

Plassen op je gewassen

Onderzoek de toepassing van urine als meststof in een hydrocultuur



Samenvatting

Je gaat naar de wc, je plast, en je spoelt door. Voor ons is dit een doodnormale handeling. Net als ons andere afvalwater, spoelen we onze urine door het riool. Eindelijk is dit best zonde, want urine bevat nog heel veel waardevolle voedingsstoffen. Het gebruik van urine als een natuurlijke meststof voor een hydrocultuur is mogelijk een praktische toepassing. Wetsus doet onderzoek naar duurzaam hergebruik van urine als meststof.

Deze toolkit is geschikt om te gebruiken voor een profielwerkstuk of een lesmodule in de klas. Met de ze toolkit bouw je je eigen kweekkas waarin je verschillende afvalstromen als voedingsbron voor planten kunt testen.

De experimenten zijn in de volgende modules verdeeld:

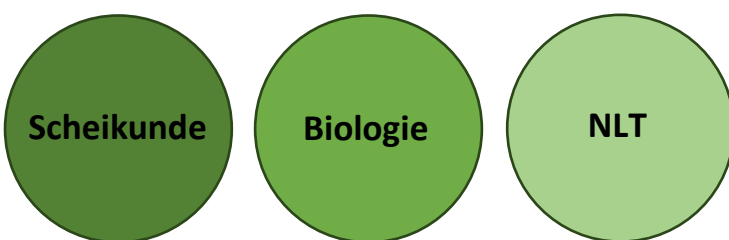
Module 1: Ontkiemen van de zaden

Module 2: Voorbereiden van je groeimedium

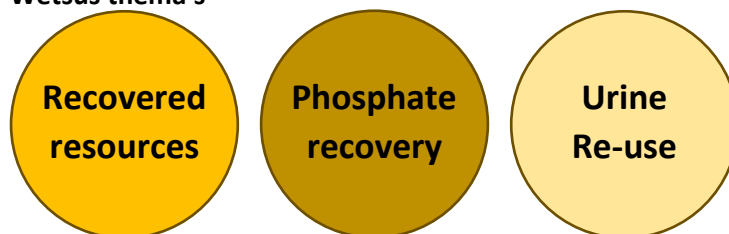
Module 3: Hydrocultuur starten

Module 4: Groei analyseren

Geschikte vakken



Wetsus thema's



Interesse gebieden



Tijdspad

Voor een succesvol onderzoek heb je genoeg tijd nodig. Hieronder vind je een globale planning om je onderzoek binnen 8 weken af te ronden. Deze planning is slechts een leidraad.

Week	1+2	3+4	5+6	7+8
Verslag	Introductie Onderzoeksvragen Experimenteel ontwerp	Achtergrond informatie Materiaal & methode		Discussie, conclusie
				Resultaten
Experiment	Zaden kiemen			
	Controle experiment	Experiment uitvoeren		Resultaten

Inhoud

Samenvatting	1
Tijdspad	1
Wat zit er in de toolkit?	3
Opbouw	0
Achtergrondinformatie	2
Fosfaat	2
Stikstof	2
Onderzoek bij Wetsus	3
Een onderzoek opzetten, hoe doe je dat?	4
Experimenteel ontwerp	5
Resultaat analyse	6
De toolkit gebruiken	7
Module 1: Ontkiemen van de zaden	7
Module 2: Voorbereiden van je groeimedum	8
Module 3: hydrocultuur starten	9
Module 4: Groei analyseren	10
Massa van de plant	10
Afmetingen van de plant	10
Bronnen:	11
Bijlage 1: Mix Instructies Masterblend	12
Bijlage 2: Instellen tijdschakelaar	13

Wat zit er in de toolkit?



Nr	Aantal	Materiaal	Zelf aanleveren:
1	1x	Grote box met stekkerdoos	Zaden van je gewas naar keuze
2	1x	UV lamp (Lucis kweeklamp 20w 65 cm)	Gedemineraliseerd water
3	1x	Frame van PVC voor de kas	Weegschaal in milligrammen
4	1x	Tijd instelbaar stopcontact	Meetlint
5	4x	4 boxen met een inlegray en een houder voor steenwol.	Emmer om groeimedum te mengen Flessen om groeimedum in te bewaren
6	4x	4 glazen flessen met dop	Optioneel: huishoudfolie om een kas te maken
7	4x	4 afvoer slangen van box naar fles.	
8	4x	4 afsluitdoppen voor de afvoer	
9	2x	2 waterpompen met aan- en afvoer slangetjes	
10	1x	Luchtpomp met luchtslang en 4 beluchtingssteentjes	
11	2x	Kweek-steenwol	
12	1x	Masterblend 4-18-38 Hydroponic Plantenvoeding kit	

Opbouw

Stap 1

Pak de toolkit uit. Let op hoe alle onderdelen er nu in passen, dit komt erg precies. Begin met het bouwen van de kas van PVC buizen. Deze klik je aan het deksel van de grote kist. De buizen zijn met tape gelabeld. Met een beetje inzicht lukt dit wel. De UV lamp hang je bovenin.



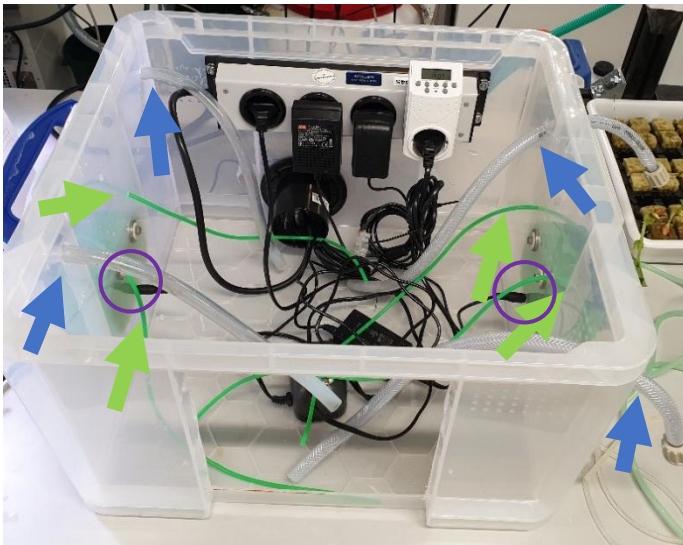
Stap 2

Hang de twee groene waterpompjes aan de buitenkant van de kist. Gebruik geen grof geweld.



