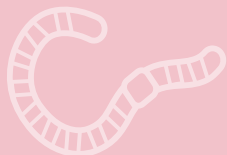


VU BUEDEM BAUZEN A BIOBAUEREN

Knöllchenbakterien als Düngerersatz

En Experimentéierkit zum Film



Inhalt

1.	Bedeutung an Aktualitéit vum Thema	3
2.	Resümme	3
3.	Pedagogesch Ziler	4
3.1	Inhaltlech Ziler	4
3.2	Methodesch Ziler	4
4.	D'Experiment	5
4.1	Oflaf	5
4.2	Material	6
4.3	Duerchféierung	6
4.3.1	Uplanze vun der Kontrollplantage ouni Impfmëttel	6
4.3.2	Uplanze vun der Testplantage mat Impfmëttel (Knöllchebakterien) ..	7
4.4	Auswärtung	8
4.5	Presentatioun vun de Resultater	9
5.	Konzepter an Hannergrondwëssen	10
6.	D'Thema verdéiwen	11
6.1	Froen, fir d'Thema ze verdéiwen	11
6.2	D'Thema interdisziplinär verdéiwen	12
6.3	Vernetzt Denken	13
7.	Annex	14

1. Bedeutung an Aktualitéit vum Thema

Dem IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) no stamen 30% vun der weltwäiter Produktioun vun Treibhausgasen aus der Landwirtschaft¹. Am Joer 2005 ware 4,3% vun de chineeseschen Zäregasemissiounen op d'Produktioun vu cheemesch-syntheeteschem Stéckstoffdünger zeréckzeféieren². Dës industriell Ëmwandlung vu Stéckstoff zu Ammoniak, wéi z.B. dem Kalkammon, dee prioritär an der Landwirtschaft benotzt gëtt, ass immens energieintensiv.

2. Resümee

Duerch den Ubau vu Leguminosen an der Fruuchtfolleg kann de Buedem op natirlech Aart a Weis mat Stéckstoff ugeräichert ginn, ouni op deiere cheemesch-syntheetesche Stéckstoffdünger mussen zeréckzegräifen. Esou kann Energie, an domadder CO₂-Emissiounen, agespuert ginn, wat e positiven Impakt op de Portmonni an d'Ëmwelt huet.

D'Schüler entdecken opgrond vun dësem Experiment an der Klass de positiven Afloss vu Knöllchebakterien (Rhizobien) op de Wuesstem vu Sojapflanzen. Dobäi léiere si d'Konzept vun der Symbios kennen a setze sech mat der nohalteger Landwirtschaft an dem Konzept vun Nohaltegkeet am grouse Ganzen ausernee.

D'Schüler léieren och, en Experiment ze plangen, duerchzeféieren an auszewäerten. Dat ass eng gutt Geleeënheet, fir d'Kommunikatioun vu Fuerschungsergebnisser ze üben, sief et a Form vun engem Rapport oder enger Presentatioun.

Dës Aktivitéit erlaabt et, de Schüler mat minimalem Opwand en Abléck an déi nohalteger Landwirtschaft souwéi d'Fuerschung ze ginn, an ënnerschiddlechst Kompetenzen ze entwéckelen. Iwwer de Kader vum einfachen Experiment eraus gëtt de Schüler motivéiert, grouss wirtschaftlech a gesellschaftlech Kontexter unhand vu wëssenschaftleche Fakten ze erschaffen. Doriwwer eraus bitt sech d'Thema un, fir verdéiwend Fuerschungsprojeten unzegoen.

1 Tubiello, F. N.; Salvatore, M.; Rossi, S.; Ferrara, A.; Fitton, N. & Smith, P. (2013): "The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture". *Environmental Research Letters*, 8(1), 015009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015009>

2 Chai, R.; Ye, X.; Ma, C.; Wang, Q.; Tu, R.; Zhang, L. & Gao, H. (2019). "Greenhouse gas emissions from synthetic nitrogen manufacture and fertilization for main upland crops in China". *Carbon Balance and Management*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0133-9>

3. Pedagogesch Ziler

3.1 Inhaltlech Ziler

- Fir dës Aktivitéit kann eng interdisziplinär Approche (Botanik, Agrarwëssenschaften, Mikrobiologie, Chimie, Physik, Bioinformatik, Mathé, Ekonomie, Geschicht, Vie et Sociétés, Sproochen, ...) ugestriefft ginn.
- D'Schüler léieren um Beispill vum Leguminose-Rhizobium-System, wat eng Symbios ass.
- Si verstinn d'Konzept vun der biologescher Stéckstofffixéierung a kennen hir Virdeeler par rapport zu cheemesch-syntheeteschem Stéckstoffdünger.
- Si erkennen Zesammenhäng mat Ëmweltimpakter.
- Si setzen sech mam Thema vun der nohalteger Landwirtschaft auserneen.
- D'Schüler léieren, grouss wëssenschaftlech, gesellschaftlech a wirtschaftlech Zesammenhäng ze erkennen a vernetzt ze denken.

