk in de huid van een teen schematisch weergegeven. Twee bloedvaten zijn met P en Q aangegeven.

**afbeelding 3**



De afname van de hoeveelheid weefselvloeistof in de huid wordt veroorzaakt door een verandering van de filtratie in het weefsel. Deze veranderde filtratie wordt veroorzaakt door een toename van de spierspanning in een van de bloedvaten (P of Q).

- 2p 7 Is de filtratie in het weefsel toegenomen of afgenomen? En in welk bloedvat heeft de toename van de spierspanning plaatsgevonden?

	filtratie	bloedvat
A	afgenomen	P
B	afgenomen	Q
C	toegenomen	P
D	toegenomen	Q

## De kip als draagmoeder

Onderzoekers van het Roslin-instituut in Edinburgh zijn erin geslaagd haantjes zo te modificeren dat zij dochters krijgen die onvruchtbaar zijn. Deze hennen kunnen daardoor als 'draagmoeder' fungeren voor zeldzame kippenrassen zoals Rumpless Game (afbeelding 1).

**afbeelding 1**



Het transgeen maken van vogels is erg moeilijk. Genetisch gemodificeerde embryo's kunnen bijvoorbeeld niet geïmplant worden in een ei. Daarom wordt nu onderzoek gedaan naar het genetisch modificeren van de embryonale stamcellen van vogels.

Vroeg in de embryonale ontwikkeling zijn bij vogels twee typen embryonale stamcellen aanwezig. Het ene type kan zich differentiëren tot alle celtypen behalve geslachtscellen. Het andere type, de primordiale geslachtscel (PGC), kan zich juist alleen ontwikkelen tot geslachtscellen. Beide typen stamcellen kunnen in een vroeg stadium uit kippenembryo's gehaald worden en genetisch gemodificeerd worden.

De Schotse onderzoekers wilden genetisch gemodificeerde embryonale stamcellen inbrengen bij kippenembryo's, om deze kippen – als ze volwassen zijn – transgeen nageslacht te laten produceren.

De Schotse onderzoekers kozen ervoor om PGC's te modificeren, en niet het andere type embryonale stamcellen.

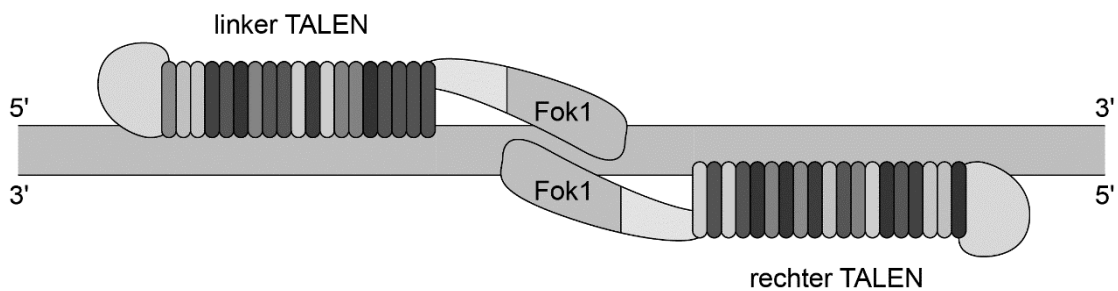
- 1p 8 Licht toe waarom in dit onderzoek is gekozen voor embryonale stamcellen die zich kunnen ontwikkelen tot geslachtscellen.

Om de PGC's genetisch te modificeren, werkten de onderzoekers van het Roslin-instituut met een genetische techniek die gebruikmaakt van TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases).

TALEN zijn eiwitten die het DNA op een specifieke plaats kunnen knippen. Zo'n eiwit is opgebouwd uit twee delen: een herkenningssequentie die bindt aan een bepaald stuk DNA en een endonuclease (Fok1).

Om het DNA te knippen zijn twee TALEN-eiwitten nodig: een linker en een rechter. De twee Fok1-delen van deze eiwitten maken de knip (afbeelding 2). Op de knipplaats kan vervolgens een gewenst nieuw stuk DNA ingebouwd worden.

### afbeelding 2



Een TALEN-eiwit bindt op dezelfde manier aan DNA als de transcriptiefactor die bindt aan de TATA-box.

Over de binding van deze transcriptiefactor worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De transcriptiefactor bindt aan het DNA door middel van basenparing.
- 2 De transcriptiefactor bindt aan de promotor van een gen.
- 3 De transcriptiefactor bindt aan een stukje niet-coderend DNA.

2p 9 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Om haantjes te verkrijgen die onvruchtbare dochters krijgen, probeerden de onderzoekers in PGC's het DDX4-gen uit te schakelen. Het DDX4-gen codeert voor een eiwit dat noodzakelijk is voor de ontwikkeling van PGC's tot geslachtscellen.

Het DDX4-gen ligt op het Z-chromosoom. Het Z-chromosoom is een van de twee geslachtschromosomen bij vogels. Vrouwtjes hebben een Z-chromosoom en een W-chromosoom. Mannetjes hebben twee Z-chromosomen.

Vrouwtjes waarbij het DDX4-gen is uitgeschakeld, zijn onvruchtbaar. Mannetjes waarbij slechts één allel is uitgeschakeld, zijn nog wel vruchtbaar.

De onderzoekers bouwden met behulp van TALEN-eiwitten in het DDX4-gen een genconstruct in. Het genconstruct (afbeelding 3) codeert voor twee eiwitten: voor het groen fluorescerende eiwit GFP en voor een eiwit dat resistentie geeft tegen de gifstof puromycine (Pu). Het construct eindigt met een sequentie (PA) waardoor de transcriptie stopt.