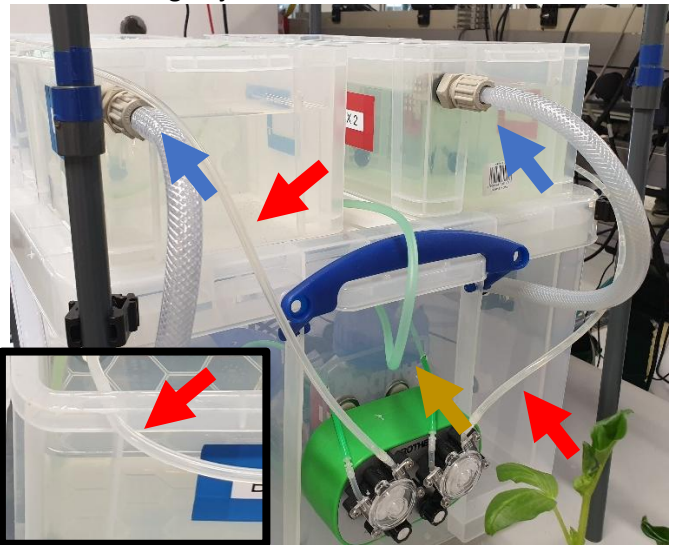
Stap 3

Druk alle stekkers in de stekkerdoos. Sluit de stroom van de waterpompjes aan. Hang de 4 dikke afvoerslangen door de gaten. Hang de 4 groene slangetjes door de gaten boven de waterpomp. Kijk goed naar de afbeelding hieronder.



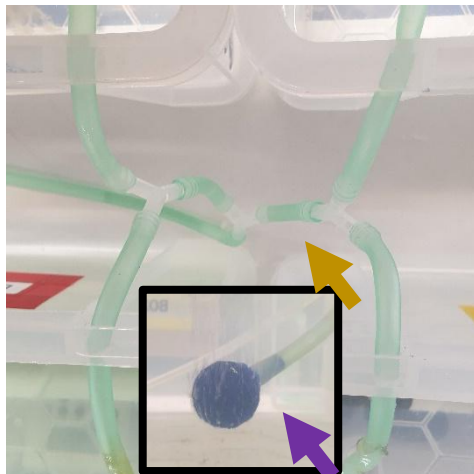
Stap 4

Zet samen het deksel en de PVC-kas op de box. Zet de 4 kleine boxen op de grote box. Gebruik de witte trespaplaat om ze recht te zetten. Sluit de 4 dikke afvoerslangen aan. Zet eventueel een gewicht in de box om ze stevig te laten staan. Hang de dunne witte aanvoerslangen in de boxen via de gaatjes aan de buitenkant.



Stap 5

Sluit de luchtslang aan. Zorg dat alle 4 boxen een luchttoevoer hebben via de gaatjes aan de binnenkant. De hoofdslang gaat van de pomp door een gat boven de waterpomp naar buiten en dan naar de boxen (zie stap 4). Sluit daarna de luchtsteentjes aan.



Stap 6

Vul de boxen en flessen met kraanwater of (afval)water naar keuze. In totaal gaat er 4,5 L in. Zet daarna de flessen in de grote box en hang de aan en afvoer slang erin. De dikke slang mag het water niet raken. De dunne aanvoerslang moet tot de bodem reiken.



Stap 7

Tijd om te testen! Stop de stekker van de stekkerdoos in een stopcontact en kijk of de waterpompjes draaien en de luchtpomp werkt. Zie je overal bubbels? Hoe hard moet de waterpomp draaien? Laat de opstelling een uurtje draaien en controleer of er ergens lekkage is. Test ook de UV lamp.

Tijdens gebruik:

Het water van de hydrocultuur moet regelmatig vervangen worden om algen/schimmel/bacteriegroei tegen te gaan en om te zorgen dat de voedingsstoffen toereikend zijn. Vervang het water daarom elke week.

Wanneer je de bakken wilt legen: zet de pompen uit. Stop de dop aan de binnenkant van de Kleine box in het gat van de afvoerslang. Daarna draai je de slang los. Haal ook voorzichtig de aanvoerslang en de luchtslang los voordat je de bak optilt.

Stap 9

Geniet van je experiment!



Stap 8

Wanneer je klaar bent voor je experiment, stel je de tijdschakelaar voor de lamp op de juiste manier in. De digitale tijdschakelaar moet van te voren opladen om te kunnen instellen. De analoge hoeft niet opgeladen te worden en kun je direct instellen. Er staat een handleiding in bijlage 2.

Stap 10

Wanneer je klaar bent met experimenteren, moet je het system 24 uur laten draaien met kraanwater. Hierdoor spoelen alle slangen en pompjes mooi schoon. Zorg dat alle onderdelen schoon en droog zijn voordat je ze inpakt. Puzzel de onderdelen weer in de bak en lever ze in bij Wetsus.



Achtergrondinformatie

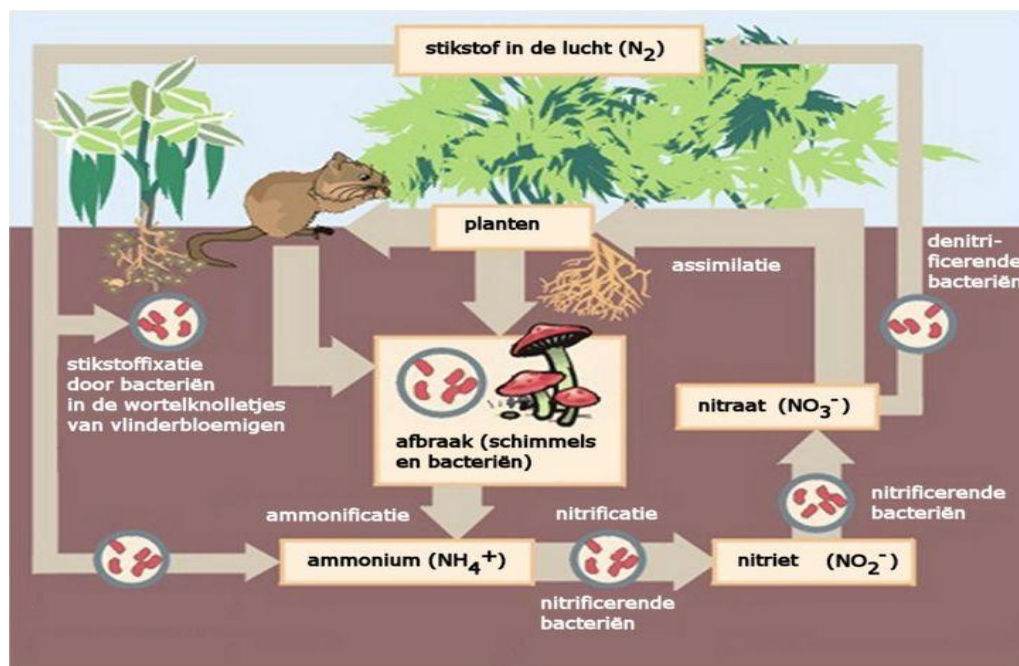
Zonder er bij na te denken spoel je elke dag je poep en plas de wc door. Urine en ontlasting bevatten nog veel waardevolle componenten. Deze componenten -voornamelijk stikstof en fosfaat - worden nu gefilterd en vernietigd bij de rioolwaterzuivering. Dit is zonde, en geen duurzaam systeem. Met deze toolkit ga je onderzoeken of je deze afvalstromen ook direct kunt gebruiken als meststof, zodat er een directe kringloop ontstaat.

