

Präsentation zur Seminararbeit „Gravitropismus“

W-Seminar Biologie

Alexandra Smirnova

19. Dezember 2018

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

- Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen
- Signaltransduktion
- Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

- Pflanzen, Material und Geräte
- Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

- Vorbereitung, Ankeimen
- Klinostat-Experiment
- Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gliederung

1. Grundlagen von Gravitropismus

1.1 Arten von Gravitropismus

1.2 Prozess der gravitropischen Krümmung

Reizaufnahme bei Pflanzen durch Statolithen

Signaltransduktion

Differenzielles Wachstum

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Gravitropismus

Gravitropismus

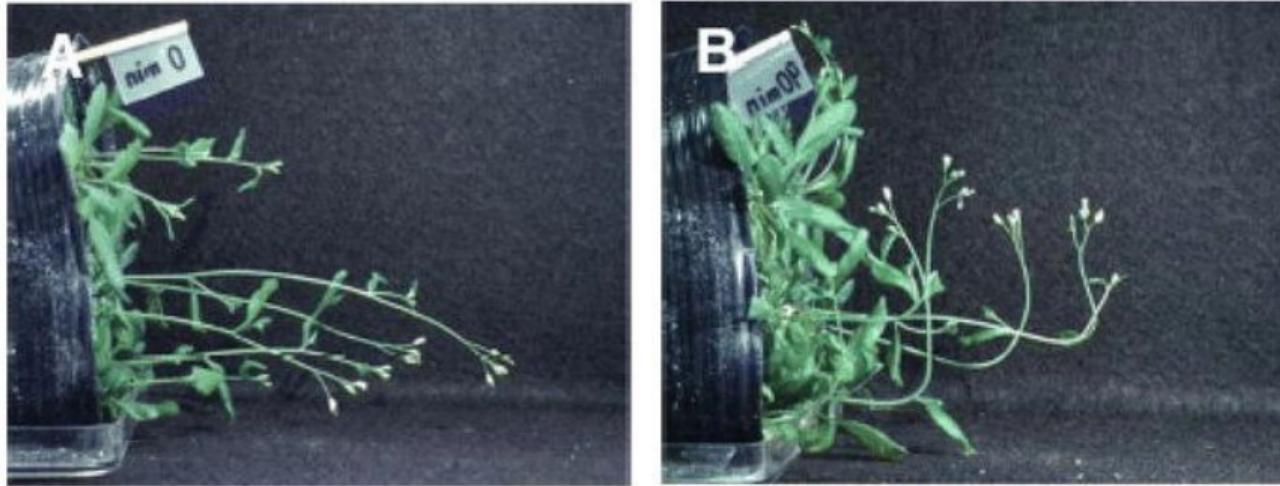


Abbildung 1: Gravitrop reagierende *Arabidopsis thaliana* (Masson u. a. 2002, S. 5). Teilabbildung A zeigt den Zustand am Anfang, Teilabbildung B zeigt den Zustand nach vollzogener gravitropischer Reaktion.

Arten von Gravitropismus

1. **Positiv gravitrop:** zur Schwerkraftquelle hin (nach unten zur Erdmitte)
2. **Negativ gravitrop:** von der Schwerkraftquelle entgegengesetzt (nach oben)
3. **Transversalgravitrop:** entweder horizontal oder quer nach unten in einem bestimmten Winkel

Arten von Gravitropismus

1. **Positiv gravitrop:** zur Schwerkraftquelle hin (nach unten zur Erdmitte)
2. **Negativ gravitrop:** von der Schwerkraftquelle entgegengesetzt (nach oben)
3. **Transversalgravitrop:** entweder horizontal oder quer nach unten in einem bestimmten Winkel

Arten von Gravitropismus

1. **Positiv gravitrop:** zur Schwerkraftquelle hin (nach unten zur Erdmitte)
2. **Negativ gravitrop:** von der Schwerkraftquelle entgegengesetzt (nach oben)
3. **Transversalgravitrop:** entweder horizontal oder quer nach unten in einem bestimmten Winkel

Arten von Gravitropismus

1. **Positiv gravitrop:** zur Schwerkraftquelle hin (nach unten zur Erdmitte)
2. **Negativ gravitrop:** von der Schwerkraftquelle entgegengesetzt (nach oben)
3. **Transversalgravitrop:** entweder horizontal oder quer nach unten in einem bestimmten Winkel

