

# vwo – ontstaan en handhaving van verscheidenheid 2010

## Lactasegen en evolutie

---

Bij mensen bevat chromosoom 1 het gen voor lactase. Het enzym lactase is nodig voor de omzetting van lactose, een suiker die in melk voorkomt. Bij de geboorte is het gen voor lactase in cellen van het verteringsstelsel geactiveerd, op latere leeftijd wordt het uitgeschakeld. Dat is ook begrijpelijk: melk drink je als baby en het zou zonde zijn van de energie om ook daarna nog dat enzym te blijven maken. Maar een paar duizend jaar geleden leerden mensen de truc om de melk van gedomesticeerde dieren te drinken. Voor kinderen was dat prima, maar voor veel volwassenen bleek de lactose uit de melk niet te verteren. Zij kregen na het drinken van melk last van buikkrampen en diarree. Tegenwoordig kan meer dan 70% procent van de mensen van West-Europese herkomst hun hele leven lang probleemloos melk drinken en verteren, tegen minder dan 30% in delen van Afrika, Oost- en Zuidoost-Azië en Oceanië. Het percentage mensen dat lactose kan verteren verschilt van bevolkingsgroep tot bevolkingsgroep en van plaats tot plaats. Alle volken met een groot percentage melkdrinkers, zoals de Toearegs in de Sahara, de Bedoeïnen uit de Arabische woestijnen, de Ieren, de Tsjechen en Spanjaarden hebben een veehoudersverleden met een lange geschiedenis van schapen-, geiten- of rundveehouderij.

*bewerkt naar: M. Ridley, Genoom, het recept voor een mens, Amsterdam/Antwerpen 1999, 170 e.v.*

Het hoge percentage melkdrinkers in een bepaalde bevolkingsgroep kan worden verklaard met een evolutietheorie.

Volgens de evolutietheorie die Darwin in de tweede helft van de negentiende eeuw formuleerde, ontstaan verschillen door erfelijke variatie en natuurlijke selectie.

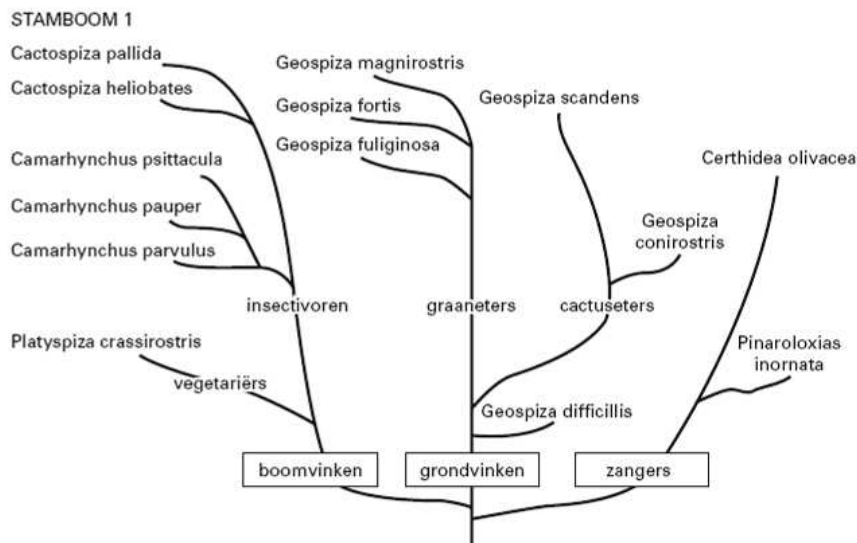
In willekeurige volgorde worden vijf beweringen gegeven.