3.2 Methodesch Ziler

- D'Schüler üben, e wëssenschaftlech Experiment ze plangen an ëmzesetzen.
- Si üben, an Ekippen ze schaffen.
- Si léieren um Beispill vum Konzept vun der mikrobieller Kontaminatioun, firwat et wichteg ass, Instruktioune vun engem Experiment ze follegen.
- Si léieren, wéi een Hypotheesen opstellt a verifizéiert, a firwat et wichteg ass, bei Experimenten e Kontrollgrupp ze hunn.
- Si léieren, Daten ze sammeln a statistesch auszewäerten.
- Si léieren, hir Resultater ze presentéieren.

4. D'Experiment

D'Schüler studiere bei diesem prakteschen Experiment, wéi d'Symbios téschent Knöllchebakterien an enger Sojaplanz dëser hire Wuesstem beaflosst.

Well d'Sojaplanz net aus eise Géigende kënnt, existéiere bei eis am Buedem och net déi Rhizobien, déi mat der Sojaplanz eng Symbios kënnen agoen (**Wiertsspezifizitéit**)^{3,4}. Grad dëse Manktem ass immens praktesch fir dëst Experiment. Op dës Manéier müssen d'Schüler nämlech Rhizobië separat iwwer dat Impfmëttel, dat am Experimentéierkit dran ass, bäiginn. Sou kënne si Sojapflanzen, mat an ouni Rhizobien, upflanzen, an de Wuesstem vun dësen zwou Plantatioune vergläichen.

4.1 Oflaf

Fir dëst Schoul-Experiment duerchzezéien, recommandéiere mir **op d'mannst 4 Duebelstonnen, déi iwwert 3 Méint (ideal Wuesstemsperiod vum Soja) verdeelt ginn:**

1. An der éischter Duebelstonn (am Ufank vum Fréijoer) kréien d'Schüler déi allgemeng Informatiounen iwwer d'Theema. Si familiariséiere sech mat de wichtege Begrëffer wéi Leguminosen, Rhizobien, Symbios, ... De ganzen Oflaf vum Experiment soll an dëser Phas mat de Schüler geplangt a beschwat ginn.
2. An der nächster Duebelstonn ass da praktesch Aarbecht ugesot. Elo gëtt déi éischt Hallschent vun de Sojakären ongeimpft ausgeséint (Kontrollgrupp), an duerno gëtt déi zweet Hallschescht vun de Sojakäre mat Rhizobië geimpft an an e separat Dëppe geplanz (Testgrupp). Dëst ass och den idealen Zäitpunkt, fir mat de Schüler iwwer déi erwaarte Resultater vum Experiment ze schwätzen. D'Opstelle vun Hypotheesen ass e wichtege Deel vum wëssenschaftlechen Denkprozess, deem d'Schüler sollen dokumentéieren. Dës Hypothese kënne si dann an e puer Wochen, beim Analyséiere vun den zwou Gruppe vu Sojapflanzen, iwwerpräiwen.
3. 2-3 Méint méi spéit ass et dann un der Zäit, fir d'Sojapflanzen aus dem Buedem ze huelen (mat de Wuerzelen), ze wäschen an ze weien. D'Schüler kompiléieren all hier Daten a wäerten se statistesch aus.
4. An der leschter Phas stellen d'Schüler der Klass hir Resultater vir. Verschidde Forme bidden sech un: Rapport, Presentatioun, Poster, Diskussiounsrönn, ...

3 Zimmer, S.; Messmer, M.; Haase, T.; Piepho, H.-P.; Mindermann, A.; Schulz, H.; Habekuß, A.; Ordon, F.; Wilbois, K.-P. & Heß, J. (2016): "Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany". *European Journal of Agronomy*, 72, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.008>

4 Suwa, T. & Williamson, B. (2014): "Studying plant-rhizobium mutualism in the biology classroom connecting the big ideas in biology through inquiry". *The American Biology Teacher*, 76(9), 589–594. <https://doi.org/10.1525/abt.2014.76.9.4>

Et ass zu all Ament méiglech, dës Resulater fächweriwgergräifend ze verdéiwen an ze vernetze mat deem, wat si aus der Geschicht, aus anere Fächer, der Aktualitéit, der Wirtschaft, etc. kennen (kuckt och de Paragraf "Interdisziplinaritéit").

