

TOCHT DOOR DE EVOLUTIE

BOVENBOUW VWO



Welkom in de Hortus!

In deze serie opdrachten ga je op zoek naar de werking van de evolutie in het plantenrijk.

Voor je begint

Evolutie is eigenlijk een reality game dat zich afspeelt in de natuur en nooit eindigt.

Ook deze serie opdrachten is een soort spel, een zoektocht naar antwoorden.

De sleutels voor de beantwoording kun je overal vinden. In de folders en tekstborden van de Hortus, maar vooral door goed te kijken naar de planten zelf.

Op sommige vragen heeft de wetenschap (nog) geen goed antwoord. Door mee te denken sta ook jij dan samen met anderen aan de grens van onze kennis!

Hoe ga je aan de slag?

- Alleen als dat in de vraag staat, mag je de planten aanraken, anders niet!
- Alle vragen hebben een nummer. Als een nummer op a, b of c eindigt, mag je één van de vragen kiezen.
- Op de plattegrond zie je op welke plaats je de vragen kunt beantwoorden.
- Eerst maak je de vragen 1 t/m 10.
In de laatste 10 minuten maak je de vragen Z1 en Z2.

Dit zijn de te maken vragen:

1a, 1b	
2	
3	3 alleen in de zomer!
4	
5a, 5b	
6a, 6b	6a alleen in de zomer!
7a, 7b	
8	
9	
10	
Z1	
Z2a, Z2b, Z2c	

HEEL VEEL PLEZIER IN DE HORTUS!

PLATTEGROND VAN DE HORTUS



OPGAVE 1A | OOSTENRIJKSE EIK, STAMBEGROEIING

De schors van een boom vormt de leefomgeving van veel dieren en planten.

Je noemt zo'n leefomgeving een biotoop.

Zoek de Oostenrijkse eik naast het terras van het café (de Oranjerie).

1. Noteer zoveel mogelijk groepen van organismen (zoals: 'bacteriën') die leven op de schors van deze boom.
2. Eerst leefde er niets op de schors van het jonge boompje.
In welke volgorde denk je dat deze groepen van organismen op deze boom verschenen?

In dezelfde volgorde hebben vertegenwoordigers van deze organismen het land veroverd tussen 2000 en 350 miljoen jaar geleden! De verovering van het land wordt voor je ogen nagespeeld.

3. Verklaar waarom in de loop van de evolutie de dieren later op het land kwamen dan de planten.

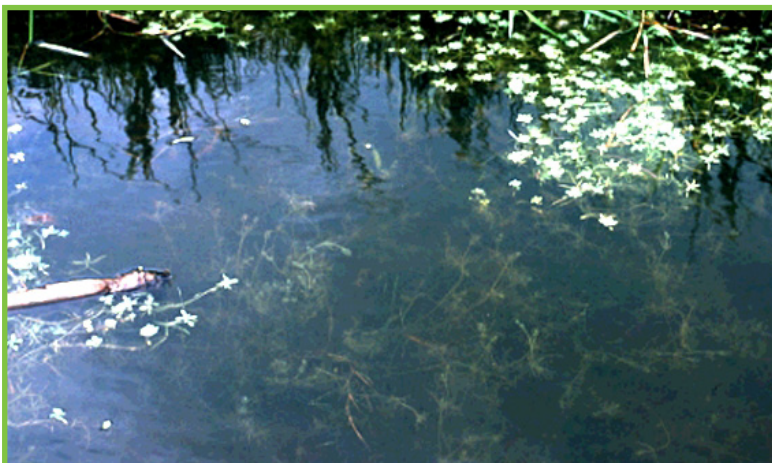
OPGAVE 1B | KASLOKAAL, EERSTE LANDPLANTEN

De eerste landplanten zijn 425 miljoen jaar oud en stammen af van kranswieren. Kranswieren bestaan nog steeds (zie foto's hieronder). Het zijn meercellige algen die in schoon, voedselarm water groeien.

In het kaslokaal zie je enkele replica's van de eerste landplanten. Uit deze planten zijn later de varens en de wolfsklauwen ontstaan.

Eén van de replicaplanten is de *Cooksonia*. De *Cooksonia* is naast de mossen de eerste echte landplant.

1. Noem drie overeenkomsten tussen een kranswier en de *Cooksonia*.
2. Noem drie verschillen in bouw tussen een kranswier en de *Cooksonia*.
3. Waarom konden de planten niet veel eerder aan land komen?
4. Waarom kwamen de planten eerder aan land dan de dieren?