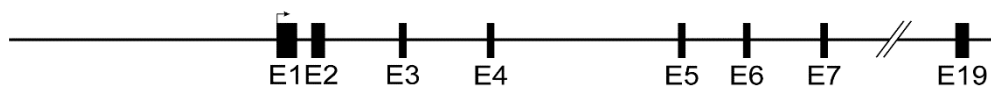
### afbeelding 3



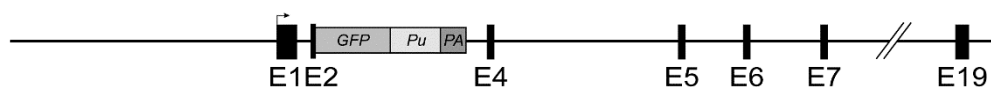
In afbeelding 4 zijn het normale DDX4-gen en het gemodificeerde DDX4-gen schematisch weergegeven, met daarin de exons aangegeven als blokjes (E1, E2 enzovoorts).

### afbeelding 4

normaal DDX4-gen



gemodificeerd DDX4-gen



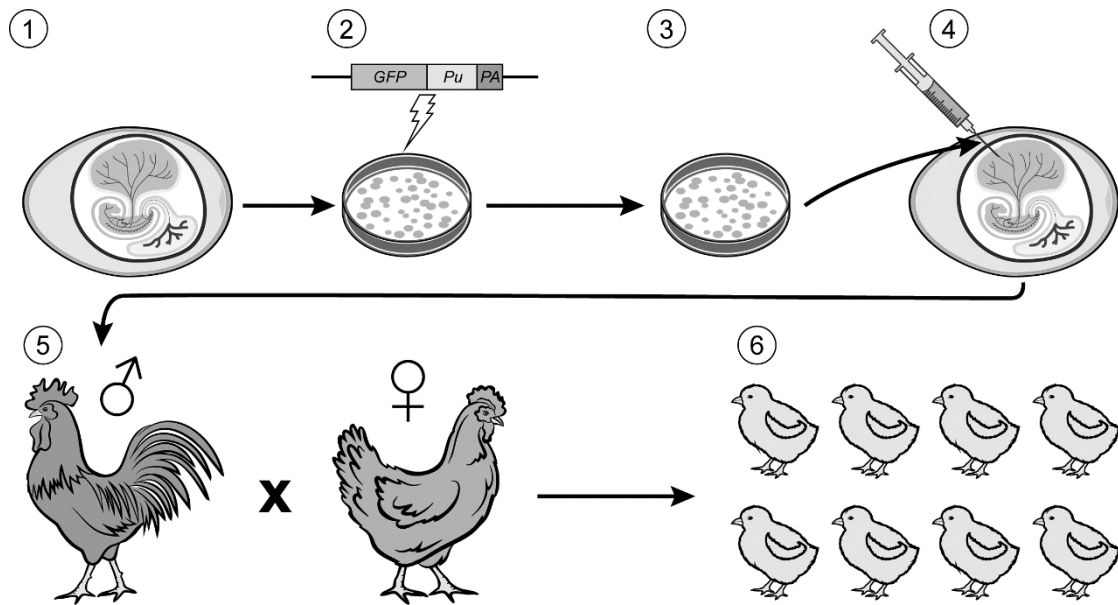
Over het gemodificeerde DDX4-gen worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De transcriptie stopt na E4 (exon 4).
- 2 Exon 3 ontbreekt in het mRNA.
- 3 Er treedt geen splicing op van het pre-mRNA.

2p 10 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

In afbeelding 5 zijn de stappen weergegeven die de onderzoekers uitvoerden om onvruchtbare hennen te verkrijgen.

### afbeelding 5



- stap 1: isolatie van PGC's uit het bloed van embryo's in een vroeg stadium
- stap 2: inbrengen van het genconstruct in het DDX4-gen van de PGC's met behulp van TALEN-eiwitten
- stap 3: selectie en vermeerdering van transgene PGC's door middel van een voedingsmedium
- stap 4: injectie van transgene heterozygote PGC's in de bloedsomloop van embryo's
- stap 5: kruising van de uitgekomen haantjes met een niet-gemodificeerde hen
- stap 6: screening van de nakomelingen op de expressie van het GFP-gen

Om PGC's te selecteren waarin het genconstruct tot expressie is gekomen, werden alle behandelde PGC's gekweekt in een speciaal voedingsmedium (afbeelding 5, stap 3).

2p 11 Moet het voedingsmedium GFP bevatten? En moet het de gifstof puromycine bevatten?

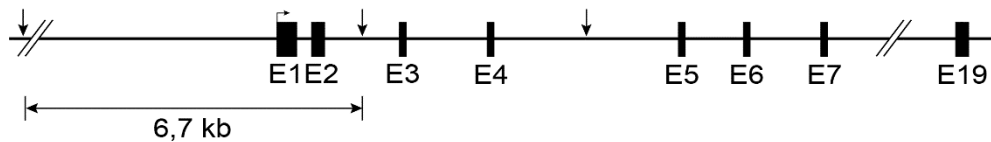
	GFP	puromycine
A	niet	niet
B	niet	wel
C	wel	niet
D	wel	wel



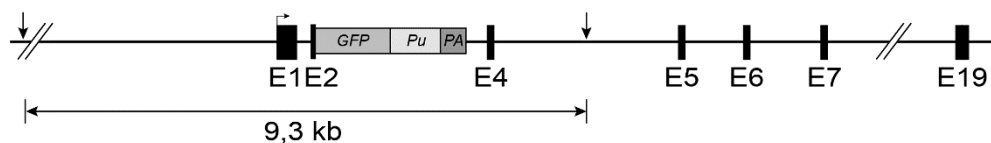
De onderzoekers wilden vervolgens aantonen dat de TALEN-eiwitten het genconstruct op de juiste plaats in het DDX4-gen hadden aangebracht. Daarvoor isoleerden ze het DNA uit een aantal transgene PGC's uit stap 3 en knipten het DNA met het restrictie-enzym Mfe1. In afbeelding 6 zijn de knipplaatsen van het enzym Mfe1 in het DDX4-gen weergegeven.