4.2 Material

Am Kit sinn dran:

- Sojabounen
- 0,5 ml Impfmëttel mat de sojaspezifesch Knöllchebakterien (*Bradyrhizobium japonicum*).
Wichtig: D'Impfmëttel ass liichtempfindlech a sollt, wa méiglech, am Frigo gelagert ginn.
- 1 Pipett

Wat soss nach gebraucht gëtt:

- 2 grouss Blummebacke mat enger Déift vun op d'mannst 30 cm, an enger Längt respektiv enger Breet vu 60 cm, esou datt d'Sojakäre mat deem néidegen Ofstand vun 12-15 cm vunenee kënnen ageplanzt ginn. Ideal ass en duerchsichtege Back, wou een de Wuesstem vun de Wuerzele kann observéieren.
- Buedem fir d'Blummebacken ze fëllen: Am Bueden dierf kee Stéckstoffdünger sinn, well soss wuesse keng Knöllcher un de Sojapflanzen. Et bitt sech un, Buedem vum Schoulterrain oder aus dem Schoulgaart ze benotzen. Kaafte Buedem ass generell mat Stéckstoff ugeräichert a bitt sech net fir dëst Experiment un.
- 1 eidel propper Plastikfläsch vun 0,5 l.
- Latex-Händschen⁵.

4.3 Duerchféierung

D'Schüler huele sech während de verschiddenen Etappe vum Experiment Notizen an dokumentéieren de ganze Verlaf mat Fotoen. Sou kënne si sech besser un alles erënneren an hunn duerno och genuch Material fir hir Presentatioun oder hire Rapport.

4.3.1 Uplanze vun der Kontrollplantage ouni Impfmëttel

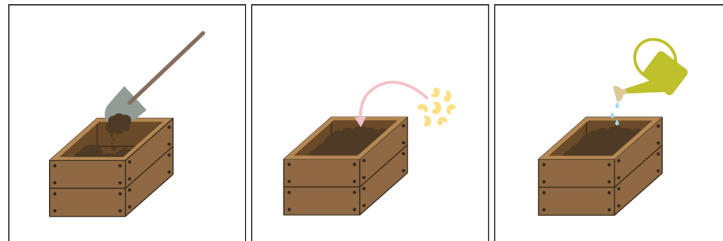
Et ass wichtig, datt dës Etapp als éischt ëmgesat gëtt, ier den Impfstoff an de Asaz kënnt, fir eng "Cross-Kontaminéierung" ze verhënneren.

- De Blummeback mat labberem Buedem fëllen. Et ass wichtig, datt dës Buedem net mat

⁵ De Produzent vum Impfmëttel recommandéiert, datt een Händschen undeet, och wann déi Bakterien, déi am Impfmëttel dra sinn, fir de Mënsch net geféierlech sinn. E weideren Avantage vun Händschen ass, datt si hëllef, eng Kontaminéierung vun der Kontroll plantage (ouni Impfmëttel) ze verhënneren.

Stéckstoffdünger behandelt gouf.

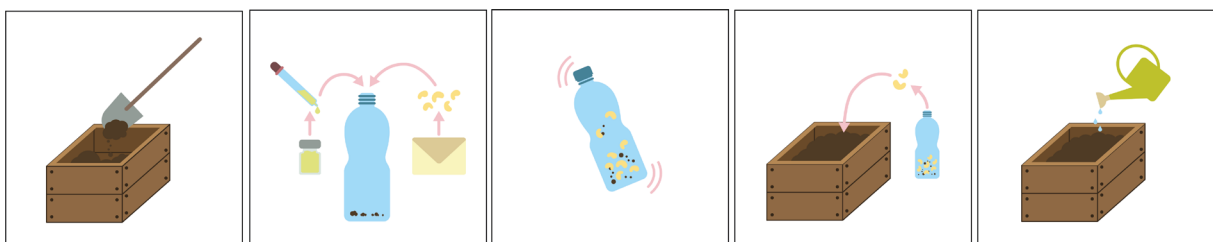
- D'Hallschent vun de Sojaboune 4 cm déif aplanzen a mat labberem Buedem iwverdecken.
- Et sollen op d'mannst 12-15 cm Plaz tëscht de Sojaboune gelooss ginn; dofir ass et wichtig, Blummebacken ze benotzen, déi grouss genuch sinn.
- D'Blummedeppe bei eng Fënster stellen, wou d'Planze genuch Sonnelicht kréien, an d'Planze regelméisseg näzen.