In de vitrine rechtsachter in het Kaslokaal staan allemaal vertegenwoordigers van hetzelfde plantengeslacht *Haworthia*. Deze komen uitsluitend voor in Zuidelijk Afrika in zeer droge halfwoestijn. Ze zijn prachtig aangepast om te kunnen overleven in deze uitdagende omgeving.

Al deze planten behoren tot hetzelfde geslacht.

1. Wat kun je daaruit afleiden over de evolutie van deze planten?
2. Noteer drie gemeenschappelijke kenmerken van al deze *Haworthia*'s.

Kies drie *Haworthia*'s uit en noteer de soortnamen.

3. Noteer drie ándere kenmerken die déze drie *Haworthia*'s gemeenschappelijk hebben.
4. Noteer drie verschillen tussen deze drie gekozen *Haworthia*'s.
5. Beschrijf voor twee van de kenmerken uit de vorige twee vragen hoe de planten daar voordeel van kunnen hebben.

Veel van deze kenmerken vinden we ook bij cactussen in Zuid-Amerika.

6. Licht toe of deze overeenkomst ontstaan is door *convergente evolutie* of *divergente evolutie*.

OPGAVE 3

SNIPPENDAALTUIN, SMEERWORTEL (ALLEEN IN HET ZOMERHALFJAAR!)

In de Snippendaaltuin bloeit de smeewortel *Symphytum officinale*. In populaties van deze soort komen individuen voor met witte bloemen en individuen met paarse bloemen.

1. Hoe zou je experimenteel kunnen bewijzen dat de planten met witte bloemen en de planten met paarse bloemen tot dezelfde soort horen?

De bloemen van smeewortel worden bestoven door bijvoorbeeld hommels met lange tongen. Die kruipen een eindje de kroonbuis in en kunnen dan met die lange tong nét de nectar op de bodem van de bloem bereiken.

2. Hoe noem je de ecologische relatie tussen zo'n hommel en smeewortel?

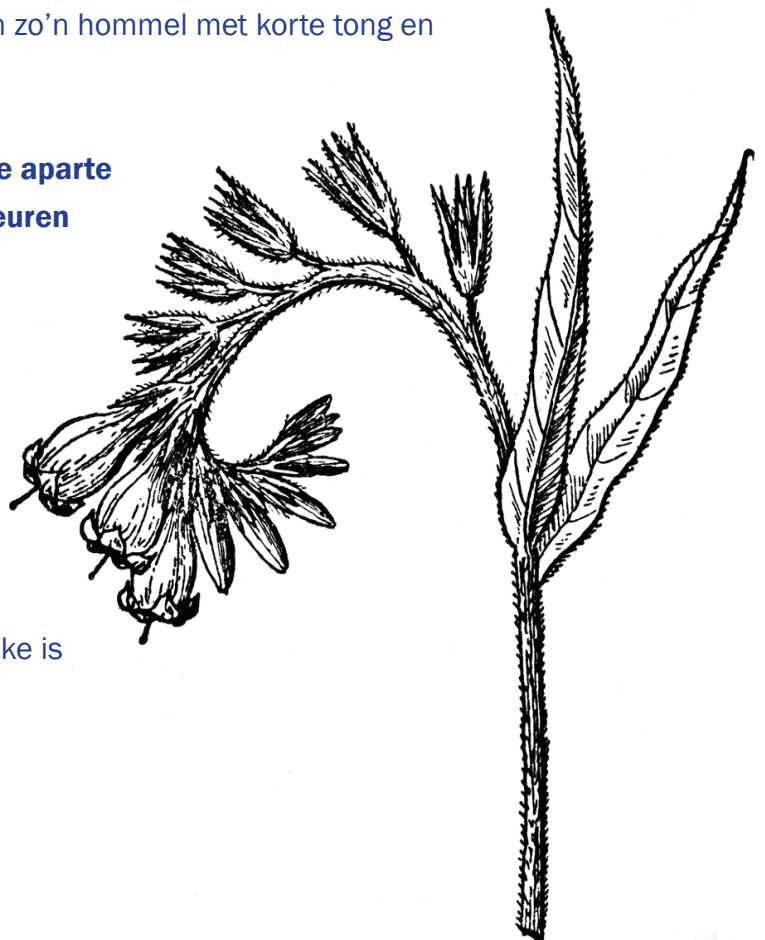
Er zijn ook hommels en bijen met korte tongen die de nectar zo niet kunnen bereiken. Die knagen vaak onderin de kroonbuis een gat, zodat ze toch bij de nectar kunnen. Dit noemen biologen 'inbraak' en de gaten vallen vaak op door hun bruine rand. Kijk of je die gaten ziet!

