

Evolution fleischfressender Pflanzen

Pflanzen wie der Sonnentau (Familie *Droseraceae*), die Venusfliegenfalle *Dionaea muscipula* oder die Wasserfalle *Aldrovanda vesiculosa* locken kleine Gliedertiere an, nehmen ihre Ankunft wahr, fangen und verdauen sie, um die dabei freigesetzten Verdauungsprodukte aufzunehmen und dem eigenen Stoffwechsel zuzuführen. Für jede diese Aufgaben sind besondere Gene verantwortlich. Auf den ersten Blick ist es deshalb erstaunlich, dass das Genom fleischfressender Pflanzen am unteren Bereich bei Blütenpflanzen liegt: Sonnentau und Venusfliegenfalle verfügen über etwa 20.000 Gene, die Wasserfalle über 25.000, während Mais 40.000 Gene besitzt.

Arten, die mit großem Mangel zu kämpfen haben, weil das Biotop zu wenig Ressourcen bereit hält (wie ein Hochmoor) oder weil sie selbst einen hohen Verbrauch an Ressourcen haben (wie beim Menschen das Gehirn), besitzen in der Tendenz eher kleine Genome, weil die Replikation einen hohen Aufwand an Stoffen und Energie hat, den es zu minimieren gilt. Beispielsweise fehlen Gene zur Wurzelbildung ganz oder teilweise, weil Sonnentau und Venusfliegenfalle nur sehr kleine Wurzeln besitzen und die Wasserfalle gar keine.

Für die Synthese von Aminosäuren sind Stickstoff-Verbindungen notwendig; fehlen sie, können Proteine nicht im nötigen Umfang entstehen. Um Nukleinsäuren aufzubauen, ist u. a. Phosphat notwendig. An Standorten mit Mangel an Stickstoff-Verbindungen bzw. Phosphaten benötigen Pflanzen zusätzliche Quellen für diese Rohstoffe. Das sind bei fleischfressenden Pflanzen die Beutetiere.

Es ist verblüffend: Eine fest sitzende Pflanze fängt kleine Gliedertiere, die durch einen Chitinpanzer geschützt sind und von denen etliche sogar fliegen können. Die Venusfliegenfalle macht das so: Die Innenseiten der Fangblätter sind rot gefärbt und verströmen einen Fruchtgeruch, Nektardrüsen auf der Fangblattfläche geben Nektar ab. Jedes der beiden Fangblätter trägt wenige starre Sinnesborsten, die unten über ein Gelenk verfügen. Wenn sich ein Beutetier über ein Fangblatt bewegt, stößt es irgendwann an eine dieser Borsten. Daraufhin entsteht ein elektrischer Impuls, vergleichbar einem Nervenimpulse bei Tieren. Erst wenn zwei solcher elektrischen Impulse innerhalb von 20 Sekunden ausgelöst worden sind, wird das Zusammenklappen der Fangblätter ausgelöst. Gleichzeitig wird ein chemisches Signal erzeugt, indem Jasmonsäure gebildet und ausgeschüttet wird. Dieser Botenstoff veranlasst die Produktion von Verdauungssaft, der in den Hohlraum zwischen den zusammengeklappten Fangblättern abgegeben wird. Er enthält u. a. Enzyme, durch die der Chitinpanzer aufgelöst wird (Chitinasen), und Proteasen, durch welche die Proteine der Beutetiere in Aminosäuren zerlegt werden. Über bestimmte Transportproteine gelangen die Verdauungsprodukte in das Innere der Blätter und anschließend in die übrigen Teile der Pflanze.

Bei den Pflanzen hat sich die Karnivorie (das Fleischfressen) sechs Mal unabhängig voneinander entwickelt. Man könnte annehmen, dass sich dafür neue Gene entwickelt haben müssten. Forschungen haben aber ergeben, dass es genügt, vorhandene Gene in einem neuen Zusammenhang anzuschalten bzw. vorhandene Mechanismen zu modifizieren. So fanden Forscher ein Protein, das bei der Ackerschmalwand in den Wurzeln aktiv ist, bei der Venusfliegenfalle dagegen im Blatt.

Alle Pflanzen können nach Reizung elektrische Signale erzeugen. Bei der Venusfliegenfalle werden sie lediglich schneller weiter geleitet und die Signale können schneller hintereinander ausgelöst werden. Viele Untersuchungen werden an der Ackerschmalwand gemacht, einer Verwandten von Raps und Rettich (Kreuzblütler). Wenn diese Pflanze von Insekten berührt oder angefressen wird, ändert sich die elektrische Spannung ihrer Zellen. Dies hat zur Folge, dass der Botenstoff Jasmonsäure hergestellt wird, der dazu führt, dass Abwehrstoffe erzeugt werden. Viele Pflanzen setzen als Abwehrstoffe Enzyme ein, v. a. Chitinasen und Proteasen, durch die die Fressfeinde verletzt oder getötet werden; Chitinasen lösen auch die Chitin-Zellwand von Pilzen auf. Ein Beispiel für so eine Protease ist Papain (aus Papaya), das in der Küche verwendet wird. Die Verdauungsprodukte werden von nicht-fleischfressenden Pflanzen nicht genutzt. Die meisten Landpflanzen nehmen Mikronährstoffe wie anorganische Stickstoff-Verbindungen oder Phosphat über die Wurzeln auf, manche auch über die Blätter.