Fosfaat

Fosfaat is een essentiële bouwstof voor planten en dieren. Fosfaat maakt deel uit van ons DNA en speelt een rol in de energie huishouding. Op dit moment wordt fosfaat gewonnen uit mijnen, die een keer leeg gaan raken. Over ongeveer 100 jaar zullen de mijnen zijn uitgeput, en het is dus belangrijk om een meer duurzame bron van fosfaat te vinden. Het fosfaat wordt gemijnd om te verwerken tot kunstmest, wat weer gebruikt wordt in de landbouw om voldoende voedsel te kunnen produceren voor de groeiende wereldbevolking. Het niet-opgenomen fosfaat in ons lichaam komt in onze poep terecht, en spoelt weg naar het riool. Hier wordt het gebonden aan slib, afgevoerd en uiteindelijk verbrand. Ook het mestoverschot van vee bevat veel fosfaat dat op dit moment wordt vernietigd.

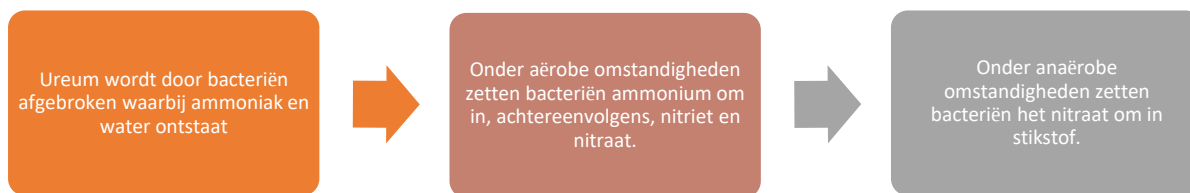
Stikstof

Stikstof is een veelvoorkomend element op aarde. Lucht bestaat voor ongeveer 80% uit stikstof. Stikstof is een onmisbaar element bij de vorming van eiwitten. Mensen en dieren scheiden stikstof uit via urine in de vorm van ureum. In de natuur wordt stikstof van de ene in de andere vorm omgezet om opnieuw beschikbaar te zijn voor organismen. Dit noemen we de natuurlijke stikstofkringloop (afbeelding 1).



Afbeelding 1: natuurlijke stikstof kringloop.

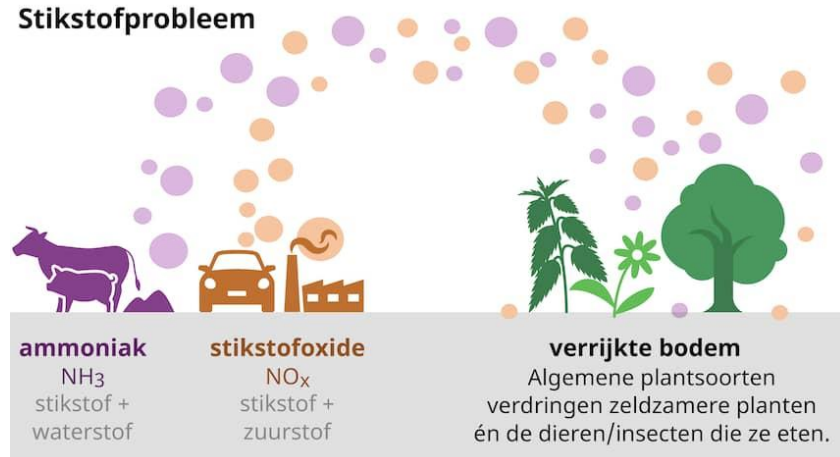
Stikstof in de vorm van ureum in menselijke urine komt in Nederland in de rioolwaterzuivering terecht. In het afvalwaterzuiveringsproces wordt ureum in een aantal stappen omgezet in stikstof (figuur 2). De gevormde stikstof kan zonder problemen geloosd worden in het milieu waar het weer deel uitmaakt van de natuurlijke stikstofcyclus.



Afbeelding 2. Het stikstofproces in rioolwaterzuivering.

Door natuurlijke processen en menselijke activiteiten worden stikstofverbindingen gevormd zoals stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3). In lage hoeveelheden zijn deze stoffen niet schadelijk en kan de natuur het evenwicht bewaren tussen atmosferische stikstof en deze stikstofverbindingen, maar door de overmatige productie van stikstofverbindingen door de mens raakt de natuur overbelast. Door het overmatige aanwezigheid van stikstof worden zeldzame planten verdrongen, en groeien sloten en rivieren zo dicht dat er te weinig zonlicht de dieper groeiende planten bereikt. Dit teveel aan voedingsstoffen wordt ook wel eutrofiëring genoemd. In grote hoeveelheden is stikstof daarom schadelijk voor de natuur. De grootste stikstof uitstoters zijn de landbouwsector met veehouderijen en gebruik van kunstmest (ammoniak) en de industrie (stikstofoxide). Zie afbeelding 3. Het stikstofprobleem is momenteel een belangrijk politiek onderwerp.

Stikstofprobleem



Afbeelding 3: het stikstofprobleem.