Uplanze vun der Kontrollplantage ouni Impfmëttel

4.3.2 Uplanze vun der Testplantage mat Impfmëttel (Knöllchebakterien)

- Deen zweete Blummeback mat Buedem fëllen.
- Lächer, an déi d'Sojaboune geplanzt ginn, maachen (4 cm déif, 12-15 cm vuneneen ewech).
- Sojakären impfen:
 - Latexhändschen undoen.
 - Déi zweet Hallschent vun de Sojabounen an déi eidel 0,5 l-Plastiksfläsch ëmfëllen.
 - Déi ganz Dosis Impfmëttel dobäi pipettéieren.
 - E bësse Buedem derbäi ginn.
 - Gutt duerchernee mëschen, d.h. mam Stopp op der Fläsch op d'mannst 60 Sekonne laang rëselen.
- Déi geimpfte Käre sollen nach dee selwechten Dag, wou si geimpft goufen, ageplanzt ginn. **Ideal ass, wann se virum Aplanzen 1 Stonn am Däischteren (z.B. an engem Schaf) kënnen undréchnen. Dës Zäit ka genotzt ginn, fir mat de Schüler Hypotheesen auszeschaffen.**
- D'Sojaboune planzen a mat labberem Buedem iwverdecken.
- D'Blummedeppe bei eng Fënster stellen, wou d'Planze genuch Sonnelicht kréien, a se regelméisseg näzen.



Uplanze vun der Kontrollplantage mat Impfmëttel (Knöllchebakterien)

Tipps!

Eng vun den heefegste Panne bei dëser Aart vun Experiment ass d’Kontaminéierung vun der Kontrollplantage mat Rhizobien (Impfstoff). Dofir sollt weder de Buedem mat den Hänn ugepaakt ginn, nach Nätzwaasser vun enger Kultur un di aner kommen. Wa Gaardegeschier benotzt gëtt, da sollt et mat Eau de Javel desinfizéiert ginn, ier een an engem anere Kulturdëppchen domadder schafft.

Ier een d’Impfmëttel benotzt, versuergt een et am beschten am Frigo, well et soll net iwwer 20°C waarm ginn.

Den Impfstoff ass och liichtempfindlech, dofir sollen d’Sojaboune séier no der Impfung (d.h. nodeems se bis zu 2 Stonnen am Däischteren dréchene gelooss goufen) geplanz a mat Buedem bedeckt ginn.

Wann et néideg ass, kann de Buedem opgelackert gi mat Sand, deen een drënnermëscht.

D’Kulture sollten net op enger Plaz mat zevill Duerchbruch stoen.

4.4 Auswärtung

No 2-3 Méint sinn d’Sojaplanze genuch gewuess, fir den Ënnerscheid tëscht geimpften an net-geimpfte Planzen ze gesinn. Zu dësem Zäitpunkt missten d’Knëllercher sech schon entwéckelt hunn. Fäerdeg Sojaboune huet een awer warscheinlech nach keng un der Planz.

Bei dësem Experiment kann ee villes observéieren, wat een duerno bei der Auswärtung ka berücksichtegen:

- d’Miessung vun der Biomass vun all Planz;
- d’Mass vun der ganzer Planz;
- d’Mass vum Deel, deen iwwer dem Buedem ass;
- d’Mass vun de Wuerzelen;
- d’Zuel vu Knëllercher;
- d’Verdeelung vun de Knëllerche;
- d’Gréisst vun de Knëllercher (grouss, mëttel, kleng).

Wann d’Biomass vun alle Planze vun der Klasse an enger Excel-Tabell agedroe gëtt, da keen een dës Donnéeë mat de Schülerinnen a Schüler statistesch auswäerten.

Et kann ee sech eng 25% méi Biomass bei der geimpfter Grupp am Verglach mat der Kontrollgrupp erwaarden⁶.

6 Suwa, T. & Williamson, B. (2014): “Studying Plant-Rhizobium Mutualism in the Biology Classroom Connecting the Big Ideas in Biology through Inquiry”. *The American Biology Teacher*, 76(9), 589–594. <https://doi.org/10.1525/abt.2014.76.9.4>

D'Aktivitéit vun de Knëllercher kann duerch hir bannescht knalleg orange Faarf ageschat ginn, déi vum Stoff LegHemoglobin kënnt⁷. Wat méi LegHemoglobin do ass, wat si méi aktiv sinn, d.h. wat si méi Loftstéckstoff fixéieren an zu Ammoniak ëmwandelen^{8,9}.



Knëllercher op de Wuerzele vun enger Sojaplanz. ©IBLA

4.5 Presentatioun vun de Resultater

D'Resultater kënnen a kleng Gruppe virgedroe ginn. Stëmmen d'Resultater mat den Erwaardungen (Hypothesen) iwwereneen?

No der Virstellung vun de Resultater ass e gudde Moment, fir eng transversal Diskussioun iwwer nohalteg Landwirtschaft ze féieren.