### afbeelding 6

#### normaal DDX4-gen



#### gemodificeerd DDX4-gen

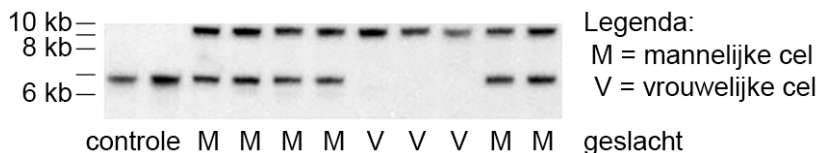


Legenda:

↓ knipplaats enzym Mfe1      kb = kilobase

Vervolgens werden de DNA-fragmenten met het genconstruct en de DNA-fragmenten zonder het genconstruct gesorteerd op lengte door middel van gel-elektroforese. Als controle werden niet-gemodificeerde PGC's gebruikt. Het resultaat is te zien in afbeelding 7.

### afbeelding 7



De onderzoekers concludeerden dat het genconstruct op de juiste plaats was ingebouwd.

1p 12 Licht toe hoe deze conclusie kan worden getrokken aan de hand van de gel in afbeelding 7.

De transgene hennetjes die ontstonden uit de kruising (afbeelding 5, stap 6) bleken geen eicellen te ontwikkelen en zijn dus onvruchtbaar. Hiermee werd aangetoond dat de methode werkt.

De transgene haantjes die ontstonden uit deze kruising, kunnen worden gekruist met een wild-type hen om een volgende generatie onvruchtbare hennetjes te produceren.

- 2p 13 – Maak van deze laatste kruising een kruisingstabel. Gebruik daarbij Z<sup>-</sup> voor het Z-chromosoom met het normale DDX4-gen, en Z<sup>+</sup> voor het Z-chromosoom met het gemodificeerde DDX4-gen.
- Omcirkel in de tabel het genotype van de **onvruchtbare** hennetjes.

De onvruchtbare hennen kunnen dienen als 'draagmoeder' voor kuikens die genetisch niet van hen zijn. Zo zouden hennen van het veelvoorkomende ras barnevelder gebruikt kunnen worden om kuikens van het zeldzame ras Rumpless Game voort te brengen.

Met de beschreven techniek zou een barnevelder hen eicellen kunnen vormen die genetisch van het Rumpless Game-ras zijn.

Om dit te bereiken moeten PGC's van Rumpless Game-embryo's worden ingebracht bij een vrouwelijk barnevelder embryo.

- 2p 14 Zullen de PGC's van Rumpless Game-embryo's transgeen of niet-transgeen zijn? En het vrouwelijke barnevelder embryo?

	PGC's Rumpless Game	vrouwelijk barnevelder embryo
A	transgeen	transgeen
B	transgeen	niet-transgeen
C	niet-transgeen	transgeen
D	niet-transgeen	niet-transgeen

De onderzoekers willen PGC's van zeldzame kippenrassen opslaan als een 'frozen aviary' (bevroren volière), die is te vergelijken met de zaadbanken van plantenrassen.

- 1p 15 Beschrijf wat het belang kan zijn van deze frozen aviary.

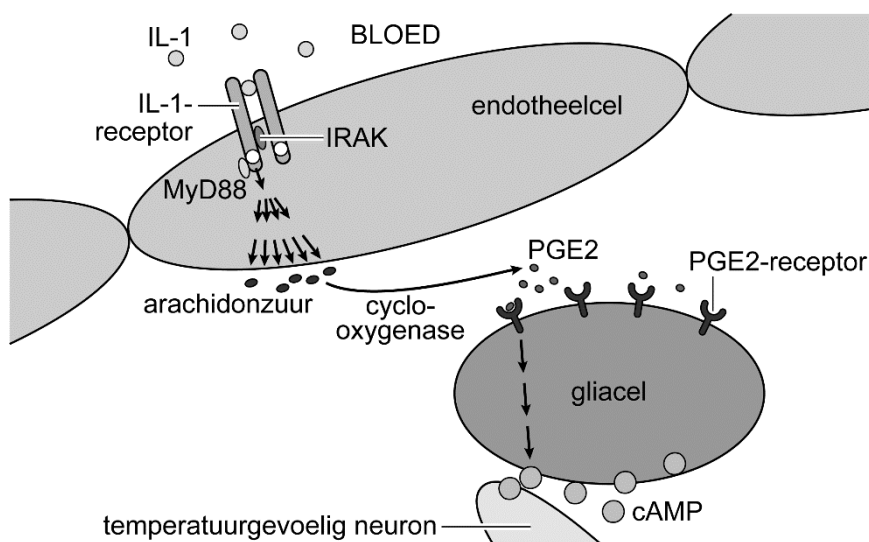
## Koorts en ziek zijn

Australische wetenschappers hebben onderzocht hoe cellen tegengaan dat schade optreedt door koorts.

Als bij de mens de lichaamstemperatuur (kerntemperatuur) ten gevolge van een infectie boven 38,3 °C stijgt, wordt dat koorts genoemd. Koorts begint met een verhoging van de normtemperatuur in de hypothalamus. Die verhoging kan worden veroorzaakt door macrofagen als zij in reactie op ziekteverwekkers bepaalde stoffen (pyrogenen) afgeven. Een voorbeeld van zo'n pyrogeen is interleukine-1 (IL-1).

Afbeelding 1 laat zien hoe IL-1 in de hypothalamus een reactie in de temperatuurgevoelige neuronen veroorzaakt.

afbeelding 1



- 1 IL-1 bindt aan een IL-1-receptor op een endotheelcel.
- 2 IRAK en MyD88 activeren een reeks aan enzymatische omzettingen.
- 3 Er komt een grote hoeveelheid arachidonzuur vrij.
- 4 Cyclo-oxygenase zet arachidonzuur om in PGE2.
- 5 PGE2 bindt aan een PGE2-receptor op een gliacel.
- 6 De gliacel geeft cAMP af.
- 7 Het temperatuurgevoelig neuron geleidt impulsen naar het temperatuurcentrum.