Onderzoek bij Wetsus

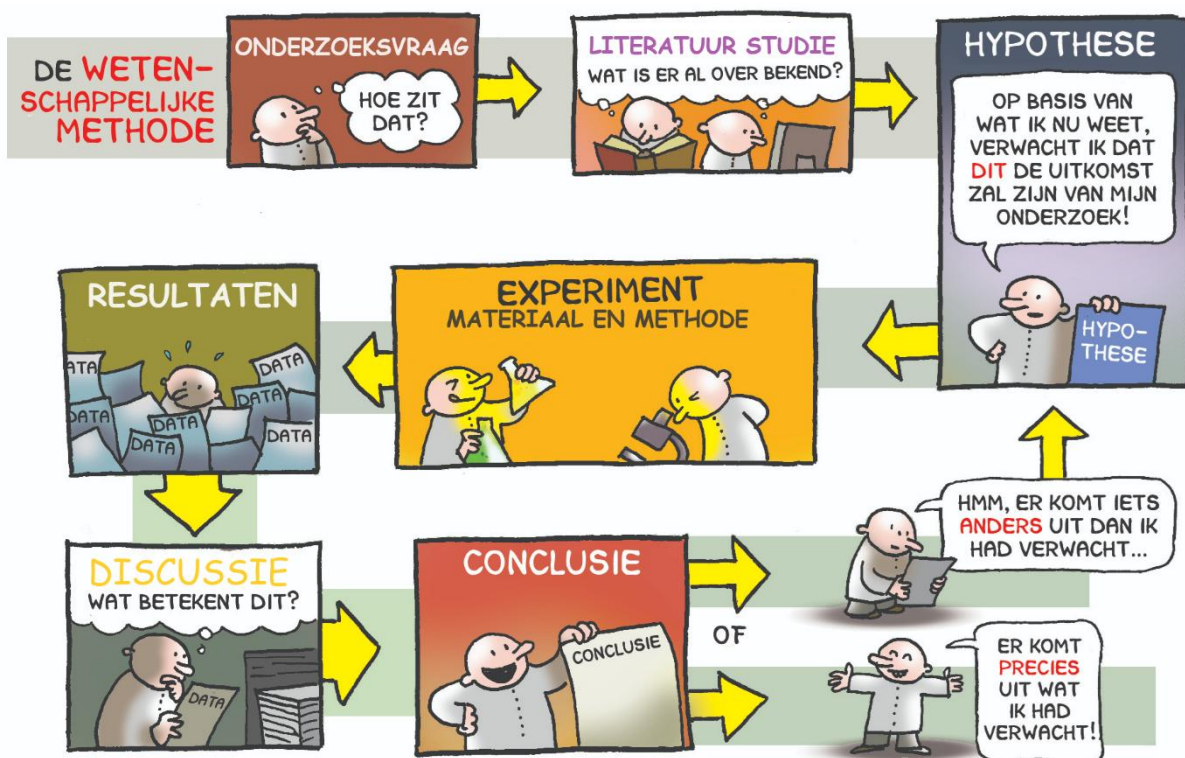
Wetsus is een onderzoeksinstituut naar duurzame watertechnologie. Wetsus is opzoek naar duurzame oplossingen en innovaties voor bestaande waterproblemen in de wereld. Denk hierbij aan (nano)filtersystemen voor vervuild water (medicatie, PFAS, afvalwater), het maken van schoon drinkwater, hergebruik van afval(water)stromen, terugwinnen van grondstoffen als stikstof en fosfaat, energieopwekking en energieopslag met behulp van water, het bouwen van slimme sensoren, toepassingen van algen en onderzoek naar droogteresistentie van de bodem. Wetsus heeft een grote onderzoeksruimte en een laboratorium waar ruim 70 onderzoekers al hun experimenten uitvoeren. Je bent – op afspraak – welkom om te komen kijken!

Een groot onderzoeksthema bij Wetsus is het terugwinnen van grondstoffen uit afvalstromen. Het verwijderen van fosfaat en stikstof bij een rioolwaterinstallatie is niet duurzaam en kost heel veel energie. Wetsus onderzoekt of je de stikstof en fosfaat ook terug kunt winnen uit afvalwater, en of je het afvalwater direct kunt gebruiken. Bij Wetsus wordt daarom urine uit de heren urinoirs verzameld om onderzoek te doen naar hergebruik.

Een onderzoek opzetten, hoe doe je dat?

Tijdens het opzetten van je onderzoek, bedenk je zo precies mogelijk hoe je elke stap gaat aanpakken. Een natuurwetenschappelijk onderzoek bestaat uit verschillende onderdelen:

- Literatuurstudie: Inleidende informatie over het onderwerp.
- Onderzoeksvraag en hypothese: Een probleembeschrijving met een vraagstelling en een verwacht antwoord.
- Materiaal en methode: Een precieze omschrijving van alle materialen en gebruikte onderzoeksmethode.
- Resultaten: Alle resultaten verwerkt in grafieken/tabellen/afbeeldingen.
- Conclusie/discussie: een uitleg van wat de resultaten betekenen en een (kritisch) antwoord op je onderzoeksvragen. Er volgt een discussie over je conclusies, hoe representatief je experiment is voor de "echte wereld" en over mogelijke vervolgonderzoeken.



Bij het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek begin je vaak met een herhaling van een onderzoek dat al eens uitgevoerd is, een controle experiment. Door experimenten te herhalen waarvan de resultaten al bekend zijn kan je testen of je opstelling werkt zoals je bedacht had. Het is een handige stap om je opstelling, werkplaats en standaardprocedures te leren kennen. In deze toolkit zou je verschillende plantjes eens kunnen laten ontkiemen en met alleen water kunnen laten groeien. Op deze manier leer je hoe de toolkit werkt, en maak je minder snel fouten bij je echte experiment. Ook helpt het je een experimenteel ontwerp te maken.

Experimenteel ontwerp

Tijdens deze stap ontwerp je jouw eigen experiment. Wat wil je te weten komen? Wat is er allemaal mogelijk (met tijd, geld en benodigdheden)? En op welke manier ga je dit onderzoeken?

Met een experiment meet je de oorzaak-gevolg relatie tussen een variabele (verschillende soorten afvalwater) en een effect (planten groei). Je ontwerpt de testopstellingen waarmee je je hypothese kunt onderzoeken en het effect kunt meten van de verschillende variabelen die je hebt gekozen.