7 LegHemoglobin ass eng Protein, déi op hirem aktive Site, genee wéi déi mëschlech Hemoglobin, en Eisen-Atom huet, mat deem si Sauerstoff ka bannen. D'Planz produzéiert Hemoglobin, fir an der Knëllchen de Sauerstoff ze bannen. Deen ass nämlech géffteg fir d'Knëllchebakterien. Mat Hëllef vum LegHemoglobin kann d'Planz op déi Manéier de géftege Sauerstoff eliminéieren a fir e besonnesch gutt Ëmfeld fir d'Rhizobië suergen.

8 Becana, M.; Moran, J. F.; Iturbe-Ormaetxe, I.; Gogorcena, Y. & Escuredo, P. R. (1995): "Structure and function of leghemoglobins". *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)*, 21(3), 203–208.

9 Foresto, E.; Nievas, F.; Giordano, W. & Bogino, P. (2022): "Simple experiment on legume-rhizobium symbiosis aimed at students without laboratory experience". *Journal of Biological Education*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2058588>

5. Konzepte an Hannergrundwëssen

Fir kënne gutt ze wuessen, brauchen d'Planzen Nährstoffer, déi hinnen déi néideg Atomer (Bausteng) liwweren. Dat sinn, genee wéi bei all deenen anere Liewewiesen, de Kuelestoff (C), de Waasserstoff (H), de Sauerstoff (O), de Stéckstoff (N), de Schwiefel (S), de Phosphor (P), de Kalium (K), ...

D'Planzen huelen déi meeschte Nährstoffer direkt aus dem Buedem iwwer hir Wuerzelen op. Aus der Loft kréien si iwwer hir Blieder Kuelestoffdioxid (CO₂), dee si zesumme mat Waasser a Sonnenenergie zu Drauwenzocker a Sauerstoff (O₂) ëmwandelen (**Fotosynthesen**).

Obwuel d'Loft zu 78% aus Stéckstoff (N₂) besteet, kënnen d'Planzen dëse Loftstéckstoff net verwäerten. Dofir siche si de Stéckstoff mat hire Wuerzelen am Buedem.

A genee hei kënne Leguminosen an déi associéiert Knëllchebakterien (Rhizobien) weiderhëllefen.

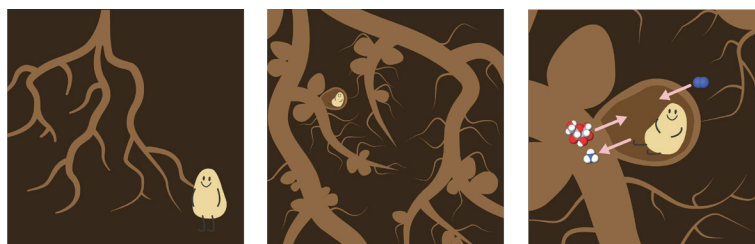
Leguminosen ass de botanesche Fachausdrock fir "Hülsefrüchte", also Ierbessen, Bounen, Kléi, Soja, ...

Si kënnen eng Partnerschaft (Symbios) mat Knëllchebakterien (Rhizobien) agoen.

Rhizobië si Bakterien, déi sech vum Drauwenzocker, deen d'Leguminose produzéieren, ernieren a Loftstéckstoff kënne bannen. Dee wandele si an Ammoniak (NH₃)¹⁰ ëm, sou datt d'Planzen deen iwwer hir Wuerzele kënnen ophuelen. Op déi Manéier gëtt de Loftstéckstoff fir d'Planzen notzbar. An der Fachliteratur nennt een dëse Prozess **biologesch Stéckstofffixéierung**¹¹.

Dëst Zesummeliewe vu verschiddenen Aarte vu Liewewiesen, déi sech géigesäiteg nützlich sinn, nennt een eng **Symbios**.

Well d'Leguminosen dës Aart vu Symbios mat de Knëllchebakterie kënnen agoen, hu si eng zentral Roll an der nohalteger Landwirtschaft. Well d'Knëllchebakterien de Loftstéckstoff fir d'Planzen notzbar maachen, kann een op eng Düngung mat syntheteschem Stéckstoffdünger verzichten.



Symbios vu Leguminosen an Knëllchebakterien

10 Den Ammoniak kënnt bei de gängegen pH-Wäerter vum Buedem haaptsächlech als Ammonium vir (NH₄⁺). Et wier also méi richtig fir ze soen, de Loftstéckstoff gëtt a Form vun Ammoniumsalzer gebonnen, déi gutt am Waasser léislech sinn. Fir un de Stéckstoff ze kommen, hëlt d'Planz déi geléisten Ammoniumionen iwwer d'Wuerzelen op. Fir d'Erklärung fir jonk Schüler net onnéideg schwéierfällig ze maachen, gëtt hei einfach nëmmen den Ammoniak ernimmt, deen ënner normale Bedingungen allerdéngs als Gas optrëtt. E gutt informéierte Schüler kéint also froen, wéi et ka sinn, datt den Ammoniak net einfach erëm an d'Atmosphär entwëscht.