Zo'n hommel heeft een ándere ecologische relatie met de smeewortel.

3. Hoe noem je de ecologische relatie tussen zo'n hommel met korte tong en smeewortel?

Stel dat er na verloop van tijd door evolutie twee aparte soorten ontstaan in zo'n populatie met twee kleuren smeewortel: een wit bloeiende en een paars bloeiende soort.

4. Welke factor(en) vanuit de omgeving van de planten zou tot die soortvorming kunnen leiden?
5. Welke verandering(en) binnen de plant is hiervoor nodig?
6. Licht toe of in dit hypothetische geval sprake is van *allopatrische* of *sympatrische* soortvorming.



OPGAVE 4 | SNIPPENDAALTUIN, STEKELIGE MUIZENDOORN

In de punt van de Snippendaaltuin groeit de stekelige muizendoorn *Ruscus aculeatus*. Bekijk de plant aandachtig.

De plant zit vol bladeren met scherpe punten. Tenminste, dat lijkt zo! Ook vind je bloemen, bloemresten en/of vruchtjes aan de plant. Planten zijn modulair opgebouwd: bovengronds bestaan ze uit hoofd- en zijstengels, knoppen, bladeren en/of bloemen. De stengel is het orgaan waaraan alle andere organen kunnen groeien.

1. Beargumenteer waarom de 'bladeren' die we zien geen echte bladeren kunnen zijn.

Als het blad geen echt blad is, wat is het dan wel? Dit orgaan heet een cladode of phylloclade ('blad-tak'): een zijstengel die eruit is gaan zien als blad. Het echte blad is sterk gereduceerd tot een klein driehoekig vliesje, dat zich onder elke phylloclade aan de stengel bevindt. Kijk bij de plant en op de foto of je deze kunt vinden. De phylloclade heeft feitelijk de functies van het blad overgenomen.

2. Beschrijf in drie stappen hoe de stekelige punten in de loop van de evolutie kunnen zijn ontstaan.
3. Zijn phylloclade en blad analoog of homolog? Geef een argument voor je keuze.
4. Functieverandering van weefsels zien we bij diverse organismen. Geef een voorbeeld bij vogels, vleermuizen en mensen.



OPGAVE 5A | VLINDERKAS, WAARDPLANTEN - VLINDERS- VOGELS

In deze kas houdt de Hortus haar vlinders en de planten waarop zij leven.
Meteen links naast de deur staat een vitrine met een paar *Passiflora*-plantjes.

De rupsen van de Vliegende Hollander (*Heliconius*-vlinder) eten het blad van de *Passiflora* of passiebloem.

De vlinders zelf drinken nectar bij verschillende bloemen. De vlinders zijn giftig voor vogels. Planten beschermen zichzelf tegen insectenvraat en rupsenvraat door de vorming van gifstoffen. *Passiflora* maakt ook zulke gifstoffen. Rupsen van de Vliegende Hollander zijn echter ongevoelig voor het gif van de passiebloem omdat ze het opslaan in celcompartimenten waar het geen invloed heeft.

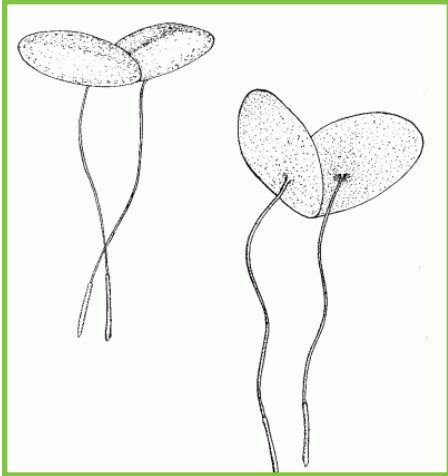
De rupsen zelf lopen weer het risico opgegeten te worden door vogels.

Zoek en bekijk eerst de rupsen op de *Passiflora*-plant in de vitrine.