- 1 Door het voorbeeld van melkdrinkers te volgen, ontwikkelen alle volwassenen in de groep het vermogen lactose te verteren.
- 2 Door melk te drinken, ontwikkelt een volwassene gedurende zijn leven het vermogen om lactose te verteren.
- 3 Kinderen van mensen met het vermogen om als volwassene lactose te verteren, hebben een grote kans om als volwassene ook lactose te kunnen verteren.
- 4 Kinderen waarbij het lactasegen niet wordt uitgeschakeld, hebben een grotere overlevingskans dan kinderen waarbij dat wel gebeurt.
- 5 Volwassenen die lactose kunnen verteren, bezitten een mutantgen dat zorgt dat het lactasegen niet uitgeschakeld wordt.

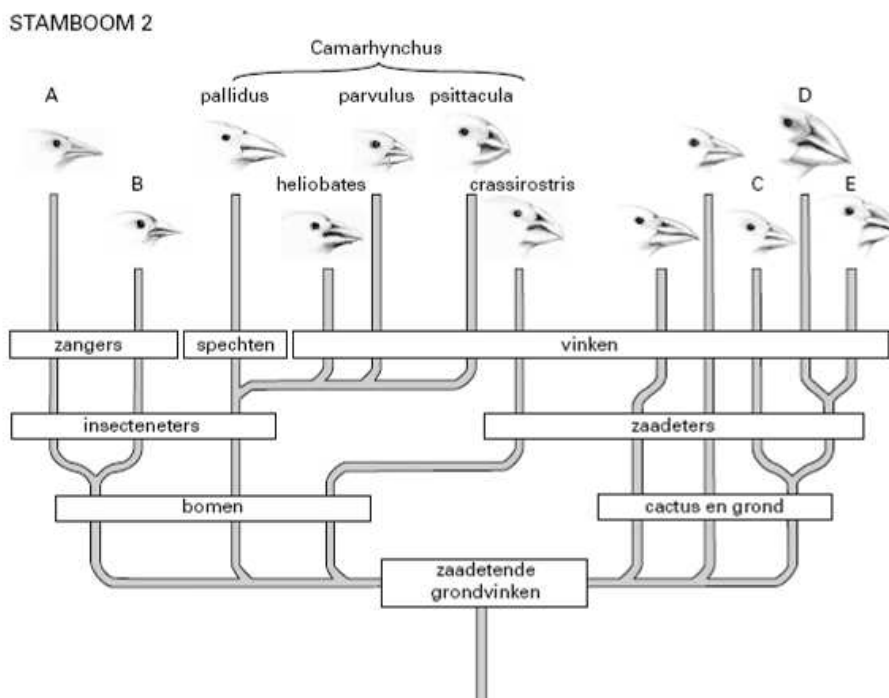
1p 1 Geef aan welke van deze beweringen aansluiten bij de huidige (neo-darwinistische) evolutietheorie. Schrijf alleen de nummers op.

## Galapagoseilanden

Op de Galapagoseilanden komen vogelsoorten voor die nergens anders ter wereld voorkomen. Deze soorten stammen af van één gemeenschappelijke voorouder. Twee onderzoekers (1 en 2) hebben onafhankelijk van elkaar de afstamming van deze vogelsoorten bestudeerd. In onderstaande afbeelding zijn de resultaten van de twee studies weergegeven in de vorm van de stambomen 1 en 2. De namen die in stamboom 1 staan, zijn niet allemaal dezelfde als die in stamboom 2. Bovendien zijn in stamboom 2 enkele namen weggelaten.



bron: M. Ridley, *Evolution*, Blackwell Science, 1996, 571



bewerkt naar: David McFarland, *Animal behaviour*, Longman Scientific Technical, 1986, 6

*Cactospiza pallida* en *Cactospiza heliobates* in stamboom 1 zijn dezelfde vogels als respectievelijk *Camarhynchus pallidus* en *Camarhynchus heliobates* in stamboom 2. De oorzaak hiervan kan zijn dat de onderzoekers niet dezelfde prioriteit hebben gegeven aan bepaalde indelingscriteria.