11 Zimmer, S.; Messmer, M.; Haase, T.; Piepho, H.-P.; Mindermann, A.; Schulz, H.; Habekuß, A.; Ordon, F.; Wilbois, K.-P. & Heß, J. (2016): "Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany". European Journal of Agronomy, 72, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.008>

6. D'Theema verdéiwen

6.1 Froen, fir d'Theema ze verdéiwen

Wou kréien d'Knöllchebakterien déi vill Energie hier, déi fir dës Stoffëmwiandlung (cheemesch Reaktioun) néideg ass?

Knöllchebakterie kréien déi néideg Energie duerch Verstoffwiesselung ("Verbrennung") vum Drauwenzocker, dee vun der Planz staamt, woubäi déi Sonnenenergie, déi während der Photosynthesees gespäichert gouf, nees fräi gëtt. Et ass also net esou verkéiert, de Leguminose-Knöllchebakterie-System e biologesche **"solarbedriwwene Reakter"** fir Stéckstoffdüngerproduktioun ze nennen.

Wéi kennt de Loftstéckstoff an de Buedem?

Wann de Buedem labber ass, ass Loft dran, an esou kënnt och den Loftstéckstoff dran, wou e vun de Rhizobien ëmgewandelt gëtt.

Wéi kommen d'Rhizobien an d'Knöllcherer?

Fir datt Knöllchebakterien hire Wee an d'Wuerzel fannen, verschéckt d'Planz Botestoffer. Wann dës Botestoffer vum Rhizobium empfaange ginn, da fänkt deen un, Infektiounsschläich ze bauen, fir an d'Wuerzel eranzegoen. D'Planz reagiert op dës Infektioun¹². Hir Zelle fänken un, sech ze deelen, fir Knöllcherer, an deene ganz gutt Konditiounen fir d'Rhizobien existéieren, ze maachen. An dëse Knöllcherer kréien d'Rhizobien den Drauwenzocker, dee si brauchen, a wandelen och vill Loftstéckstoff an Ammoniak, vun deem d'Planz profitiert, ëm.

Wiertsspezifizitéit

Elo ass et awer esou, datt all Planz aner Botestoffer verschéckt an datt net all Knöllchebakterie vun all Aart vu Botestoffer animéiert ginn, fir d'Wuerzelen ze befallen. Doraus ergëtt sech, datt bestëmmte Knöllchebakterien éischer verschidden Aarte vu Planze koloniséieren ewéi aner. Dat nennt ee Wiertsspezifizitéit an der Biologie¹³.

12 Och wann dat fir d'Planz ganz gutt ass, kann een awer och hei vun enger Infektioun vun de Wuerzelen duerch d'Rhizobië schwätzen. Domadder wëllt een nëmme soen, datt d'Bakterien an d'Wuerzel eraginn.

13 Yang, J.; Lan, L.; Jin, Y.; Yu, N.; Wang, D. & Wang, E. (2022): "Mechanisms underlying legume-rhizobium symbioses". *Journal of Integrative Plant Biology*, 64(2), 244–267. <https://doi.org/10.1111/jipb.13207>

6.2 D’Theema interdisziplinär verdéiwen

Biologie an Chimie

Méiglechkeet fir e weidert Experiment: Wéi wierkt sech de Stéckstoffdünger op d’Knöllchenunzuel aus? Maachen d’Planze manner a méi kleng Knöllcher, well si net méi sou staark op de Rhizobien hir Stéckstofffixéierung ugewise sinn¹⁴?

Bioinformatik

Et kann ee mat enger Software fir Molekularvisualisatioun (wéi z.B. *RasMol*¹⁵ oder *Jmol*¹⁶) d’Struktur vun der Nitrogenase¹⁷ duerstellen. D’Nitrogenase ass dat Enzym, dat an de Knöllchebakterie verantwortlech ass, fir de Loftstéckstoff an Ammoniak ze verwandelen. D’Strukturdatei vun der Nitrogenase kann een an der Protein-Datebank fannen, genee wéi déi vum LegHemoglobin¹⁸. Eng interessant Aktivitéit ass an dësem Kontext, den zentralen Eisenatom, dee fir d’Sauerstofffixéierung verantwortlech ass, ze weisen.

Mikroskopie

Mat nët zevill Opwand kann een d’Infektiounsschläich ënnert dem Liichtmikroskop (mat enger Methylenbloufierung) visibel maachen. Dofir brauch een awer Erfahrung an der Mikroskopie an dat néidegt Geschier¹⁹.