Er zijn een aantal belangrijke stappen die je moet doorlopen om een goed experiment te kunnen ontwerpen:

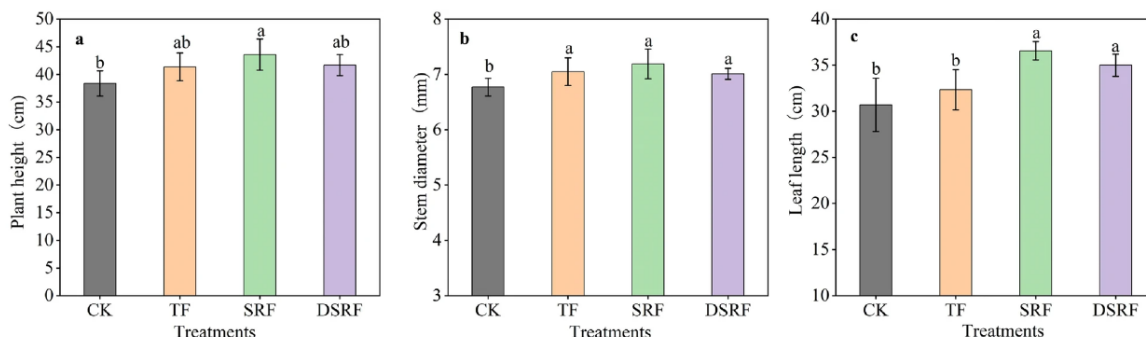
1. Welke variabelen zijn er en waar hebben ze effect op?
 - Verschillende bronnen/samenstellingen/verduunningen urine
 - Verschillende groeiomstandigheden (licht, water, temperatuur etc)

Die een effect hebben op:

 - Groei van de plant (snelheid, dikte, kleur, aantal bladeren of bloemen etc)
2. Beschrijf een hypothese. Deze moet specifiek en uitvoerbaar zijn. Bijvoorbeeld:
 - De urine van koeien (herbivoor) is een betere meststof dan urine van een kat (carnivoor).
 - Tomaten groeien het beter bij een 1/5 verduunning van urine dan bij pure urine.
3. Plan de methode van je experiment. Beschrijf hoeveelheden, incubatietijden, materialen, etc. Zorg ervoor dat elke stap vooraf bepaald en duidelijk is. Bijvoorbeeld:
 - Wanneer start je met bemesten? Op een bepaalde dag na het zaaien of op een bepaalde dag in de ontwikkeling van je plant? Hoeveel ga je bemesten? Hoe maak je die oplossing?
4. Zorg ervoor dat de variabelen die je wilt testen de enige variabelen zijn in de opstelling. Randvoorwaarden kunnen zijn:
 - Alle planten krijgen dezelfde hoeveelheid licht.
5. Ontwerp je testopstelling. Hoeveel verschillende meststoffen of planten wil je testen? Hoe vaak wil je een experiment herhalen om een betrouwbaar resultaat te krijgen? Welke controles neem je tijdens elke stap mee? Controles zijn nodig om je resultaten te kunnen interpreteren en vergelijken. Een experiment heeft een positieve en een negatieve controle nodig. Een positieve controle geeft je een bekend positief resultaat – het gebruik van een commerciële meststof bijvoorbeeld. Een negatieve controle geeft een negatief resultaat – je laat plantjes groeien zonder toevoeging van voedingsstoffen (demi-water). Je vergelijkt je eigen experiment vervolgens met je controles.
6. Bepaal hoe je je resultaten gaat analyseren. Wat vertelt een meetresultaat je over je onderzoeksvraag? Wanneer je “de groei” wilt meten, ben je niet specifiek. Hoe meet je de groei dan exact?
 - Meet de lengte van de plant van bodem tot hoogtepunt (in cm), elke 24 uur, 3 weken lang met als beginpunt 3 dagen na ontkieming. Op dag 21 worden de planten bij de grond afgesneden en gewogen. De kleur van de bladeren wordt bepaald aan de hand van een kleurenkaart.

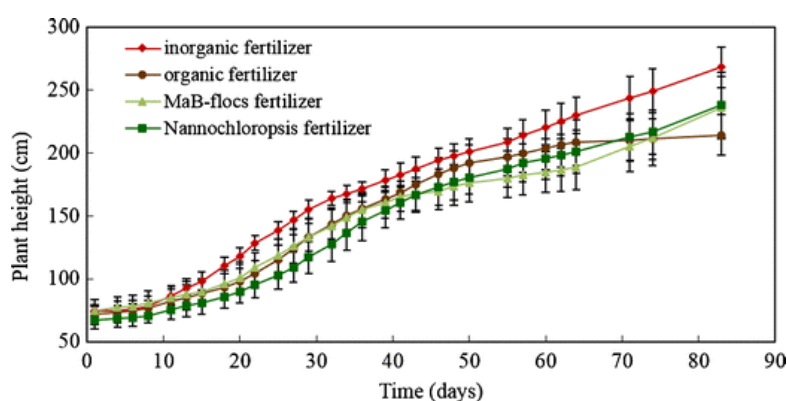
Resultaat analyse

Om je resultaten te analyseren ga je de gekozen variabelen met elkaar vergelijken. Voor een overzichtelijk resultaat zet je je resultaten in grafieken of tabellen. Hieronder vind je een aantal voorbeelden met een korte uitleg.



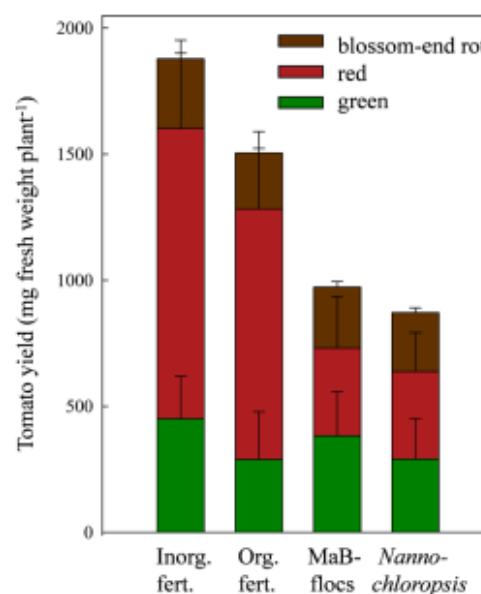
Afbeelding 3: Effect van langzame afgifte van meststoffen op de groei van bieslook (Bron: Wang, C. (2021))

Uitleg afbeelding 3: Effect van langzame afgifte van meststoffen op de groei van bieslook. In de grafieken zijn verschillende graadmeters van groei aangegeven: a= plant hoogte, b= diameter van de stam, c=lengte van het blad. Er zijn verschillende manieren van bemesten gebruikt: CK = geen meststof (negatieve controle), TF = traditionele meststof (positieve controle), SRF = standaard hoeveelheid meststof met langzame afgifte, DSRF = verlaagde hoeveelheid meststof met langzame afgifte.



Afbeelding 4: Gebruik van micro-algen als een meststof. Groeicurve van tomatenplanten (n=9) met verschillende bemesting. (Bron: Coppens (2016))

Uitleg afbeelding 4: Groeicurve in planthoogte (cm) van tomatenplanten uitgezet tegen de tijd in dagen. Er is een gemiddelde genomen van 9 plantjes (n=9). De planten zijn bemest met verschillende voedingsstoffen: een anorganische meststof (positieve controle), een organische meststof (positieve controle), MaB-flocs (vlok-middel) als voedingsstof en nannochloropsis (een alg) als voedingsstof.