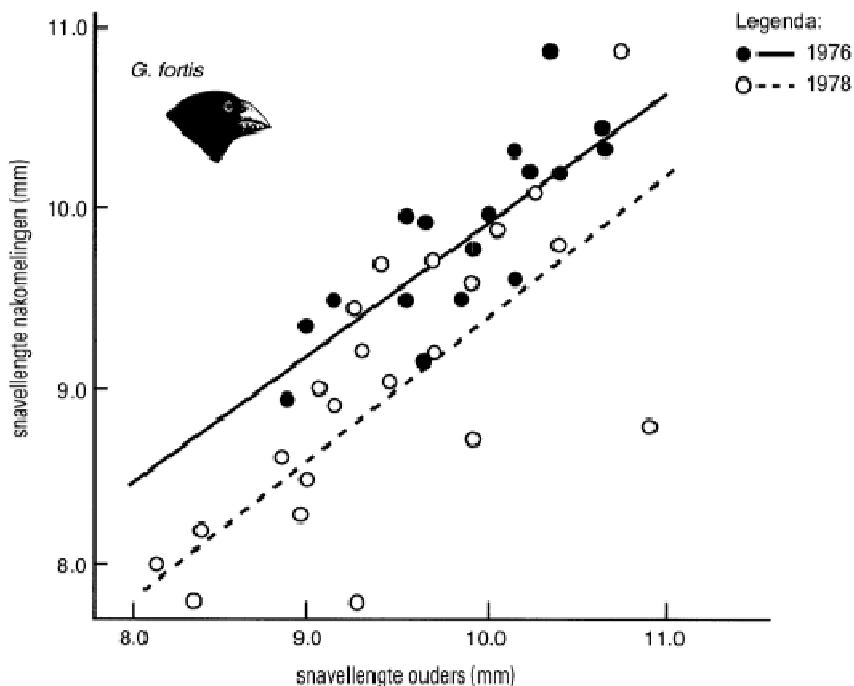
1p **2** Noem een andere mogelijke oorzaak waardoor het verschil in indeling van deze twee soorten door onderzoeker 1 en 2 verklaard kan worden.

In stamboom 2 zijn enkele soorten aangegeven met de letters A tot en met E.

2p **3** Op welke van deze plaatsen zou volgens stamboom 1 de soort *Geospiza fuliginosa* in stamboom 2 moeten staan, als bij de indeling binnen het genus (geslacht) *Geospiza* dezelfde criteria worden gebruikt als binnen stamboom 1?

- A** op plaats A
- B** op plaats B
- C** op plaats C
- D** op plaats D
- E** op plaats E

Onderzoekers menen dat de eigenschap snavellengte een criterium is voor natuurlijke selectie, mits de snavellengte een erfelijke eigenschap is. Onderzoek naar het al dan niet erfelijk zijn van de snavellengte bij *Geospiza fortis* leverde de resultaten op zoals die zijn weergegeven in onderstaand diagram.



bron: M. Ridley, *Evolution*, Blackwell Science, 1996, 223

Over deze twee grafieken worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 De resultaten van dit onderzoek ondersteunen de hypothese dat de snavellengte een erfelijke eigenschap is, omdat er een verband is tussen de lengte van de snavels bij de jongen en de ouders;
- 2 Uit de resultaten van dit onderzoek kan men niet afleiden dat de snavellengte een erfelijke eigenschap is, omdat er slechts gegevens van twee jaren bekend zijn.

- 2p 4 Welke van deze beweringen is juist?
- A geen van beide beweringen
  - B alleen bewering 1
  - C alleen bewering 2

### Pleksgewijze kaalheid

---

Pleksgewijze kaalheid wordt veroorzaakt door een autosomaal (niet X-chromosomaal) gen. Het gen voor pleksgewijze kaalheid is bij mannen dominant en bij vrouwen recessief. In een bepaalde populatie komt het gen voor pleksgewijze kaalheid met een frequentie van 0,3 voor. Ga ervan uit dat het hebben van kale plekken op het hoofd geen invloed heeft op de partnerkeuze binnen deze populatie.

Neem aan dat in deze populatie de formules van Hardy-Weinberg toegepast kan worden.