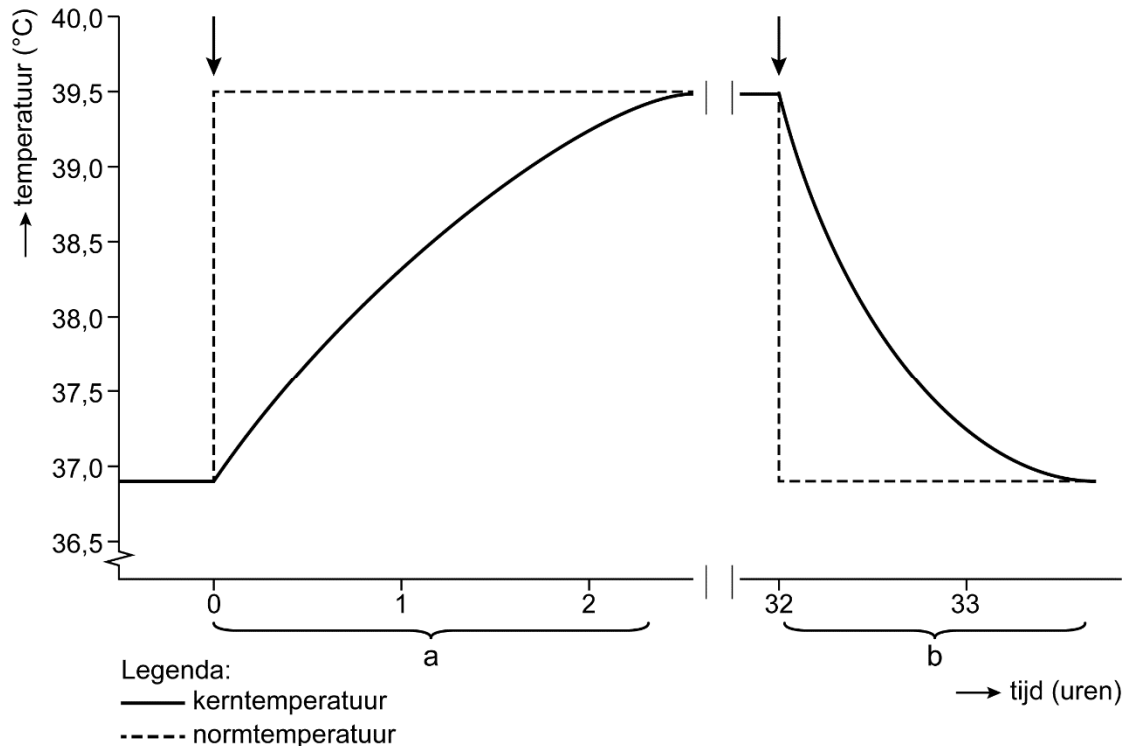
Over de rol van de stoffen in de celcommunicatie in afbeelding 1 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Activatie van IRAK en MyD88 zet een signaalcascade in gang.
- 2 Arachidonzuur is het substraat van cyclo-oxygenase.
- 3 PGE2 is een second messenger.

2p 16 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

De stijging van de temperatuur bij koorts en de daling na afloop zijn schematisch weergegeven in afbeelding 2. Twee perioden zijn aangegeven met de letters a en b. Op twee tijdstippen, aangegeven met pijltjes, treden veranderingen op in de instelling van de normtemperatuur in de hypothalamus.

**afbeelding 2**



In de perioden a en b vinden processen plaats die de kerntemperatuur beïnvloeden:

- 1 toename van de zweetproductie
- 2 verhoogde afgifte van schildklierhormoon
- 3 verwijding van de bloedvaten van de huid

2p 17 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende proces bijdraagt aan de verandering van de kerntemperatuur tijdens **periode a** of tijdens **periode b**.

Enkele effecten van koorts zijn:

- 1 toename van de differentiatie van cytotoxische T-cellen
- 2 verhoging van de activiteit van fagocyten
- 3 verhoging van de activiteit van natural-killercellen (NK-cellen)
- 4 verhoging van de productie van antistoffen

2p 18 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende effect onderdeel is van het **aangeboren** (aspecifieke) afweersysteem of van het **verworven** (specifieke) afweersysteem.

Langdurig hoge koorts is schadelijk voor het lichaam.

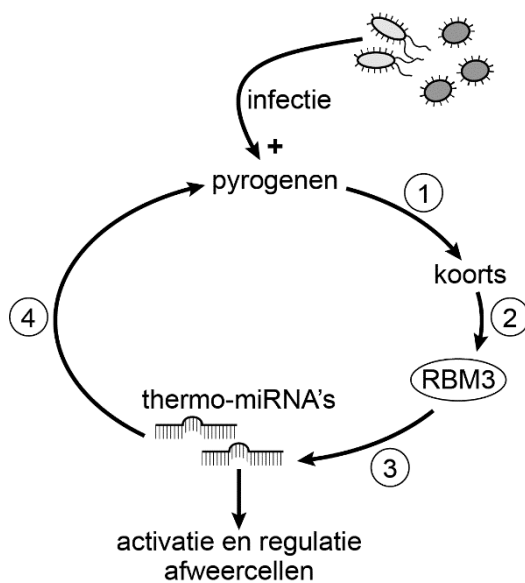
1p 19 Verklaar hoe hoge koorts leidt tot celschade.

De Australische wetenschappers ontdekten dat bij temperatuurverhoging de productie van het eiwit RBM3 in macrofagen wordt verlaagd. RBM3 remt normaal gesproken de aanmaak van temperatuurgevoelige micro-RNA's (thermo-miRNA's). Thermo-miRNA's veroorzaken RNA-interferentie in het cytoplasma en remmen zo de productie van pyrogenen.

Uit de resultaten van dit onderzoek kan een terugkoppelingssysteem afgeleid worden.

In afbeelding 3 is dit terugkoppelingssysteem gedeeltelijk weergegeven.

**afbeelding 3**



In afbeelding 3 zijn vier plaatsen genummerd.

2p 20 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of op de betreffende plaats in de regelkring stimulering (+) of remming (-) optreedt.

De thermo-miRNA's grijpen in op de productie van pyrogenen.

1p 21 Op welk moment grijpen de thermo-miRNA's in?