1. Hoe komen de vlinders aan hun gifstoffen?
2. Beredeneer waarom het voor de rupsen gunstiger is het gif op te slaan dan het uit te scheiden of af te breken.
3. Tijdens elke stap van de evolutie ontwikkelt zich één eigenschap bij de waardplant, of bij het insect, of bij de rups & vlinder, of bij de vogel. Vul in onderstaand schema in hoe jij denkt dat de evolutie stapsgewijs heeft plaatsgevonden tussen deze vier organismen. Het uitgangspunt is de situatie dat insecten en rupsen van de nog niet giftige waardplant eten en dat de rupsen en vlinders door de vogels bejaagd worden. Je hoeft niet alle vakjes te gebruiken.

	<i>Passiflora</i> -plant	Insecten	<i>Heliconius</i> rups & vlinder	Vogels
Beginsituatie	P. plant is niet giftig.	Insecten eten van plant.	H. rupsen eten van plant.	Vogels eten H. rups en vlinder en andere insecten.
Stap 1				
Stap 2				
Stap 3				
Stap 4				
Stap 5				
Stap 6				
Stap 7				
Huidige situatie	P. plant is giftig.	Insecten mijden P. plant.	H. vlinders leggen eitjes bij voorkeur op P. plant.	Vogels mijden H. rups en vlinder.

OPGAVE 5B | VLINDERKAS, KROOS



Achter in de kas in het waterbassin drijft kroos op het water. Kroos is een plantje uit de Aronskelfamilie en groeit in het rustige milieu van de Hollandse sloten. Kroos is het kleinste plantje in de Hortus! Kroos vermeerdert zich voornamelijk vegetatief.

1. Haal één kroosplantje uit het water en noteer welke organen je ziet – en welke je niet ziet.
2. Verklaar het ontbreken van organen. Noteer een vergelijkbare situatie bij de mens of bij zeezoogdieren.
3. Noteer factoren die ertoe geleid kunnen hebben dat kroosplantjes niet groter of ingewikkelder zijn geworden in de loop van de evolutie, maar juist simpeler.

Kroos bloeit zelden. Er is zelfs een inheemse kroossoort, Wortelloos kroos, die in Europa nooit bloeiend is aangetroffen!

4. Leg uit hoe evolutie ook werkt bij populaties van planten die nooit bloeien.

OPGAVE 6A | CARNIVORENPERK, *SARRACENIA* BEKERPLANTEN (ALLEEN IN HET ZOMERHALFJAAR!)



In het carnivorenperk staat een aantal 'vleesetende' planten. De planten met de staande bekervallen zijn *Sarracenia* uit Noord-Amerika. Zij leven daar in een voedselarm veengebied met lage pH en hoge regenval. Controleer eerst of de bekervallen al iets 'gevangen' hebben. Kijk goed!

1. Welke organismen worden in de bekervallen gevangen?
2. Beredeneer uit welk orgaan (wortel, stengel, blad, bloem) de bekervallen zijn ontstaan.
3. Hoe denk je dat de eigenschappen van de natuurlijke leefomgeving hebben geleid tot het ontstaan van deze vleesetende planten?

OPGAVE 6B | VLINDERKAS, *NEPENTHES* BEKERPLANTEN



Achter in de kas hangt een ‘vleesetende’ plant. De planten met hangende bekervallen zijn *Nepenthes*. Het zijn klimplanten en soms epifyten die groeien in mistige, met mos bedekte wouden in Indonesië en Madagaskar. Ze vangen insecten die verdrinken in de vloeistof onderin de beker.

1. Uit welk deel van de plant (wortel, stengel, blad, bloem) zijn de bekervallen gevormd?
2. Teken in drie achtereenvolgende groeistadia de vorming van een nieuwe beker. Wat is, denk je, de betekenis van het ‘deksel’ boven de beker?
3. Hoe denk je dat de eigenschappen van de natuurlijke leefomgeving hebben geleid tot het ontstaan van deze vleesetende planten?

OPGAVE 7A | CONIFERENPERK, WOLLEMI PINE

Lees de tekst op het bord. De Wollemi is, zoals je op het bord kunt lezen, een ‘levend fossiel’.

1. Wat betekent de term ‘levend fossiel’?
2. Beredeneer of ieder van de twee natuurlijke populaties Wollemi’s een grote of een kleine genetische variatie heeft.
3. Beargumenteer of in zo’n vallei de wet van Hardy-Weinberg wel of niet geldig is.
4. Bij het onderzoek van de natuurlijke populatie worden de onderzoekers volledig ontsmet voordat ze naar de bomen gaan. Waarom gebeurt dat? Waarom doet men dat niet bij de lokale dieren?
5. Noteer een levend fossiel uit het dierenrijk (áls je die kent).