- 2p 5 Bereken de frequenties van mannen met pleksgewijze kaalheid en van vrouwen met pleksgewijze kaalheid in deze populatie.

### Ordering

---

Het biologische begrip soort kan op verschillende manieren worden gedefinieerd. Misschien is de meest bekende definitie wel die van de bioloog Ernst Mayr uit 1940: "Soorten zijn groepen zich onderling voortplantende, natuurlijke populaties die reproductief geïsoleerd zijn van andere, dergelijke populaties".

In dierentuinen zijn wel eens tijgers gekruist met leeuwen. Het bestaan van nakomelingen (teeuwen of lijgers) bewijst *niet* dat tijgers en leeuwen tot dezelfde soort behoren.

- 1p 6 Beargumenteer of deze bewering in overeenstemming is met de soort-definitie van Ernst Mayr.

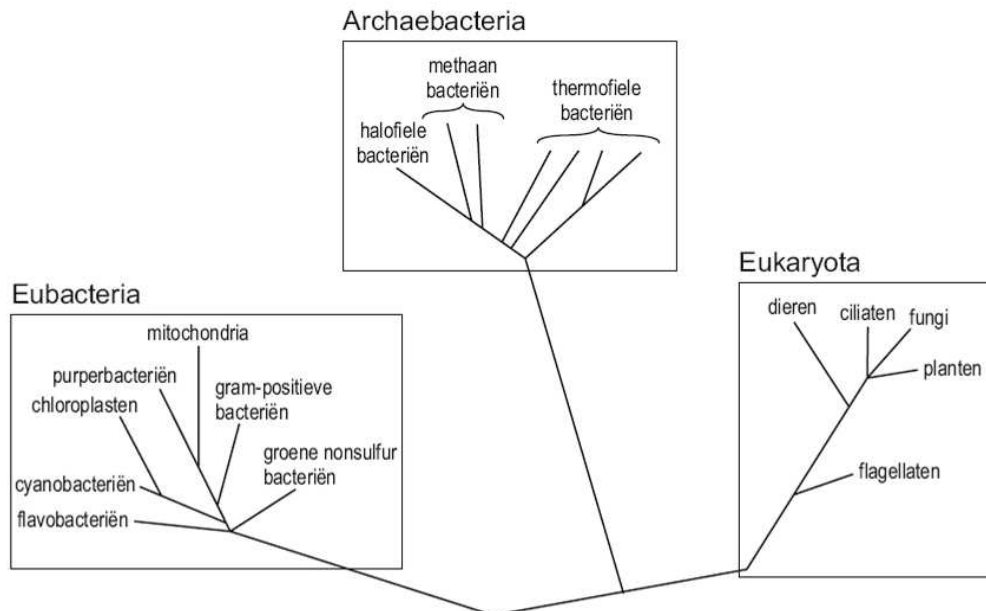
### rRNA

---

De genetische overeenkomst van soorten kan mede worden bepaald op grond van de aminozuurvolgorde van bepaalde homologe eiwitten. Of andere macromoleculen hiervoor geschikt zijn, hangt af van de diversiteit en de evolutionaire stabiliteit van deze macromoleculen. Ribosomaal RNA (rRNA) is voor dit doel geschikt.

- 2p 7
- Is rRNA geschikt doordat de moleculen een geringe of een grote diversiteit vertonen?
  - Is rRNA geschikt doordat de moleculen een geringe of een grote evolutionaire stabiliteit hebben?
- A door een geringe diversiteit en een geringe evolutionaire stabiliteit
  - B door een geringe diversiteit en een grote evolutionaire stabiliteit
  - C door een grote diversiteit en een geringe evolutionaire stabiliteit
  - D door een grote diversiteit en een grote evolutionaire stabiliteit

Organismen kunnen op grond van onder andere anatomische kenmerken worden ingedeeld in vier rijken. Op grond van rRNA-onderzoek worden organismen ook wel ingedeeld in drie domeinen: eubacteria, archaebacteria en eukaryota. In onderstaande afbeelding is de indeling in deze domeinen weergegeven.



