

# Het grote Ondergrondse- Bovengrondse Interacties Spel

Katrin Meyer & Nicole van Dam

contact en reacties:  
Prof. Dr. Nicole van Dam  
Afdeling Ecogenomics, IWWR  
Radboud Universiteit Nijmegen  
Postbus 9010  
6500 GL Nijmegen  
[n.vandam@science.ru.nl](mailto:n.vandam@science.ru.nl)

## **Toelichting op het spel voor de docent**

### **Doelgroep**

Leerlingen bovenbouw voortgezet onderwijs (HAVO, VWO) en studenten HBO, WO

### **Leerdoelen**

Door het deelnemen aan dit spel verwerven de leerlingen/studenten inzicht in:

- Geïnduceerde afweer in planten
- De (onverwachte) effecten van geïnduceerde afweer op organismen die op en rond planten leven
- Processen en mechanismen die betrokken zijn bij interacties tussen organismen in een ecosysteem
- Hoe men een experimenteel onderzoek opzet en uitvoert
- (eventueel: het toetsen van verschillen tussen experimenten met behulp van een t-test)

### **Gewenste voorkennis**

Voordat het spel gespeeld kan worden, moeten de leerlingen/studenten de volgende concepten/termen kennen:

- Herbivoren, herbivorie (met name door insecten)
- Geïnduceerde plantafweer
- Fitness
- Sluipwespen (voor een mooie videoclip met sluipwespen en wat ze doen in en met een rups, zie de YouTube clip Body Invaders van National Geographic <http://www.youtube.com/watch?v=vMG-LWYncAs>)
- Trofische niveaus
- (eventueel: statistiek: Hoe doe je een t-test en wat toets je ermee?)

## Korte wetenschappelijke achtergrond

Als planten aangevreten worden door wortelherbivoren, verweren zij zich door meer afweerstoffen te produceren. De hormonen betrokken bij de signalering van deze zogenaamde geïnduceerde afweerresponsen worden ook naar de bladeren getransporteerd via het vatenstelsel van de plant. Daardoor neemt ook het afweergehalte in de bladeren vaak toe. Als gevolg hiervan krijgen rupsen die op de bladeren eten meer afweerstoffen in hun voedsel. Deze afweerstoffen kunnen verschillende effecten hebben op de rups. Specialisten die zijn aangepast aan de afweer van hun waardplant kunnen de afweerstoffen opslaan voor hun eigen verdediging. Een voorbeeld hiervan zijn de rupsen van de jacobsvlinder (*Tyria jacobaeae*) die giftige alkaloiden uit hun waardplant opslaan in hun eigen lichaam. Niet-aangepaste, generalistische, rupsen gaan langzamer groeien als de plant giftiger wordt of ze gaan eerder dood. In beide gevallen worden de rupsen kwalitatief minder goed voedsel voor hun vijanden: de sluipwespen. Als de larven van de sluipwesp zich in een rups met minder voedingswaarde moeten ontwikkelen, verliest de sluipwesp aan fitness. Zodoende kan een wortelherbivoor die de sluipwesp nooit heeft gezien een negatieve invloed hebben op het aantal nakomelingen dat zij kan produceren!

## Literatuurreferenties

Voor het bedenken van dit spel hebben wij gebruik gemaakt van de gegevens die zijn verzameld bij experimenten met *Brassica nigra* (zwarte mosterd), de koolwortelvlieg (wortelherbivoor, *Delia radicum*), rupsen van het koolwitje (*Pieris brassicaea*) en hun sluipwesp (*Cotesia glomerata*). De afweerstoffen die werden gemeten zijn glucosinolaten (mosterolieglucosiden) die mosterd en koolsoorten hun pittige en bittere smaak geven. Wilt u meer lezen over de resultaten van deze experimenten, dan kunt u de volgende artikelen hierover lezen (als de artikelen Open Acces zijn of als uw school toegang heeft, kunt u ze via de DOI link direct ophalen van het internet):

Meyer, K. M., M. Vos, et al. (2009). "Quantifying the impact of above- and belowground higher trophic levels on plant and herbivore performance by modeling(1)." *Oikos* 118(7): 981-990.  
DOI: 10.1111/j.1600-0706.2009.17220.x