- A tussen transcriptie en splicing
- B tussen splicing en translatie
- C tussen translatie en eiwitvouwing

## Sorghum als alternatief voor mais

In Nederland wordt snijmais op grote schaal geteeld als veevoer. Onderzoekers bekijken of de problemen die samenhangen met de grootschalige teelt van mais kunnen worden vermeden door de introductie van sorghum (afbeelding 1).

afbeelding 1



Een van de problemen bij maisteelt is de maisstengelboorder, de rups van de nachtvlinder *Ostrinia nubilalis*. Deze rups vreet gangen in de stengels en kolfstelen van de maisplanten, met als gevolg uitgeholde en geknikte stengels en een verminderde groei van de maiskolven.

De maisstengelboorder komt oorspronkelijk uit Zuid-Europa. Vanaf het begin van de twintigste eeuw komt hij voor in Noord-Amerika, en sinds 2010 wordt hij ook in Nederlandse maisvelden waargenomen. De maisstengelboorder wordt in Noord-Amerika als exoot beschouwd, maar in Nederland niet.

- 1p 22 Geef een argument waarom de maisstengelboorder in Nederland niet als exoot wordt beschouwd.

De vraat van de maisstengelboorder leidt ertoe dat de schimmel *Fusarium graminearum* gemakkelijk maisplanten kan infecteren. De schimmelinfectie heeft tot gevolg dat de maiskolven zich niet volledig ontwikkelen. Bovendien kunnen maisstengelboorders zich sneller ontwikkelen in maisplanten die geïnfecteerd zijn met *F. graminearum*.

- 1p 23 Noteer welk type afweer door de maisstengelboorder wordt verminderd.

- 1p 24 Noteer de naam van de vorm van symbiose tussen de maisstengelboorder en *F. graminearum*.

Onderzoekers van het Louis Bolk Instituut onderzochten of sorghum (*Sorghum bicolor*) een geschikt alternatief is voor mais. Op een aantal proefvelden werden mais en twee sorghumrassen geteeld.

Van de geoogste gewassen werden het versgewicht per hectare en het droge-stofgehalte (ds) bepaald (tabel 1), zodat de productie van droge stof per hectare kon worden berekend.

**tabel 1**

	<b>versgewicht (ton/ha)</b>	<b>droge- stofgehalte (g/kg)</b>
mais	44,6	354
sorghum HHD2	63,2	315
sorghum C7	62,5	341

Een van de twee sorghumrassen produceert per hectare veel meer droge stof dan mais.

- 2p **25** Bereken van het meest productieve sorghumras hoeveel meer droge stof per ha dit ras oplevert ten opzichte van mais. Noteer je berekening.

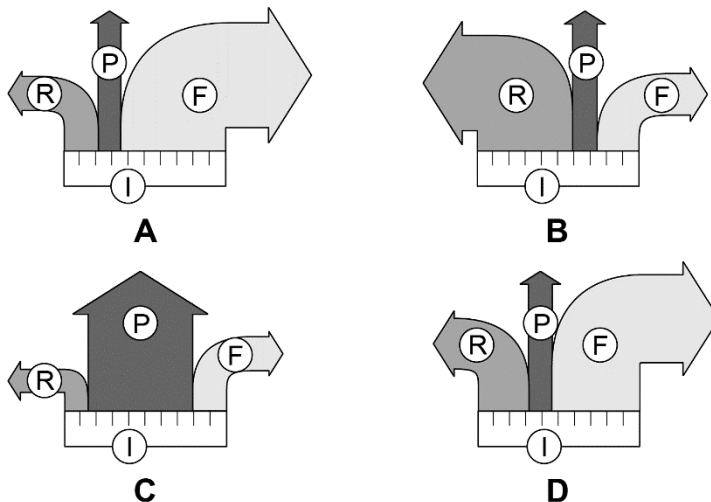
De onderzoekers bepaalden ook hoeveel procent van de droge stof van mais en van sorghum door het verteringsstelsel van runderen kan worden geresorbeerd (VCOS: verteringscoëfficiënt van de organische stof, tabel 2).

**tabel 2**

	<b>VCOS (%)</b>
mais	76
sorghum HHD2	75,3
sorghum C7	73,8

De energie die via voeding is ingenomen (I) is op te delen in drie energiestromen: P (productiviteit), F (energieverlies in de vorm van feces) en R (energieverlies door dissimilatie).

- 2p **26** Welk energiestroomschema past bij runderen die met sorghum C7 gevoerd zijn?



Behalve de hogere opbrengst hebben de sorghumrassen nog een voordeel ten opzichte van mais: de melkproductie en vleesproductie van runderen die met sorghum gevoerd worden, nemen toe. Dit is te verklaren door het hogere percentage eiwitten in sorghum (tabel 3).

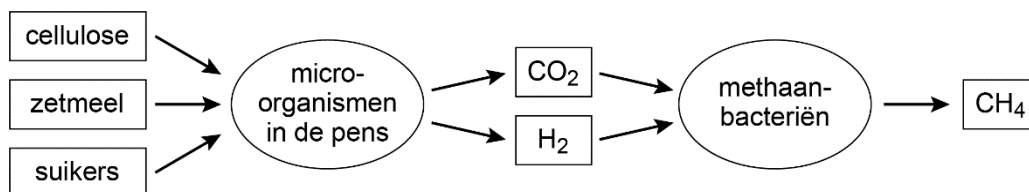
**tabel 3**

	<b>eiwit (g/kg ds*)</b>
mais	71
sorghum HHD2	76
sorghum C7	77

\* ds = droge stof

In het spijsverteringsstelsel van runderen leven de micro-organismen van koolhydraten uit het voer. Hierbij ontstaat methaan (afbeelding 2).

**afbeelding 2**



De omzetting door methaanbacteriën leidt ertoe dat de rundveeteelt een sterke bijdrage levert aan klimaatverandering.

1p 27 Verklaar hoe methaan bijdraagt aan klimaatverandering.

Mogelijk zou het gebruik van sorghum als veevoer in plaats van mais, kunnen leiden tot een verlaging van de uitstoot van methaan door runderen.