bewerkt naar: T.D. Brock en M.T. Madigan, *Biology of microorganisms*, Englewood, 1991, 688

Binnen de drie domeinen kun je bepaalde kenmerken vergelijken. Hieronder is een tabel opgenomen met een aantal kenmerken.

domein	wel of geen kernmembranaan*	wel of geen celwand*	autotroof of heterotroof*	wel of geen cellulaire compartimentering*
Archaeobacteria	geen	wel	beide	geen
Eubacteria				
Eukaryota				

\* Vul in 'beide' als binnen het domein sommige organismen dit kenmerk wel hebben en andere organismen niet.

2p **8** Vul de tabel volledig in op grond van de gegevens in de afbeelding.

### Cyanogene klaverplanten

Sommige planten zijn cyanogeen. Dat houdt in dat ze onder bepaalde omstandigheden in hun bladeren en stengels de giftige stof blauwzuur of waterstofcyanide (HCN) kunnen produceren. Blauwzuur verstoort de electronentransportketen. Door het blauwzuur zijn deze planten beschermd tegen vraat door bijvoorbeeld slakken. In cyanogene planten kan de volgende reactieketen plaatsvinden:



In de sectordiagrammen zijn de percentages van de cyanogene variant (zwart) en van de acyanogene variant (grijs) in de desbetreffende gebieden aangegeven. De lijnen geven een aantal januari-isothermen aan.

- 3p **10**
- Geef een verklaring voor het ontstaan van deze twee varianten van rolklaver.
  - Geef met behulp van de gegevens in de tekst en de afbeelding een verklaring voor het verschil in de verspreiding van de cyanogene en de acyanogene variant.

## Kleurenblindheid

---

Het eiland Pingelap in de Stille Oceaan heeft ongeveer 800 bewoners. Van de bewoners is 8% volledig kleurenblind doordat ze geen kegeltjes hebben. Op de plaatsen waar bij kleurenzienden kegeltjes voorkomen, bevinden zich bij deze kleurenblinden geen lichtreceptoren. Deze vorm van kleurenblindheid komt elders in de wereld bij 1 op de 30.000 mensen voor. Het gen voor deze vorm van kleurenblindheid is recessief en autosomaal (niet X-chromosomaal).

- 3p **11**
- Bereken hoeveel maal groter de frequentie van dit gen voor kleurenblindheid op het eiland Pingelap is dan de frequentie van dit gen in de rest van de wereld. Rond je antwoord af op een geheel getal.

De afstand tussen Pingelap en het dichtstbij gelegen eiland is zo'n 280 kilometer. Door de eeuwen heen is er niet veel contact geweest met bewoners van andere eilanden. Pingelap werd omstreeks 1775 getroffen door een wervelstorm, waarbij vrijwel de gehele bevolking omkwam. Zo'n twintig mensen overleefden de ramp. Rond 1820 werden de eerste kleurenblinde kinderen geboren. Het percentage kleurenblinden is al een aantal generaties stabiel.

*bewerkt naar: O. Sacks, Het eiland der kleurenblinden, Amsterdam, 1996, 66*

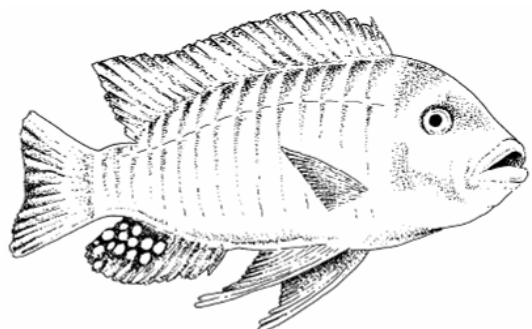
Onder de nakomelingen van de mensen die de natuurramp op Pingelap overleefden, komt de hierboven beschreven vorm van kleurenblindheid veel voor.

- 3p **12**
- Waardoor is de frequentie van het gen voor kleurenblindheid bij de bewoners meteen na de ramp hoger dan ervoor?
  - Noem twee factoren waardoor de frequentie hoog is gebleven.