OPGAVE 7B | HALFROND, JAPANESE NOTENBOOM

De *Ginkgo biloba* is, zoals je op het bord kunt lezen, een 'levend fossiel'. De *Ginkgo*'s ontstonden ca. 170 miljoen jaar geleden, op hun hoogtepunt kenden ze 16 geslachten. Tot aan de laatste ijstijd kwamen ze overal op het noordelijke halfrond voor, ook in Nederland. In centraal China heeft een restpopulatie kunnen overleven. Van daaruit is de boom weer verspreid over de wereld.

1. Wat betekent de term 'levend fossiel'?
2. Er is nog een redelijke genetische variatie onder de *Ginkgo*'s. Wat zegt dat over de restpopulatie in China?
3. Beredeneer of die restpopulatie na de ijstijden genetisch armer is door het bottleneck effect of door het founder effect.
4. Waarom is een flinke genetische variatie belangrijk voor het voortbestaan (en de evolutie) van een soort?
5. Noteer een levend fossiel uit het dierenrijk (áls je die kent).

OPGAVE 8 | CONIFEREN

In het coniferenperk staan tal van coniferen (letterlijk: kegeldragers) oftewel naaldbomen, waaronder dennen en sparren, maar ook *Sequoia*. Zij vormen een evolutionair samenhangende groep.

In dit deel van de Hortus hangt een 'dennengeur'.



1. Welke kleverige stof in deze planten verspreidt die geur?
2. Wat is het evolutionaire voordeel van die stof voor de coniferen?
3. Leg in drie stappen uit hoe deze geur een kenmerk van deze hele plantengroep kon worden. Gebruik in je uitleg in ieder geval de termen *variatie* en *selectie*.

Ruik aan de blaadjes/naalden van verschillende soorten coniferen en stel vast in hoeverre die wel of niet dezelfde geur hebben.

4. Leg uit hoe dat kan met gebruikmaking van het begrip *convergente evolutie* of van het begrip *divergente evolutie*.

Loofbomen hebben deze specifieke 'dennengeur' niet.

5. In hoeverre kun je hieruit iets afleiden over de aanwezigheid van de geur bij de gemeenschappelijke voorouder van loofbomen en naaldbomen?

OPGAVE 9 | PALMENKAS, STRELITZIAFAMILIE

In de Palmenkas staat de paradijsvogelbloem (*Strelitzia nicolai*) uit Zuid-Afrika naast de hoge reizigersboom (*Ravenala madagascariensis*) uit Madagaskar. Beide zijn lid van dezelfde familie *Strelitziaceae*. Tot die familie hoort ook nog de *Phenakospermum guyannense* uit Zuid-Amerika. Bekijk zowel de planten in de kas als de afbeeldingen hieronder.