Soler, R., T. M. Bezemer, et al. (2007). "Impact of foliar herbivory on the development of a root-feeding insect and its parasitoid." *Oecologia* 152(2): 257-264. DOI: 10.1111/j.2006.0030-1299.15501.x

van Dam, N. M. and C. E. Raaijmakers (2006). "Local and systemic induced responses to cabbage root fly larvae (*Delia radicum*) in *Brassica nigra* and *B. oleracea*." *Chemoecology* 16(1): 17-24.  
DOI: 10.1007/s00049-005-0323-7

van Dam, N. M., C. E. Raaijmakers, et al. (2005). "Root herbivory reduces growth and survival of the shoot feeding specialist *Pieris rapae* on *Brassica nigra*." *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 161-170.  
DOI: 10.1111/j.1570-7458.2005.00241.x

## Vorbereidingen

De lijst met benodigdheden voor dit spel vindt u op pagina 7. Maak voldoende instructiekaartjes voor de deelnemers (zie pagina 8) en 1 of 2 sets met plaatjes voor naast de rijen (zie aparte PDF file “OGBG spelkaarten”).

Uit de deelnemers wijst u de volgende personen aan:

- 1 timer (iemand die om de 10 seconden een seintje geeft aan de sluipwespen om een ei te leggen), deze krijgt de stopwatch
- Een aantal onderzoekers (deze gaan met de instructies op pagina 9 de gang op voordat u het spel aan de rest uitlegt)
- Groepjes van 5 die samen 1 experiment gaan vormen (zie plaatjes op volgende bladzijde)

Zodra de onderzoekers de deur uit zijn, zet u de deelnemers in rijen van 5 achterelkaar (in ‘treintjes’) en leg de kaarten met de plaatjes en namen van de trofische niveaus naaste de rijen, zoals op de volgende afbeelding is aangegeven.

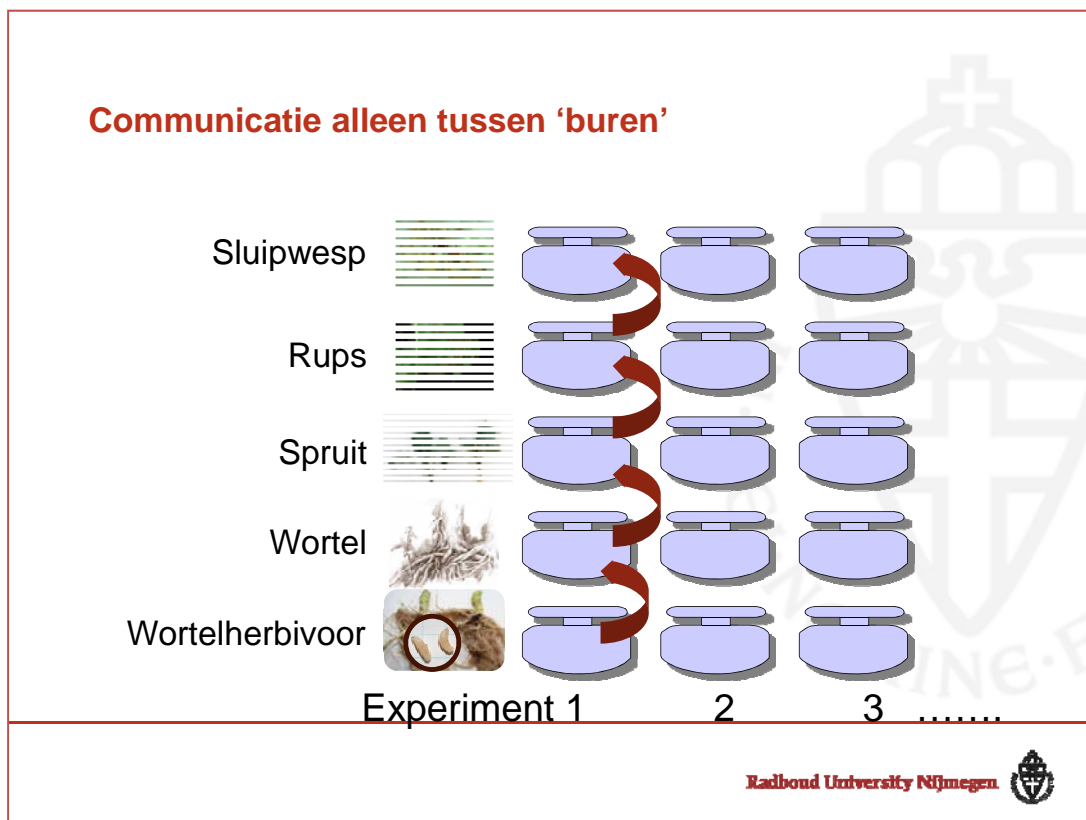


Vervolgens geeft u de benodigdheden aan de betreffende deelnemers:

- de “sluipwespen” krijgen elk een bakje met ‘eieren’ de eivoorraad, en een leeg bakje met fitness erop. In het fitnessbakje leggen ze, zodra het experiment is gestart, elke 10 seconden een ei (als de timer het signaal geeft). Ze stoppen pas als het experiment centraal wordt gestopt. Instrueer ze dat, als ze de helft van hun eitjes in het fitnessbakje moeten terugdoen, ze naar boven afronden.
- Elke “rups” krijgt een stapeltje kaarten met ‘chemisch signaal’ erop.
- Elke “spruit” één kaart met “chemische afweer” erop en een bakje plus een dobbelsteen. Geef de instructie te dobbelen in het bakje.
- “Wortels” en “wortelherbivoren” krijgen geen extra benodigdheden.

Leg aan de deelnemers uit dat ze de kaartjes met de instructies niet aan de onderzoekers mogen laten zien. De onderzoekers mogen wel zien en horen (= observeren) wat ze aan elkaar doorgeven en wat ze doen. De communicatie is uitsluitend van de wortelherbivoor naar ‘boven’ en alleen tussen directe buren (zie plaatje hieronder).

Tussen de deelnemers in de verschillende experimenten wordt niet gecommuniceerd; het zijn onafhankelijke experimenten. Oefen even ‘droog’ door elke rij 1 maal een rode of groene kaart te laten zien.



## **Let the games begin!**

Als de deelnemers voldoende geïnstrueerd zijn, controleer dan even of de onderzoekers ook begrepen hebben wat hun opdracht is. Controleer ook of ze een plan van aanpak hebben verzonnen met betrekking tot de verdeling van de experimenten. Het beste is als elke onderzoeker 1 rij onder zijn of haar hoede neemt en gedurende de eerste ronde 1 behandeling (vreten OF niet vreten) laat plaatsvinden in de rij. Dat geeft de beste vergelijkingsmogelijkheden aan het eind. Doordring ze ook van het feit dat ze hun experiment telkens opnieuw moeten starten door hun kaart aan de wortelherbivoor te laten zien. Dat mag zo vaak als ze willen totdat het stopsignaal komt.

Laat de onderzoekers binnenkomen en zich opstellen. Geef de timer opdracht te beginnen met tijdmeten en laat het experiment 2 tot 3 minuten lopen. Laat dan stoppen.

De onderzoekers tellen het aantal eitjes in het fitnessbakje van de sluipwesp in hun experiment. Deze getallen worden opgeschreven en gemiddeld per behandelingsgroep (wortelherbivoor vreet OF vreet niet = Controle groep). Als alles goed verlopen is, zal het gemiddelde aantal eitjes van sluipwespen in de controle groep groter zijn dan in de groep waar de onderzoekers de wortelherbivoor hebben laten vreten. U kunt dit toetsen met een t-toets of een Mann-Whitney U-test (een niet parametrische variant op de t-toets) indien u dit wenst. Meestal zijn de verschillen groot genoeg om het zonder toetsen ook wel te zien.

## **Hoe het spel werkt: de theoretische achtergrond.**

De werking van dit spel is gebaseerd op de manier waarop theoretisch biologen zoals Katrin Meyer hun modellen maken. De werkelijke gebeurtenissen, zoals het vreten van een herbivoor, het induceren van afweer en het giftiger worden van een rups, worden omgezet in kansfactoren en parameters. De dobbelsteen die de spruit moet gooien speelt een belangrijke rol. Als een herbivoor vreet, is de kans 80% dat het getal genoemd door de wortel (1, 2, 3, 4 en 5) gegooid wordt en er afweer wordt gemaakt. De afweer beïnvloedt vervolgens de rups, die een chemisch signaal geeft aan de sluipwesp. Deze neemt de helft van haar eitjes uit het fitnessbakje. In het echt zouden misschien 50% van haar larven niet uitkomen in een giftige of minder geschikte rups; het terugleggen is een metafoor. Als de wortelvlieg niet vreet, is de kans veel kleiner (20%) dat dit allemaal zal gebeuren. In beide gevallen is er geen 100% kans dat iets wel of niet gebeurt: dat is in het echt ook zo. Er is altijd een kans dat een plant met een wortelherbivoor niet sterk reageert of een niet-geïnfecteerde plant wel goed verdedigd is. Vandaar de 20% kans dat iets 'onverwachts' gebeurt.

Nu u dit begrijpt, kunt u vast ook varianten verzinnen op dit spel. De onderzoekers zouden ook experimenten kunnen uitvoeren waarbij de wortelherbivoor om en om vreet. De getallen die genoemd worden door de wortel voor de dobbelsteen van de spruit, kunnen worden aangepast, enzovoorts. Wij wensen u veel succes en zijn benieuwd naar uw reacties!!!