1p 28 Verklaar hoe gebruik van sorghum als veevoer kan leiden tot vermindering van de uitstoot van methaan door een rund.



## Vergiften pijlgifkickers zichzelf niet?

Pijlgifkickers gebruiken gif als verdediging tegen predatoren. Rebecca Tarvin van de University of Texas onderzocht hoe het komt dat de kikkers zichzelf niet vergiften.

Als een pijlgifkikkertje zoals *Epipedobates tricolor* (afbeelding 1) belaagd wordt, scheiden gifklieren in de huid een dodelijk neurotoxine uit. Een veelvoorkomend neurotoxine bij pijlgifkickers is epibatidine.



In het lichaam van een predator bindt epibatidine aan de acetylcholine-receptoren op het postsynaptisch membraan van neuronen. Net als acetylcholine veroorzaakt epibatidine het openen van  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes.

Over de invloed van epibatidine op het postsynaptisch neuron worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Door binding van epibatidine aan de receptor wordt de drempelpotentiaal verlaagd.
- 2 Door binding van epibatidine aan de receptor treedt depolarisatie op.
- 3 Epibatidine werkt als antagonist van acetylcholine.

2p **29** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

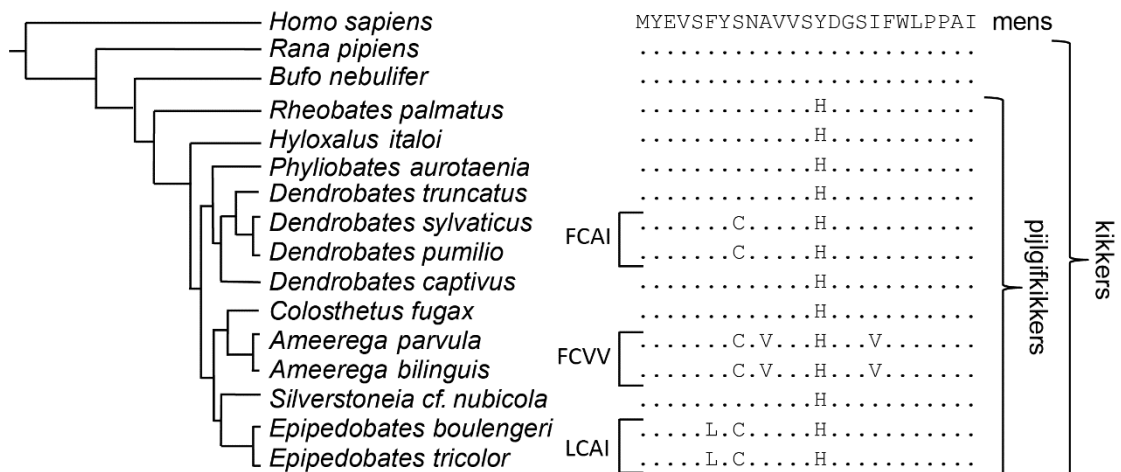
In vergelijking met binding van acetylcholine blijven bij binding van epibatidine de  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes in de synaps veel langer openstaan, zelfs bij zeer lage concentraties.

1p **30** Geef een mogelijke verklaring waardoor de  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes langer open blijven staan in aanwezigheid van epibatidine.

De onderzoeksgroep van Tarvin vergeleek de genen die coderen voor de acetylcholine-receptoren van verschillende soorten kikkers met die van de mens. De onderzoekers vonden bij de kikkers verschillende puntmutaties die mogelijk ongevoeligheid voor epibatidine veroorzaken.

In afbeelding 2 is naast een cladogram de aminozuurvolgorde weergegeven van een deel van de humane acetylcholine-receptor. Bij kikkers zijn in de loop van de evolutie mutaties opgetreden die hebben geleid tot verschillende varianten van de acetylcholine-receptor, onder andere FCAI en LCAI. Bij de kikkers zijn alleen de aminozuren weergegeven die verschillen van die bij de mens.

**afbeelding 2**



Tarvin beweert dat sommige veranderingen van de receptor door convergente evolutie zijn ontstaan. Dit wil zeggen dat dezelfde adaptaties onafhankelijk van elkaar zijn ontstaan.

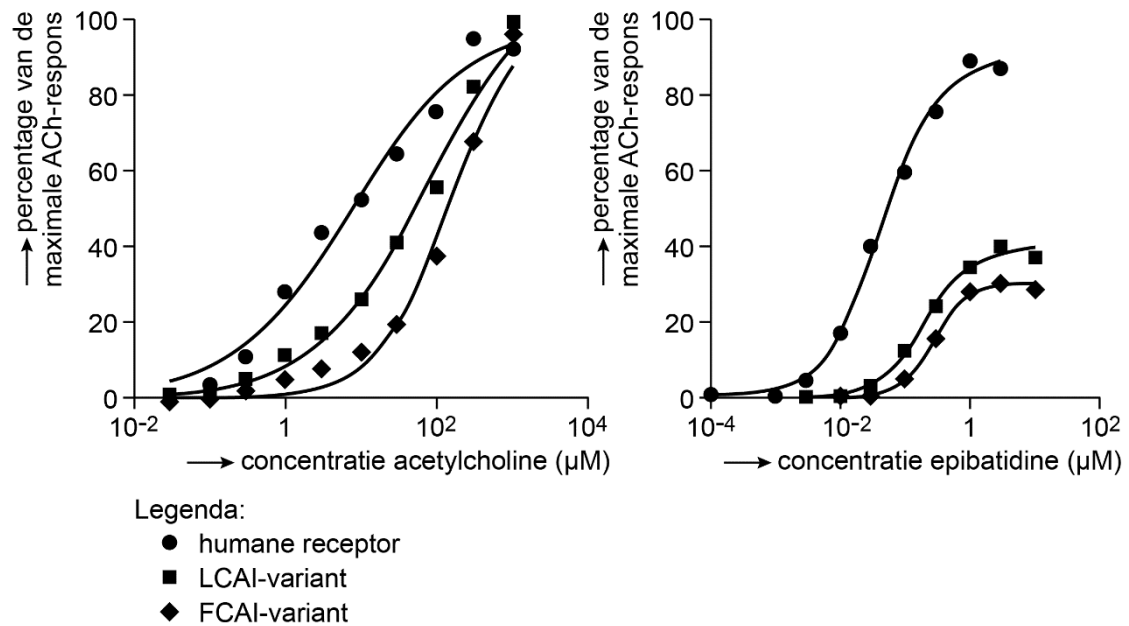
- 2p 31 Bij welke aminozuurveranderingen (afbeelding 2) is er waarschijnlijk sprake geweest van convergente evolutie?
- A S → C in *Dendrobates sylvaticus* en *Ameerega parvula*
  - B A → V in *Ameerega parvula* en *Ameerega bilinguis*
  - C Y → H in *Epipedobates tricolor* en *Dendrobates sylvaticus*