Strelitzia



Ravenala



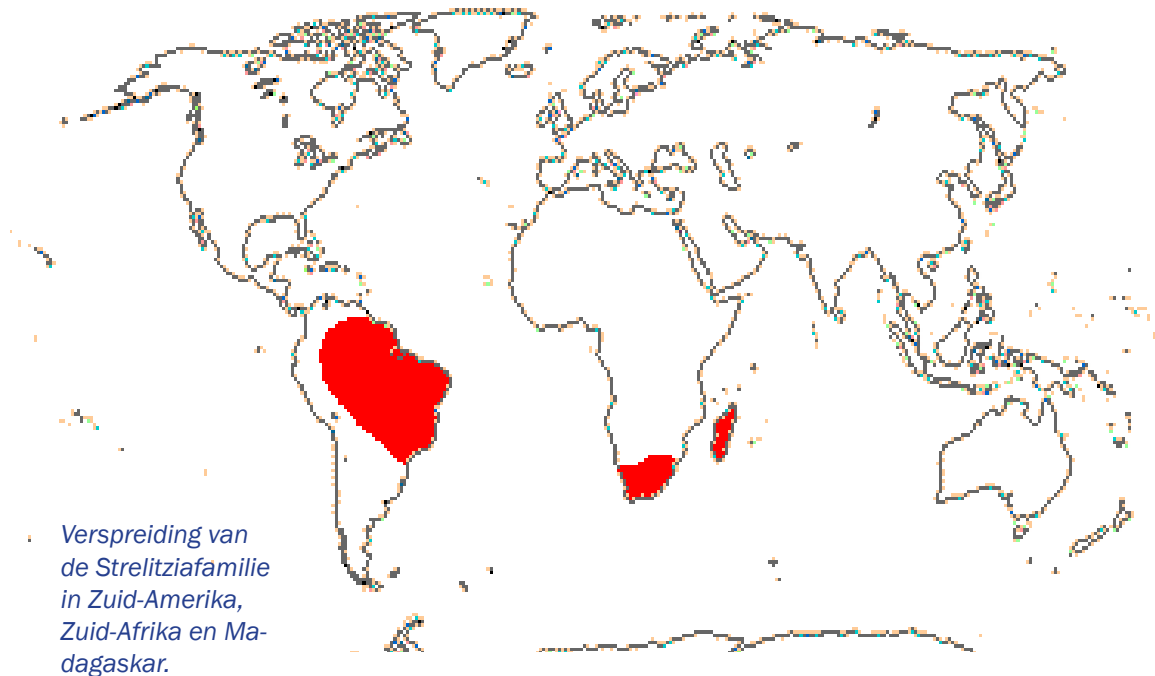
Phenakospermum

1. Beschrijf minimaal twee overeenkomsten in de bouw van deze drie soorten.

De bouw van een organisme was honderden jaren lang het belangrijkste criterium voor indeling bij families en dus voor evolutionaire verwantschap.

2. Welke relatief recente onderzoeksmethode is veel betrouwbaarder?

Deze drie soorten zijn oorspronkelijk ontstaan uit één oersoort die op één plek groeide.



3. Geef twee mogelijke verklaringen voor het huidige verspreidingspatroon, zoals afgebeeld in het kaartje hierboven.

Tegenwoordig weten we dat de afsplitsingen 60 miljoen jaar geleden zijn ontstaan.

4. Leg uit welke verklaring (die je misschien had bedacht) hierdoor afvalt.

Lees het informatiebordje bij de reizigersboom.

5. Waaraan heeft deze plant zijn naam te danken?

OPGAVE 10 | PALMENKAS, CYCADEEËN

Lees de tekst bij de Oostkaapse broodboom in de koepel van de Palmenkas. Bestudeer de teksten in de laden van de cycadeeënvitrine, in de rechtervleugel van de kas.

De cycadeeën zijn naaktzadige planten die de opkomst, de hoogtijdagen en het uitsterven van de dinosauriërs hebben meegemaakt.

1. Noteer twee kenmerken van de bladeren van de Oostkaapse broodboom.

In de middenvitrine van de houten kast zie je rechts 'stenen op steeltjes'.
Zoek en lees hierbij de tekst van de lade 'Oeroud'.

2. Wat is het verband tussen de stenen en de dino's op de achtergrond?
3. Wat is een mogelijk verband tussen de stenen, de dino's en de broodboom?
4. De dinosauriërs zijn ca. 65 miljoen jaar geleden uitgestorven. Ook de cycadeeën zijn als groep aan het uitsterven. Welke relatie kan er zijn tussen de cycadeeën en dino's?
5. Bekijk op de globe de huidige verspreiding van de cycadeeën. Geef een verklaring voor het feit dat ze op bijna alle continenten voorkomen.



Z1

Kies twee vragen die je gemaakt hebt en kruis aan welke begrippen je hebt gebruikt bij de beantwoording.

Lijst van begrippen	Vraag nr.	Vraag nr..
Abiotische factoren		
Adaptatie		
Biotische factoren		
Co-evolutie		
Competitie		
Convergente evolutie		
Divergente evolutie		
DNA		
Ecologie		
Ecologische niche		
Fotosynthese		
Genetische drift		
Inteelt		
Functieverandering		
Levensvatbaarheid van een populatie		
Mutualisme		
Natuurlijke selectie (= ecologische selectie)		
Natuurlijke variatie		
Overerven		
Parasitisme		
Populatie		
Wet van Hardy-Weinberg		
Restpopulatie		
Seksuele selectie		
Selectiedruk		
Sympatrische soortvorming		
Soortvorming		
Stamboom		
Uitsterven		
Verspreiding		

Z2A

Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van co-evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer waarom dit voorbeeld van co-evolutie zijn.

Z2B

Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van convergente evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer welke factoren geleid kunnen hebben tot deze vorm van convergente evolutie.

Z2C

Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van divergente evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer welke factoren geleid kunnen hebben tot deze vorm van divergente evolutie.

Tot ziens in de Hortus!

de hortus

Hortus Botanicus Amsterdam - anno 1638