Quelle: Rainer Hedrich, Jörg Schulz: Grüne Jäger. In Spektrum der Wissenschaft, Heft 6 2021, S. 30-36

Aufgaben:

- 1 Nennen Sie die fünf Aufgaben, die fleischfressende Pflanzen nacheinander ausführen müssen, um sich von Tieren ernähren zu können.
- 2 Beschreiben Sie kurz die Mechanismen, mit denen die Venusfliegenfalle jede dieser fünf Aufgaben ausführt.
- 3 Nennen Sie mögliche Vorläufer für diese fünf Mechanismen bei nicht-fleischfressenden Pflanzen.
- 4 Stellen Sie im Rahmen der Evolutionstheorie eine Hypothese auf, warum es sinnvoll ist, dass bei der Venusfliegenfalle zum Auslösen des Fangmechanismus genau zwei (nicht eine, nicht drei) Borstenberührungen die optimale Lösung darstellen.
- 5 Begründen Sie, warum man keine fleischfressenden Pflanzen gefunden hat, die zusätzlich zum Genbestand ihrer Vorfahren neue „Fleischfresser-Gene“ tragen.
- 6 Evolutionsleugner argumentieren: Für die fleischfressende Lebensweise z. B. bei der Venusfliegenfalle sind so viele und so spezielle Neuerungen nötig, dass sie sich nicht von alleine nacheinander entwickeln können, weil sie nur funktionieren, wenn sie alle gleichzeitig vorhanden sind. Zwischenstufen hätten nicht überleben können.
Nennen Sie anhand des Informationstextes Argumente, die diese Ansicht entkräften können.

Hinweise für die Lehrkraft:

Weder die fleischfressenden Pflanzen noch die Umorganisation bereits vorhandener Genprodukte zu neuen Merkmalen stellen Lerninhalte nach LehrplanPLUS dar. Dieses Aufgabenblatt dient vor allem der Schulung im Umgang mit komplexen Texten, wobei gezielt Aussagen aus verschiedenen Stellen herausgesucht und zusammengefügt werden sollen. Außerdem sollen Erklärungsmöglichkeiten gesucht und formuliert werden, für die der Text bzw. das Vorwissen Informationen liefern. Damit ist dieses Arbeitsblatt als Übung für Abituraufgaben geeignet.

Gleichzeitig wird klar, dass in der Evolution neue Merkmale oft aus längst vorhandenem und bewährtem Genmaterial heraus entstehen, das im neuen Kontext lediglich anders gesteuert wird.

Dieses Arbeitsblatt kann nur eingesetzt werden, wenn das obligate Lernprogramm zur Evolution absolviert ist.

Aufgabe 1:

- a) Beute anlocken
- b) Beute wahrnehmen
- c) Beute fangen
- d) Beute verdauen
- e) Verdauungsprodukte aufnehmen

Aufgabe 2:

- a) auffällige Färbung, Nektar, Fruchtgeruch
- b) zweifache Berührung einer Sinnesborste (*Info: Es kann die selbe Borste zwei Mal hintereinander berührt werden oder zwei Borsten je ein Mal.*)
- c) Fangblätter schließen (*Auf Fotos ist zu sehen, dass die Blattränder dornenartige Fortsätze tragen, die wie Gitterstäbe eines Käfigs wirken.*)
- d) Der Signalstoff Jasmonsäure sorgt dafür, dass Verdauungsenzyme hergestellt und ausgeschüttet werden.
- e) Transportproteine im Fangblatt schleusen Verdauungsprodukte ins Blattinnere

Aufgabe 3:

- a) Das alles gibt es bei vielen Blütenpflanzen.
- b) Elektrische Signale durch Berührung sind bei Pflanzen weit verbreitet.
- c) Blattbewegung gibt es auch bei anderen Pflanzen (z. B. Mimose), ist aber vielleicht eine eigene Entwicklung
- d) Jasmonsäure wird auch bei anderen Pflanzen als Signalstoff ausgeschüttet; löst dort Herstellung und Ausschüttung von Abwehrstoffen aus, die ebenfalls Chitinasen und Proteasen enthalten
- e) alle Pflanzen nehmen Phosphat auf (meistens durch die Wurzel, die Venusfliegenfalle durch das Blatt); Transportproteine für Aminosäuren in das Blatt sind vielleicht eigene Entwicklung

Aufgabe 4:

Bei nur 1 Signal ist die Gefahr zu groß, dass es sich um einen Zufallstreffer handelt. Dann wäre der Aufwand für Blattbewegung und Verdauungssaft zu hoch.

Bei 3 Signalen ist die Gefahr zu groß, dass das Beutetier entweicht, bevor sich die Falle schließt.

Aufgabe 5:

Zusätzliche Gene verursachen zusätzlichen Bedarf an Ressourcen (Energie, Baustoffe). Das ist v. a. in Biotopen mit Ressourcenmangel nicht möglich.

Aufgabe 6:

- a) Es muss nicht alles neu „erfunden“ werden, das meiste ist schon da.
- b) Wenn eine Komponente nicht optimiert ist, dann ist halt das Endergebnis magerer, aber größer als Null. Außerdem kann eine suboptimale fleischfressende Pflanze einen Teil der Mikronährstoffe aus der Umwelt aufnehmen. Wenn die Fangmethode optimiert ist (aber erst dann!), kann die Pflanze auf mineralische Ressourcen verzichten und in Biotopen mit extremem Ressourcen-Mangel vordringen.

Thomas Nickl, Dezember 2022