Afbeelding 5: Tomatenopbrengst per plant (n=9) bij verschillende bemesting. (Bron: Coppens (2016)).

Uitleg afbeelding 5: totale tomaten opbrengst in groene, rode en overrijpe tomaten (mg natgewicht) na verschillende bemesting. De inorganische bemester levert de hoogste opbrengst. De opbrengst van de MaB-flocs en nannochloropsis is met ongeveer 1000mg haast maar de helft.

De toolkit gebruiken

In dit hoofdstuk wordt in elke module de werkwijze omschreven voor je experiment.

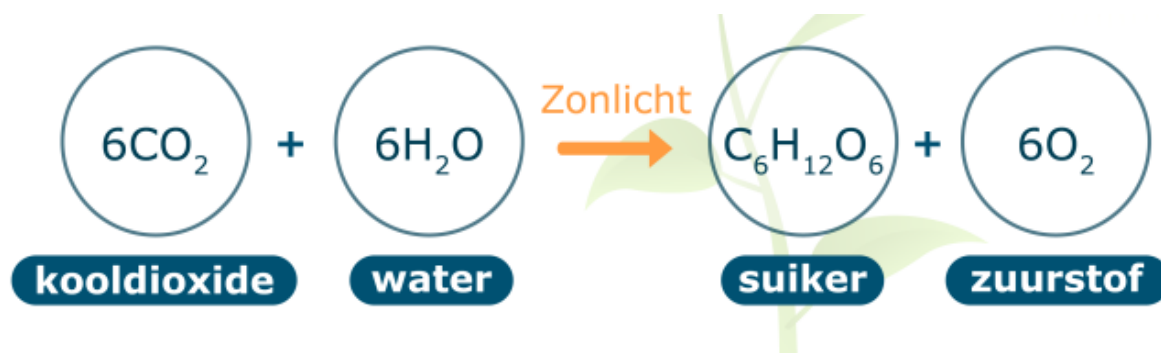
Het type plant of gewas dat je wilt testen bepaal je zelf. Je kunt zaden kopen en laten ontkiemen, of kleine kiemplantjes kopen. Het type plant moet wel geschikt zijn voor een hydrocultuur. Geschikte planten zijn onder andere sla, basilicum, paksoi en kool, maar ook tomaten en aardbeien worden wel in een hydrocultuur geteeld.

Het type meststof of afvalwater en de concentratie die je gaat gebruiken bepaal je ook zelf. Naast je positieve en negatieve controle, kun je twee andere vloeistoffen testen zoals (synthetische) urine, regenwater, rioolwater, boeren-slootwater, afgiet-water van aardappels oid.

Module 1: Ontkiemen van de zaden

De zaden moeten buiten de hydrocultuur ontkiemen. De hydrocultuur is snel te nat, waardoor er wortelrot optreedt.

Voor de groei van planten zijn een aantal elementen cruciaal: Zonlicht, water en CO₂. De motor van plantengroei is fotosynthese. Fotosynthese is de omzetting van CO₂ en water naar suiker en zuurstof onder invloed van licht.



Naast zonlicht, water en CO₂ heeft een plant ook voedingsstoffen nodig zoals stikstof en fosfaat. Wanneer een plantje net ontkiemt, haalt het voedingsstoffen uit het zaadje waar het uit groeit. Extra bemesten is dan niet nodig en zelfs vaak dodelijk voor het kiemplantje.

Materiaal

- Steenwol kweekbakjes
- Waterbak
- Zaden naar keuze
- Water
- Lichtbron

Methode

1. Stop de zaden in de steenwol, op de diepte zoals aangegeven op de verpakking van je zaden.
2. Zet de steenwol kweekbakjes in de waterbak met een klein laagje kraanwater.
3. Hou de steenwol vochtig voor het ontkiemen, maar niet te nat.
4. Wacht tot de zaden ontkiemen en bepaal zelf een moment om ze over te zetten naar de hydrocultuur om je voedingsstoffen te testen.

Module 2: Voorbereiden van je groeimedium

Het type meststof of afvalwater dat je wilt testen bepaal je zelf, dit noemen we het groeimedium. Bepaal ook welke verdunningen je wilt gebruiken en waarom. Hoeveel voedingsstoffen heeft een plant nodig? Een teveel aan voedingsstoffen leidt tot chemische verbranding van de wortels: je plant gaat dan dood.

Materialiaal

- Masterblend Hydroponic Plantenvoeding (positieve controle)
- Kraanwater of demi-water (negatieve controle)
- Je eigen gekozen groeimedium / afvalwater
- Optioneel: (synthetische) urine
- Zelf toevoegen: Emmer

Methode

1. Maak 5 liter van de verschillende vloeistoffen die je wilt gebruiken in je hydrocultuur. Gebruik Masterblend Hydroponic Plantenvoeding als positieve controle, en kraanwater of demi-water als negatieve controle.
 - a. Los Masterblend Hydroponic Plantenvoeding op zoals aangegeven op de verpakking. Zie bijlage 1. Reken je eindconcentratie uit.
 - b. Maak 5L eigen groeimedium naar eigen recept of verzamel 5L afvalwater dat je wilt gaan testen. Zeef je verzamelde afvalwater eerst met een fijne zeef om verstopping van de slangen te voorkomen. Je kunt ook verzamelde urine of synthetische urine gebruiken:

Component	Concentratie g/L	Component	Concentratie g/L
Ureum ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	20,0	Kaliumdiwaterstoffosfaat (KH_2PO_4)	1,0
Natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO_3)	2,1	Dikaliumwaterstoffosfaat (K_2HPO_4)	1,2
Natriumsulfaat (Na_2SO_4)	3,2	Calciumchloride (CaCl_2)	0,4
Ammonium chloride (NH_4Cl)	1,3	Magnesiumsulfaat (MgSO_4)	0,5
Natrium chloride (NaCl)	5,2		

2. Verdun de (synthetische) urine naar eigen inzicht/onderzoek. Reken je eindconcentratie uit.
3. Vul de flessen en de bijbehorende bakken met de verschillende groeimedia.
4. Bewaar vloeistof dat je overhebt, je kunt de hydrocultuur hiermee later bijvullen.