UV/Vis-Spektroskopie

Well de LegHemoglobin fuerweg ass²⁰, kann een e spektrophotometresch quantifizéieren an op déi Manéier d’Aktivitéit vun de Knöllcherer ënner verschiddene Konditioune matenee vergläichen. Wann Är Schoul e Spektrofotometer huet, kann d’spektroskopesch Quantifizéierung vun LegHemoglobin d’Basis vun engem spannenden *Travail pratique (TP)* sinn. Dobäi léieren d’Schüler, datt d’Beer-Lambert Gesetz bei villen Analysen genotzt gëtt^{21,22}. De Fuerscher E. Foresto a seng Kollegen hunn en änlecht Experiment fir Käicher (Kichererbsen) ausgeschafft²⁰.

14 Suwa, T. & Williamson, B. (2014): “Studying Plant–Rhizobium Mutualism in the Biology Classroom Connecting the Big Ideas in Biology through Inquiry”. *The American Biology Teacher*, 76(9), 589–594. <https://doi.org/10.1525/abt.2014.76.9.4>

15 *RasMol and OpenRasMol* (n.d.). Erofgelueden den 12. Juli 2022 vun <http://www.openrasmol.org/>

16 *Jmol: An open-source Java viewer for chemical structures in 3D* (n.d.). Erofgelueden den 12. Juli 2022 vun <http://jmol.sourceforge.net/>

17 *PDB101: Molecule of the Month: Nitrogenase* (n.d.). RCSB: PDB-101. Erofgelueden den 12. Juli 2022 vun <http://pdb101.rcsb.org/motm/26>

18 *Bank, R. P. D.* (n.d.): *RCSB PDB: Homepage*. Erofgelueden den 18. Juli 2022 vun <https://www.rcsb.org/>

19 Vasse, J. M. & Truchet, G. L. (1984): “The Rhizobium — legume symbiosis: Observation of root infection by bright-field microscopy after staining with methylene blue”. *Planta*, 161(6), 487–489. <https://doi.org/10.1007/BF00407080>

20 Foresto, E.; Nievas, F.; Giordano, W. & Bogino, P. (2022): “Simple experiment on legume-rhizobium symbiosis aimed at students without laboratory experience”. *Journal of Biological Education*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2058588>

21 Becana, M.; Moran, J. F.; Iturbe-Ormaetxe, I.; Gogorcena, Y. & Escuredo, P. R. (1995): “Structure and function of leghemoglobins”. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)*, 21(3), 203–208.

22 Singh, G. & Wright, D. (2002): “In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia”. *Letters in Applied Microbiology*, 35(1), 12–16. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01117.x>

6.3 Vernetzt Denken

A ville Fächer (wéi Geschicht, Geografie, Economie, Vie et Sociéité, Sproochen, Naturwëssenschaften...) kann e mat engem Sujet aus der Aktualitéit an en Thema eraklammen:

- Beispillsweis si mam Ufank vum [Krich an der Ukraine](#) d'Präisser vun de cheemesch-syntheeteschen Dünger wéi Kalkammon, déi bis dohinner zu engem Deel aus Russland koumen, explodéiert. D'Konsequenz spiert een an der aktueller Präisdeierecht bei de Liewensmëttel.
- Et kann ee mat senge Schüler den Text *Kann man mit Bio alle Menschen satt kriegen?* (an der Annex), deen den Auteur vum Film *Vu Buedem, Bauzen a Biobauern* publizéiert huet, liesen an als Basis fir Recherchen an e kriteschen Debat an der Klass notzen.
- Et kann een d'Schüler recherchéiere loossen, wat d'[Vir- an Nodeeler vu \(syntheeteschen\) Dünger](#) sinn, an si eng Diskussioun doriwwer féiere loossen.
- D'Schüler kënnen hiren eegene [Glossar](#) mat neie Fachbegrëffer opstellen. Gäre kënnen d'Schüler [Conceptmaps](#)²³ erstellen, fir déi [global an interdisziplinär Zesummenhäng](#) besser ze verstoen.
- Et kann interessant sinn, fir mat de Schüler déi [historesch Entwécklung vun der Landwirtschaft](#) opzeschaffen, fir op déi Manéier weider gesellschaftlech a wirtschaftlech Zesummenhäng ze verstoen. Dobäi passt eng flott Dagesaktivitéit, eventuell mat engem Gesellschaftspill, beim SNJ zu Huelmes²⁴.
- Doriwwer eraus kënnen d'Schüler de [Film Vu Buedem, Bauzen a Biobauern](#) kucken an driwwer diskutéieren.
- Eng flott Alternativ, fir d'Theema ze verdéiwen, ass, fir mat de Schüler eng Partie vum [Spill zum Film Vu Buedem, Bauzen a Biobauern](#) ze spillen. Am Centre de documentation et d'information vun Ärem Lycée fannt Dir e puer Kopië vun dësem Spill.
- Froen, fir d'Schüler ze guidéieren, kënnen sinn:
 - Wéivill [CO₂](#) kann agespuert ginn, wann d'Landwirtschaft op cheemesch-syntheeteschen Dünger verzicht? Déi zweet Hallschent vun de Sojabounen an déi eidel 0,5 l-Plastiksfläsch ëmfëllen.
 - Wat ass den Impakt op d'[Ëmwelt](#) an [d'mënschlech Gesondheet](#), wa cheemesch-syntheeteschen Dünger an der Liewensmëttelproduktioun agesat gëtt?
 - Wéi eng vun den zwou Düngemethoden huet dee méi grouse [Rendement \(Ertrag\)](#)?
 - Wéi en Afloss hunn ons [Konsumgewunnechten](#) op eis [Liewensmëttelproduktioun](#)?
 - Wéi eng Relatiounen sinn tëscht eise [Konsumgewunnechten](#) an der Liewensmëttelproduktioun am Kontext vun der [Globaliséierung](#) ze gesinn?