# Benodigdheden voor het spel

- Rode en groene kaarten voor de onderzoekers
- Stopwatch voor de 'timer'
- Per experiment (1 rijtje van 5 personen):
  - 1 dobbelsteen
  - 1 bakje om in te dobbelen
  - Zakje 'eitjes' (M&Ms, knikkers)
  - Beker voor eivoorraad sluipwesp
  - Leeg bakje om de eitjes in te leggen (label met het woord "fitness")
- Opdrachtkaartjes voor de deelnemers (zie volgende pagina): maak voor ieder experiment 1 setje kaartjes.
- Instructies voor onderzoekers (zie 2 pagina's verderop)
- Kaartjes met plaatjes voor naast de rijen met stoelen (PDF file, 1 of 2 sets per groep)
- Kaartjes met 'chemisch signaal' en 'chemische afweer'
- Een bord of flap-over om de uitkomsten op te schrijven
- (eventueel: labjassen voor de onderzoekers)

## **Bovengrondse sluipwesp**

Neem iedere 10 seconden 1 ei uit de voorraad en leg het ei in het bakje. Als degene die voor je zit (de bovengrondse herbivoor) je een kaart geeft waarop staat “Chemisch signaal”, neem dan de helft van de gelegde eieren uit het bakje en doe die terug in de voorraad.

## **Bovengrondse herbivoor**

Als de persoon vóór je (de spruit) je een kaart toont met het woord “Chemische afweer” neem dan een kaartje van je eigen stapel en geef dat aan de persoon (de sluipwesp) achter je.

## **Spruit**

Zodra je getallen hoort van degene vóór je, gooi dan met de dobbelsteen. Als het getal dat je gooit ook gezegd is door degene vóór je, neem dan een “Chemische afweer” kaart en toon die aan de persoon achter je (de bovengrondse herbivoor).

## **Wortel**

Krijg je van de persoon vóór je (de wortelherbivoor) te horen dat er aan je gevreten wordt, zeg dan tegen de persoon achter je (de spruit) de getallen “1,2,3,4,5”  
Als je hoort “Ik doe niets”, zeg dan tegen de persoon achter je het getal “1”

## **Wortel herbivoor**

Als je een groene kaart krijgt te zien van de onderzoeker, zeg dan tegen de persoon achter je (de wortel): “Ik vreet aan jou”.  
Krijg je een rode kaart te zien, zeg dan: “Ik doe niets”



## Opdracht aan de onderzoekers

Zo meteen gaan jullie een experiment uitvoeren.

In de zaal staan rijen van stoelen met een persoon. Iedere rij vertegenwoordigt een trofisch niveau. Een 'treintje' van 5 stoelen achterelkaar vertegenwoordigt van voren naar achteren: een wortelherbivoor, een wortel, een spruit, een rups en een sluipwesp. Samen vormen zij 1 experiment. Deze organismen - of delen ervan - vertonen allemaal een typisch gedrag dat je kunt observeren zodra je het experiment start.

Een onderzoeker kan een experiment starten door een kaart aan een wortelherbivoor te laten zien. Met een groene kaart kun je een wortelherbivoor laten vreten aan de wortels. Met een rode kaart laat je de wortelherbivoor niets doen (in de wetenschap heet dat de "controle groep"). Na enige tijd (2 à 3 minuten) worden de experimenten gestopt. In die tijd kun je meerdere keren de kaart aan de wortelherbivoor laten zien, zodat het experiment steeds herhaald wordt. Zo kun je meerdere keren observeren wat er gebeurt en worden de effecten ook groter. Op het eind tel je de fitness (aantal eitjes dat gelegd is) van de sluipwesp.

De rest van de trofische niveaus kunt je slechts observeren. Jouw observaties zijn erg belangrijk. Ze zullen je helpen de volgende vragen te beantwoorden:

- **Hebben ondergrondse vretende wortelherbivoren een effect op bovengrondse interacties?**
- **Zo ja, welke effecten neem je waar?**
- **Welke mechanismen spelen hierbij een rol?**

Een paar tips:

- Als je met een groep bent, spreek met elkaar af wie welk kaartje gaat laten zien. Let er op dat je op het eind twee groepen van experimenten kunt vergelijken. Zorg er ook voor dat elk type experiment voldoende herhaald wordt.
- Observeer goed wat elk trofisch niveau doet. Gebruik dit om een eventueel tweede experiment aan te passen (wat betreft het kaartje dat je laat zien et cetera).