Om aan te tonen dat de mutaties bij pijlgifkikkers verantwoordelijk zijn voor de epibatidine-ongevoeligheid, bouwden de onderzoekers deze mutaties in het gen voor de humane acetylcholine-receptor in. Zo maakten ze een FCAI-variant en een LCAI-variant.

- 2p 32
- Noteer welke aminozuurveranderingen er moeten worden aangebracht in de humane acetylcholine-receptor om de FCAI-variant te verkrijgen.
  - Noteer het minimale aantal nucleotiden dat in totaal veranderd moet worden in de coderende streng van het gen voor de receptor om deze aminozuurveranderingen te bewerkstelligen.

De onderzoekers analyseerden de gevoeligheid voor acetylcholine en voor epibatidine van de humane receptor, van de FCAI-variant en van de LCAI-variant. Ze bouwden de genen voor deze receptoren in verschillende cellen in en bepaalden vervolgens de mate van depolarisatie van deze cellen bij verschillende concentraties acetylcholine en epibatidine. In afbeelding 3 is deze respons weergegeven als percentage van de maximale respons op acetylcholine van de humane receptor.

**afbeelding 3**



Over de resultaten die zijn weergegeven in de diagrammen van afbeelding 3 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Bij cellen met een humane receptor is de respons op acetylcholine sterker dan die op een gelijke concentratie epibatidine.
- 2 De humane receptor is gevoeliger voor epibatidine dan de FCAI-variant en de LCAI-variant.
- 3 De FCAI-mutatie vermindert de gevoeligheid voor acetylcholine.

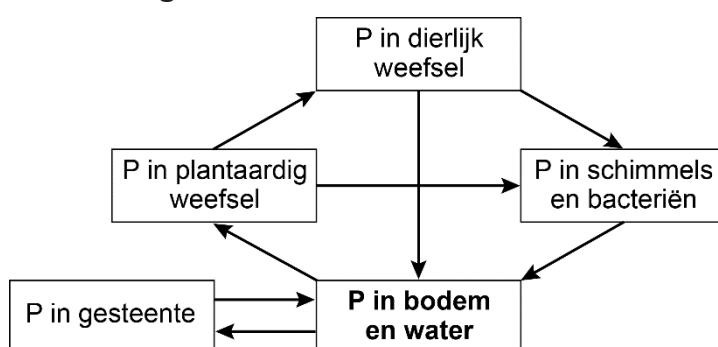
2p 33 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

## Fosfor in een lekkende kringloop

Onderzoekers van de Universiteit Twente hebben in samenwerking met andere wetenschappers de wereldwijde kringloop van het element fosfor in kaart gebracht. Ze ontdekten dat de hoeveelheid fosfor die in het oppervlaktewater terecht komt op veel plaatsen te hoog is.

Het element fosfor (P) komt vrij bij verwerking van gesteente en wordt gewonnen in fosfaatmijnen. Fosfor kan in de vorm van fosfaat door planten worden opgenomen. Een deel van de fosforverbindingen die in het water terechtkomen, slaat neer en kan op de lange termijn weer onderdeel worden van gesteente. In afbeelding 1 is de fosforkringloop vereenvoudigd weergegeven.

afbeelding 1



Fosfaat wordt opgenomen door planten.

- 2p 34 Via welk type vaten komt het opgenomen fosfaat terecht bij cellen waar het wordt ingebouwd in een organische stof? En hoe wordt het proces genoemd waarbij deze organische stof wordt gevormd?

type vaten	proces
------------	--------

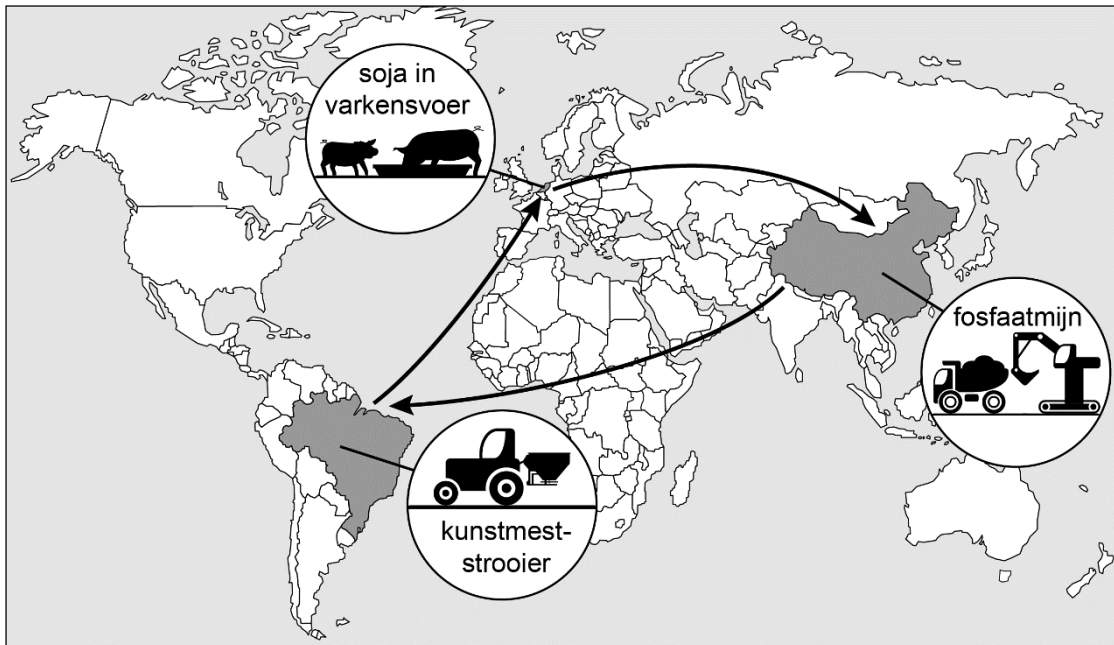
- |   |           |                          |
|---|-----------|--------------------------|
| A | bastvaten | koolstofassimilatie      |
| B | bastvaten | voortgezette assimilatie |
| C | houtvaten | koolstofassimilatie      |
| D | houtvaten | voortgezette assimilatie |