## Eivlekken

---

Bij bepaalde vissoorten, zoals de zebracichlide *Pseudotropheus zebra*, ontwikkelen de eieren zich in de bek van het vrouwtje. Tijdens de paringsdans neemt het vrouwtje de door haar geproduceerde eieren in haar bek. Vervolgens spreidt het mannetje zijn anale vin en produceert sperma. Op zijn anale vin bevindt zich een aantal opvallende geel-oranje vlekken die een sterke gelijkenis vertonen met de eieren. Dit is te zien in de afbeelding hiernaast. Het vrouwtje hapt



naar de 'eivlekken' op de vin waarbij een deel van het geproduceerde sperma wordt opgehapt. Door dit gedrag is de kans op bevruchting van de eieren groot.

Sommige biologen menen dat deze eivlekken in de loop van de evolutie ontstaan zijn uit kleine parelvormige vlekjes die bij veel soorten cichliden voorkomen.

**3p 13** Leg uit op welke wijze cichlidesoorten met eivlekken volgens deze biologen zijn ontstaan.

Andere onderzoekers trekken deze veronderstelde functie van de eivlekken in twijfel. Zij staan sceptisch tegenover de gesuggereerde evolutionaire ontwikkeling vanwege het ontbreken van een precieze overeenkomst in kleur, vorm en afmeting van eieren en eivlekken. Deze tegenstanders zijn van mening dat de vlekken op de anale vin vooral een herkenningfunctie hebben: het soortspecifieke vlekkenpatroon stelt volgens hen een vrouwtje in staat een partner van de eigen soort te herkennen.

Verskillende onderzoeken naar de betekenis van de eivlekken hebben onder meer de volgende resultaten opgeleverd:

- 1 soorten waarvan de eivlekken duidelijk groter en opvallender zijn dan de eieren, baltsen merendeels in dieper water waar het zicht geringer is;
- 2 bij soorten met eivlekken die weinig gelijkenis vertonen met de eieren, hapt het vrouwtje tijdens de balts in dezelfde mate naar de anale vin als bij soorten met goed gelijkende eivlekken;
- 3 het verwijderen van de eivlekken van de anale vin heeft geen invloed op de mate waarin het vrouwtje tijdens de balts naar de anale vin hapt.

**2p 14** Welk van de genoemde onderzoeksresultaten ondersteunt of welke ondersteunen de mening dat de vlekken op de anale vin *vooral* een soortspecifieke herkenningfunctie hebben?

- A** alleen resultaat 1
- B** alleen resultaat 2
- C** alleen resultaat 3
- D** alleen de resultaten 1 en 2
- E** alleen de resultaten 1 en 3
- F** de resultaten 1, 2 en 3

## Schape

---

Bij schape komt een witte vacht tot stand onder invloed van het dominante gen H en een zwarte vacht door het recessieve gen h. Uit een kudde schape in Idaho (V.S.) werd een steekproef van 900 schape genomen. Van deze schape hadden er 891 een witte en 9 een zwarte vacht. Op deze populatie is de regel van Hardy-Weinberg van toepassing.

**2p 15** Bereken de frequentie van gen H in deze populatie.

## Ziekte van Gaucher

---

De ziekte van Gaucher is een erfelijke stofwisselingsziekte die wordt veroorzaakt door een recessief autosomaal gen. Door het ontbreken van een bepaald enzym, glucocerebrosidase, vindt stapeling van (afval)stoffen plaats in de organellen



waarin deze stoffen bij een gezonde persoon door het enzym worden omgezet. Deze stapeling is giftig voor de cel en veroorzaakt ten slotte schade in weefsels en organen.

In een bepaalde populatie is één op de 200 personen heterozygoot voor de ziekte van Gaucher. Een man en een vrouw uit deze populatie krijgen samen een kind. Zij weten niet of zij drager zijn van het gen voor deze ziekte. Gesteld wordt dat dragers van het gen voor de ziekte dezelfde voortplantingskansen hebben als niet-dragers.