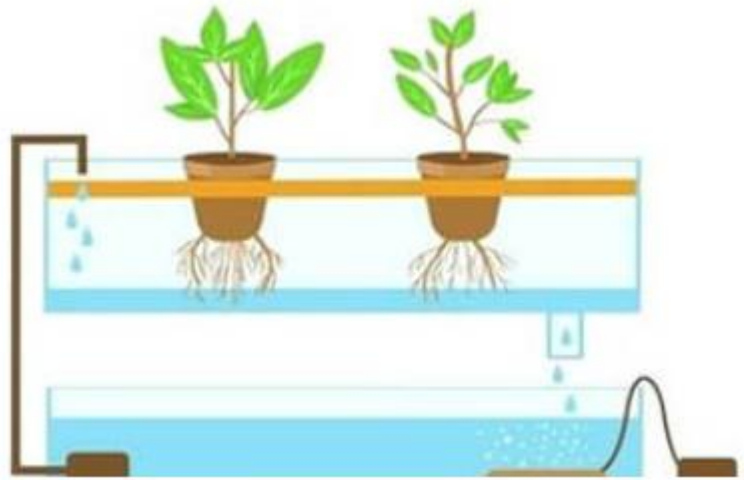
Let op: tijdens het experiment zal er water verdampen (de voedingsstoffen verdampen niet). Deze verdamping is veel groter dan de hoeveelheid voedingsstoffen die door de plantjes worden gebruikt. Wanneer je het vloeistof niveau steeds met groeimedium aanvult, verhoog je de concentratie flink. Wanneer je met water aanvult, heeft dit ene veel minder groot effect op de concentratie. Eventueel kun je eens in de zoveel tijd al het groeimedium vervangen met de gewenste concentratie.

Module 3: Hydrocultuur starten

Een hydrocultuur of hydroponie (Engels: hydroponics) is een manier om planten in water te kunnen kweken. Een groot voordeel is het gemakkelijk en nauwkeurig doseren van voedingstoffen. De planten die in water groeien hebben een ander soort wortels. Dit komt doordat water minder zuurstof bevat dan poreuze potgrond. De planten passen zich aan door een ander type wortels te ontwikkelen, die voldoende zuurstof kunnen opnemen. Deze wortels zijn minder vertakt en hebben lange fijne haarwortels zonder wortelharen.

Een hydrocultuur bestaat uit de volgende onderdelen (zie afbeelding 6):

- Vloeistof met voedingstoffen (nutriënten)
- Een pomp om deze vloeistof rond te pompen
- UV-lamp met timer
- Beluchting
- De plantjes



Afbeelding 6: schematische weergave van een hydrocultuur

Materiaal

- De hydrocultuur uit deze toolkit, opgebouwd zoals beschreven
- Groeimedum
- Plantjes

Methode

1. Vul de hydrocultuur met de verschillende groeimedia
2. Zet alle pompen aan, en controleer op lekkage
3. Zet je plantjes in de hydrocultuur
4. Bekijk je planten en de vloeistoffen dagelijks, vul de vloeistoffen op tijd aan en/of vernieuw de vloeistoffen elke week.

Module 4: Groei analyseren

Uiteindelijk wil je weten in welk groeimedium je planten het beste groeien. Je kunt verschillende onderdelen van de plant meten, die samen een beeld geven over de groei. Wil je je plantjes uit de steenwol halen? Haal dan voorzichtig de steenwol om de plant weg, en trek de plant niet uit de steenwol.

Ontwikkeling van de plant: Maak foto's van de planten, zowel van de plant als de wortel. Leg de planten eventueel (gedroogd) naast elkaar om duidelijk de verschillen in ontwikkeling te kunnen zien. Denk hierbij aan kenmerken zoals lengte, dikte, kleur etc.

Massa van de plant: Meet het droog en natgewicht van de plant als maat voor de groei. Door de wortel en de plant (de scheut) apart te meten, kun je de scheut/wortel verhouding berekenen. Deze zegt iets over de gezondheid van je plant. De controlegroep zegt je welke verhouding "normaal" is.

Materiaal: Weegschaal in milligrammen, oude kranten en gewicht (bijvoorbeeld een stapel boeken)

Methode:

1. Haal de planten uit je hydrocultuur.
2. Snij de wortel van de scheut af, deze worden apart gemeten.
3. Weeg de scheut en de wortel direct (natgewicht).
4. Droog de scheut en de wortel door ze tussen kranten te leggen, met een gewicht erbovenop.
5. Weeg het drooggewicht van de scheut en de wortel.
6. Bereken de scheut/wortel verhouding door het gewicht van de wortels te delen door het gewicht van de plant.
7. Zet je resultaten uit in een staafdiagram of tabel.

Afmetingen van de plant: Je kunt verschillende afmetingen gebruiken als maat voor de groei.

Materiaal: Meetlint, ruitjespapier

Methode

1. Meet verschillende afmetingen van je scheut. Denk hierbij aan:
 - a. Lengte van het blad
 - b. Hoogte van de scheut
 - c. Dikte van de stengel
 - d. Aantal vertakkingen
 - e. Aantal bloemen/vruchten/bladeren
2. Meet verschillende afmetingen van je wortel.
 - a. Leg de wortels op ruitjespapier en tel het aantal keren dat de wortels het raster kruisen.
 - b. Tel het aantal wortels.
 - c. Meet de diameter van de wortel. Dit is vooral nuttig voor wortelgewassen zoals bieten, wortels, aardappelen, enz. die een grote wortel hebben.
3. Zet je resultaten in een staafdiagram of tabel.
4. Meet de plant aan het begin, tijdens en aan het einde van je experiment. Zo kun je de groei uitzetten tegen de tijd. Maak regelmatig foto's, ook tijdens de groei. Maak de foto's steeds op dezelfde manier.
5. Zet je resultaten uit in een tabel of grafiek.

Bronnen:

Websites:

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieu Problemen/stikstof-in-de-lucht-en-bodem/>
<https://www.hydroponiceurope.nl/blog/2020/07/22/beginnen-met-hydroponics-een-kleine-handleiding/>
<https://www.masterblend.com/5-11-26-hydroponic-formula/>
<https://www.moestuinadvies.nl/wortelverbranding-een-onverwacht-gevolg-van-overmatig-mest-en-compost-gebruik/>
<https://fifthseasongardening.com/beginning-hydroponic-systems-a-diy-overview>
<https://thehydroponicsguru.com/factors-in-choosing-your-hydroponics-system/>
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Hydrocultuur>
<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/measuring-plant-growth>

Wetenschappelijke artikelen:

Jurga, A.; Janiak, K.; Wizimirska, A.; Chochura, P.; Miodoński, S.; Muszyński-Huhajło, M.; Ratkiewicz, K.; Zięba, B.; Czaplicka-Pędzich, M.; Pilawka, T.; et al. Resource Recovery from Synthetic Nitrified Urine in the Hydroponic Cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* Var. *capitata* L.). *Agronomy* **2021**, *11*, 2242. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112242>

Mauerer, M.; Rocks, T.; Dannehl, D.; Schuch, I.; Mewis, I.; Förster, N.; Ulrichs, C.; Schmidt, U. Replacing Mineral Fertilizer with Nitrified Human Urine in Hydroponic Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Production. *Sustainability* **2023**, *15*, 10684. <https://doi.org/10.3390/su151310684>

Chripim, M., & Nolasco, M. (2012). Human urine as fertilizer: Feasibility study of use in corn and lettuce cultivation in a university campus in Brazil. In *Study presented at 4th International Dry Toilet Conference. Tampere, Finland. August* (pp. 22-25).