Fosfor is onderdeel van verschillende organische stoffen die deel uitmaken van de lichtreactie en de donkerreactie in chloroplasten.

- 1p 35 Noteer de twee fosforhoudende stoffen die ontstaan bij de lichtreactie én worden gebruikt in de donkerreactie.

In afbeelding 2 is een grote mondiale stroom van fosfor weergegeven. Voor de productie van kunstmest wordt gebruikgemaakt van fosfaaterts uit China. Deze kunstmest wordt onder andere gebruikt op sojaplantages in Brazilië. Een groot deel van de soja die daar geproduceerd wordt, komt in Nederland terecht als varkensvoer. Varkensvlees uit Nederland wordt geëxporteerd naar China.

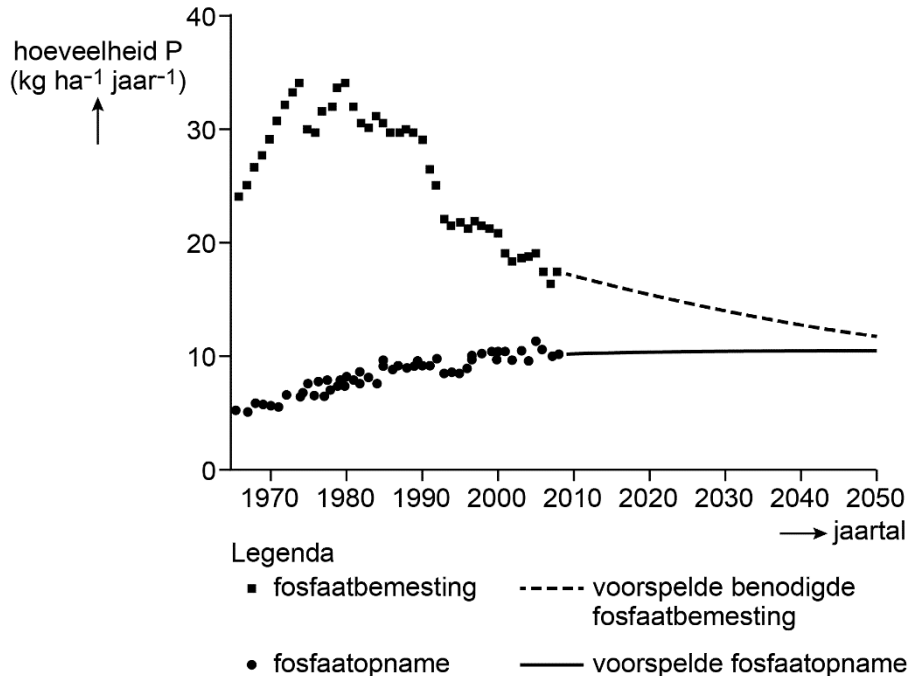
**afbeelding 2**



2p 36 Leg uit aan de hand van afbeelding 2 hoe in Nederland een verhoogd fosfaatgehalte van het oppervlaktewater kan ontstaan.

Omdat de hoeveelheid fosfaaterts beperkt is, werd enkele jaren geleden een tekort aan fosfaat voorspeld. Uit berekeningen van de Wageningen Universiteit blijkt echter dat het meevalt: in West-Europa zal de fosfaatopname door gewassen weliswaar tot 2050 licht stijgen, maar de benodigde fosfaatbemesting daalt (afbeelding 3).

**afbeelding 3**



- 1p 37 Noteer een mogelijke oorzaak waardoor er toch een afname van de benodigde fosfaatbemesting kan zijn ondanks de toenemende fosfaatopname.

Het toegediende fosfaat kan in het oppervlaktewater terecht komen en bijdragen aan algenbloei.

Hierover worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Fosfaat draagt alleen bij aan algenbloei als de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater een beperkende factor voor de groei van algen is.
- 2 Algenbloei treedt op als de maximumtolerantiegrens van algen voor fosfaat wordt overschreden.

- 2p 38 Welk van deze uitspraken is juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

Om het fosfaatprobleem bij de bron aan te pakken moet de fosfaatbemesting worden beperkt en moet fosforhoudend afvalwater worden gezuiverd. Om de gevolgen van het probleem aan te pakken, zijn er andere methoden. Een voorbeeld hiervan is het verlagen van de fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater, door slib met neergeslagen fosfaat te verwijderen uit sloten en kanalen. Een andere manier is de oogstmethode, waarbij waterplanten worden geoogst uit meren. Waterplanten nemen namelijk fosfaat op uit het water.

Onderzoekers willen weten in hoeverre waterplanten in staat zijn een hoge fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater te verlagen. Hiervoor ontwerpen ze een experiment. Ze hebben de beschikking over een aantal aangelegde vijvers die even groot en even diep zijn.

- 3p **39** Beschrijf de proefopzet van dit experiment. Geef aan:
- waarin de behandeling van de vijvers overeenkomt;
  - waarin de behandeling van de vijvers verschilt;
  - welke metingen moeten worden gedaan.

---

#### **Bronvermelding**

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.*