- 2p **16**
- Bereken de kans dat hun kind deze ziekte heeft.
  - Geef je antwoord in procenten met vier decimalen.

## Polydactylie

---

In een bepaalde, geïsoleerde groep mensen komen individuen voor met meer dan tien vingers en/of tenen. Deze afwijking heet polydactylie. De afwijking wordt veroorzaakt door een dominant gen L. Een student onderzoekt 896 mensen uit deze groep. 220 mensen daarvan hebben een normaal aantal vingers en tenen. De student neemt aan dat deze groep van 896 mensen beschouwd kan worden als een populatie die voldoet aan de Hardy-Weinberg-regel.

- 2p **17** Bereken op basis van deze gegevens de frequentie van het gen L in deze populatie.

De student had verwacht in die populatie meer mensen met polydactylie aan te treffen. Hij had namelijk in de resultaten van een vorig onderzoek gelezen dat de frequentie van het gen L in die populatie 0,75 is.

- 1p **18** Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat in het onderzoek van de student een lagere frequentie van het gen L dan in het vorige onderzoek is gevonden.

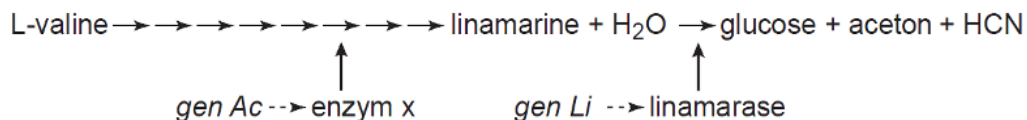
---

## Planten verdedigen zich

Sommige planten, waaronder exemplaren van de vlinderbloemige soorten Witte klaver (*Trifolium repens*) en Rolklaver (*Lotus corniculatus*), zijn bestand tegen vraat door slakken, veldmuizen en insecten door de productie van de giftige stof blauwzuur (HCN). Zij worden 'cyanogene' planten genoemd.

Verschillende genen zijn betrokken bij verschillende stappen in de productie van HCN. Het gen Ac codeert voor de vorming van enzym x, het gen Li voor de vorming van linamarase.

In de afbeelding zijn de vereenvoudigde reactieketen en enkele factoren die daarop van invloed zijn, schematisch weergegeven.



Uit een weiland in het Amsterdamse bos werden exemplaren van witte klaver verzameld en getest op de aanwezigheid van het enzym x en van het enzym linamarase. Het resultaat is in de volgende tabel gegeven.

enzymen in plant	aantal planten
beide enzymen	8
alleen enzym x	24
alleen linamarase	14
geen van beide enzymen	47

2p **19** Wanneer mag de regel van Hardy-Weinberg worden toegepast om aan de hand van dergelijke gegevens de frequenties van de allelen Ac en ac en van Li en li in deze populatie witte klaverplanten te berekenen? Noem drie van de voorwaarden waaraan moet worden voldaan.

Neem aan dat de regel van Hardy-Weinberg toegepast mag worden.

2p **20** Wat zijn de frequenties van het dominante allel Ac en het dominante allel Li in deze populatie witte klaverplanten?

- |          | Ac   | Li   |
|----------|------|------|
| <b>A</b> | 0,19 | 0,13 |
| <b>B</b> | 0,19 | 0,81 |
| <b>C</b> | 0,51 | 0,39 |
| <b>D</b> | 0,51 | 0,81 |
| <b>E</b> | 0,81 | 0,87 |
| <b>F</b> | 0,87 | 0,13 |

### *Herkomst vragen ontstaan en handhaving van verscheidenheid*

	examen	vraag
1	2005-1	13
2		16
3		17
4		18
5	2005-2	13
6		16
7		19
8		20
9		33
10		34
11	2006-1	5
12		6
13		16
14		17
15	2004-1	39
16	2003-2	7
17	2002-1	13
18		14
19	2007-1	20
20		21