²³ <https://www.script.lu/fr/activites/innovation/concept-maps>

²⁴ <https://erliewen.snj.lu/activity/impact-de-lhomme-sur-le-paysage-lexemple-du-marienthal/>

7. Annex

Den Auteur vum Film *Vu Buedem, Bauzen a Biobauern* huet dësen Text geschriwwen. Dëse kann als Basis fir Recherchen an e kriteschen Debat an der Klass benotzt ginn:

Kann man mit Bio alle Menschen satt kriegen?

Wenn man die Landwirtschaft global auf 100% Bio-Produktion umstellen möchte, stellt sich natürlich die Frage, ob man dann noch genug Lebensmittel produzieren kann, um alle Menschen auf der Erde ernähren zu können.

Oft wird darauf hingewiesen, dass die biologische Landwirtschaft geringere Erträge hat als konventionelle Anbau- und Tierhaltungsmethoden. Das stimmt zwar für unsere Regionen, aber in vielen Ländern, etwa in Afrika, ist genau das Gegenteil der Fall. Dazu kommt, dass heute mehr Lebensmittel produziert werden als wir brauchen. Das Argument, dass wir Wälder abholzen müssten, um genügend landwirtschaftliche Flächen für eine exklusiv biologische Landwirtschaft zur Verfügung zu haben, ist falsch.

Bedeutende Studien, etwa die, welche 2010 vom UN-Sonderberichterstatter zum Recht auf Nahrung Olivier de Schutter publiziert wurde, haben ergeben, dass Bio die Welt ernähren kann, auch wenn die Bevölkerungszahl in naher Zukunft vielleicht auf 10 Milliarden Menschen wachsen sollte.

Es gibt aber zwei Bedingungen, damit eine weltweite Abkehr von der konventionellen Landwirtschaft gelingen kann: Erstens müssen wir die Menge der Lebensmittel, die wir verschwenden, von etwa 40% der Gesamtproduktion auf etwa 20% reduzieren. Zweitens wird es nötig sein, unseren Konsum tierischer Produkte wie Eier, Milch und Fleisch einzuschränken. Der größte Teil dessen, was auf den Feldern wächst, sollte vom Menschen gegessen statt an Tiere verfüttert werden, denn etwa drei Viertel der Kalorien im Getreide gehen verloren, wenn man sie in Form von Tierprodukten zu sich nimmt.

Tom Alesch

Quellen

- <https://www.weltagrarbericht.de/broschuere.html>
- <https://lampert-nachhaltigkeit.com/ist-bio-die-zukunft/>
- <https://www.beobachter.ch/umwelt/okologie/biologisch-vs-konventionell-kann-bio-die-welt-ernahren>
- <https://naturschutz.ch/news/forschung/10-milliarden-menschen-ernaehren-ohne-den-planeten-zu-schaedigen/142694>
- https://www.biovision.ch/fileadmin/pdf/d/services/medien/Workshop_Rio_Praesentationen/3_Niggli.PDF
- <https://www.lecho.be/economie-politique/europe/general/olivier-de-schutter-on-doit-replacer-l-alimentation-au-centre-de-nos-existences/10271106.html>
- <https://www2.ohchr.org/english/issues/food/docs/A-HRC-16-49.pdf>
- <https://vimeo.com/725285021/7364eee085>



Editeur

Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation pédagogiques et technologiques
(SCRIPT)

Redaction

SCRIPT

Design an Illustratiounen

SCRIPT

© 2023, SCRIPT