Dumitrescu, Vlad Andrei (2013). Comparative analysis of biogas slurry and urine as sustainable nutrient sources for hydroponic vertical farming. Linköping University, The Tema Institute, Department of Water and Environmental Studies. Independent thesis Advanced level. URN: [urn:nbn:se:liu:diva-96368](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:se:liu:diva-96368)

Afbeeldingen uit artikelen:

Wang, C., Lv, J., Xie, J. et al. Effect of slow-release fertilizer on soil fertility and growth and quality of wintering Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.) in greenhouses. *Sci Rep* **11**, 8070 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87593-1>

Coppens, Joeri & Grunert, Oliver & Van Den Hende, Sofie & Vanhoutte, Ilse & Boon, Nico & Haesaert, Geert & Gelder, Leen. (2016). The use of microalgae as a high-value organic slow-release fertilizer results in tomatoes with increased carotenoid and sugar levels.

https://maken.wikiwijs.nl/133342/De_wetenschappelijke_methode

Bijlage 1: Mix Instructies Masterblend

Mix de componenten niet vooraf met elkaar, dit veroorzaakt een zogeheten 'nutrient lockout' die bepaalde nutriënten niet beschikbaar maakt voor de plant. Het gebruik van beschermende handschoenen is aan te bevelen. Houd in gedachten dat een gebrek aan voedingsstoffen minder kwaad kan dan een overschot. Beter te weinig dan teveel dus! Mix de stoffen uit de Masterblend Plantenvoeding mix instructies in deze volgorde door warm water:

1. Masterblend 4-18-38 voeding
2. Magnesiumsulfaat
3. Calciumnitraat

Mix ieder ingrediënt zorgvuldig door totdat het volledig opgelost is in het water. Er zou geen residu op de bodem te zien moeten zijn. Zie onderstaande tabel voor de hoeveelheden in gram per 10 liter water.

	Masterblend 4-18-38	Calciumnitraat	Magnesiumsulfaat
Bladgroenten	5.3	5.3	2.65
Fruit dragende planten	6.3	6.3	3.15

Masterblend 4-18-38 bevat:

Nutriënt	Deel
Totale Stikstof (N) 3.5% Nitraat Stikstof 0.5% Ammonium Stikstof	4%
Beschikbare Fosfaat (P2O5)	18%
Oplosbare Kalium	38%
Magnesium (Mg) (Totaal)	0.50%
Boron (B)	0.20%
Koper (Cu) – 0.05% Gechelateerd Koper (Cu)	0.05%
IJzer (Fe) – 0.40% Gechelateerd IJzer (Fe)	0.40%
Mangaan (Mn) – 0.20% Gechelateerd Mangaan (Mn)	0.20%
Molybdeen (Mo)	0.01%
Zink (Zn) 0.05% Gechelateerd Zink (Zn)	0.05%

Bijlage 2: Instellen tijdschakelaar

Analoog:

AUTOMATISCHE SCHAKELKLOK.

1. De programmering rechtsonder draaien tot dat de actuele tijd bij de markeringsdriehoek staat.
2. De schakelklok in een stopcontact steken en de stekker van het te schakelen apparaat in de schakelklok steken. Het aangesloten apparaat inschakelen.
3. Ingedrukte ruitertjes schakelen het apparaat in; niet ingedrukte ruitertjes schakelen het apparaat uit.
4. Voor de duur van de AAN periode, alle ruitertjes indrukken.
5. Gebruik de schakelaar aan de rechterzijde om het apparaat buiten de timer om in te schakelen.
6. Het programma wordt dagelijks herhaald.

De schakelklok is alleen voor gebruik binnenshuis, in een droge ruimte.

Alecto[®]



**TS-121(B), TS-122(B),
TS-123(B)**

Automatische schakelklok
Gebruiksaanwijzing

Minuterie Automatique
Mode d'emploi

Automatic timer
Users manual

Automatische Zeitschaltuhr
Bedienungsanleitung

Checklist: Uitleenen



Nr	Aantal	Materiaal	Zelf aanleveren:
1	1x	Grote box met stekkerdoos	Zaden van je gewas naar keuze
2	1x	UV lamp (Lucis kweeklamp 20w 65 cm)	Gedemineraliseerd water
3	1x	Frame van PVC voor de kas	Weegschaal in milligrammen
4	1x	Tijd instelbaar stopcontact	Meetlint
5	4x	4 boxen met een inlegtray en een houder voor steenwol.	Emmer om groeimedium te mengen Flessen om groeimedium in te bewaren
6	4x	4 glazen flessen met dop	Optioneel: huishoudfolie om een kas te maken
7	4x	4 afvoer slangen van box naar fles.	
8	4x	4 afsluitdoppen voor de afvoer	
9	2x	2 waterpompen met aan- en afvoer slangetjes	
10	1x	Luchtpomp met luchtslang en 4 beluchtingssteentjes	
11	2x	Kweek-steenwol	
12	1x	Masterblend 4-18-38 Hydroponic Plantenvoeding kit	

Checklist: Inleveren

Wij zijn zuinig op ons materiaal. Lever het daarom weer netjes in.

Direct wanneer je klaar bent met experimenteren, **moet je het systeem 24 uur laten draaien met kraanwater**. Hierdoor spoelen alle slangen en pompjes mooi schoon. Wanneer je dit niet doet, drogen er resten opgeloste stoffen op in de slangen. Dit wordt vervolgens hard en dan krijg je het nauwelijks nog schoon. Bovendien kunnen de kleine slangetjes verstopt raken en gaan scheuren.

Zorg dat alle onderdelen **schoon** en **droog** zijn voordat je ze inpakt om schimmel en stank te voorkomen. Puzzel de onderdelen weer in de bak en lever ze in bij Wetsus.