Prozess der gravitropischen Krümmung in Schritten

1. Reizaufnahme
2. Signaltransduktion
3. Differenzielles Wachstum

Prozess der gravitropischen Krümmung in Schritten

1. Reizaufnahme
2. Signaltransduktion
3. Differenzielles Wachstum

Prozess der gravitropischen Krümmung in Schritten

1. **Reizaufnahme**
2. **Signaltransduktion**
3. Differenzielles Wachstum

Prozess der gravitropischen Krümmung in Schritten

- 1. Reizaufnahme**
- 2. Signaltransduktion**
- 3. Differenzielles Wachstum**

Reizaufnahme bei Pflanzen

Reizaufnahme bei Pflanzen

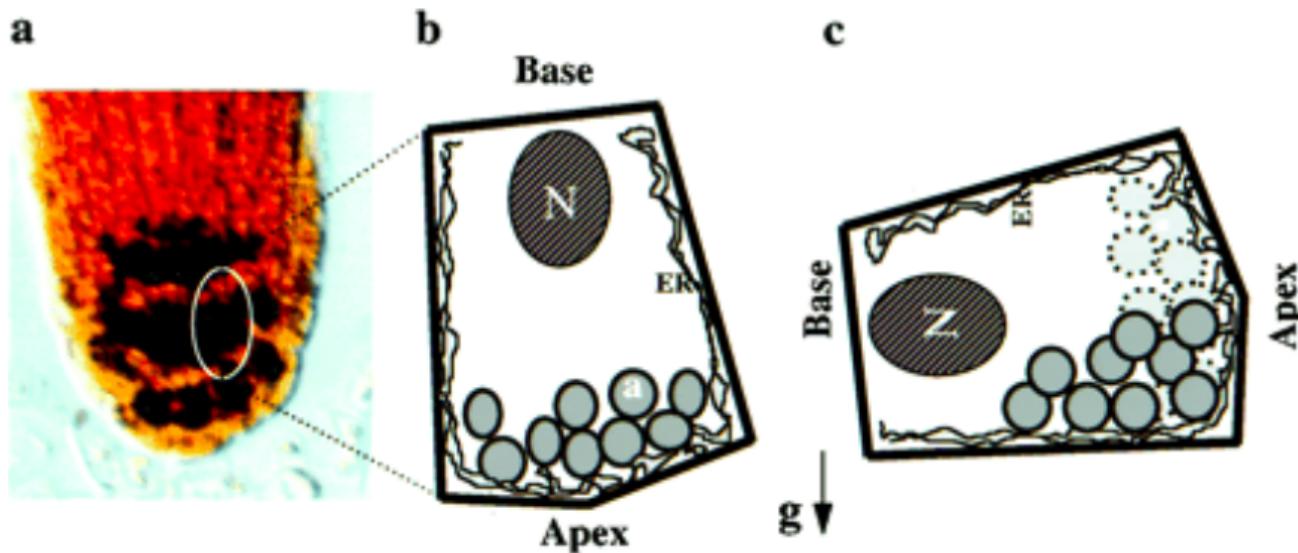


Abbildung 2: Statolithen (Chen, Rosen und Masson 1999, S. 345). Teilabbildung **a** zeigt eine Mikroskopaufnahme von Statolithen bei *A. thaliana*. Teilabbildungen **b** und **c** zeigen die gravitrope Wirkungsweise von Statolithen, die auf Umlagerung der Amyloplasten bei Veränderung des Schwerkraftvektors beruht.

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (apoplastischer Strom)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (apoplastischer Strom)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (apoplastischer Strom)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - Feld entsteht durch Ionenbewegung (apoplastischer Strom)
 - Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (**apoplastischer Strom**)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (**apoplastischer Strom**)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (**apoplastischer Strom**)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (**apoplastischer Strom**)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Gravisensorische Signaltransduktion nach Reizaufnahme

1. Kontakt und Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
2. Ca^{2+} -Efflux durch Druck der Amyloplasten auf die ER-Membran
3. Erhöhung der lokalen Ca^{2+} -Konzentration im Cytoplasma
4. Änderung des elektrischen Feldes, das die Wurzel umgibt
 - ▶ Feld entsteht durch Ionenbewegung (**apoplastischer Strom**)
 - ▶ Bei veränderter Pflanzenlage ändert sich die Ionenbewegung und damit das Feld
 - ▶ Aufnahme des entstandenen Signals in der Streckungszone hinter der Wurzelspitze
5. Einsetzung der Krümmung beim Ankommen des Signals (ungleiches Wachsen der Flanken)

Differenzielles Wachstum

- Wachstumssteuerung durch Auxine und Gibberelline (Pflanzenhormone)

Differenzielles Wachstum

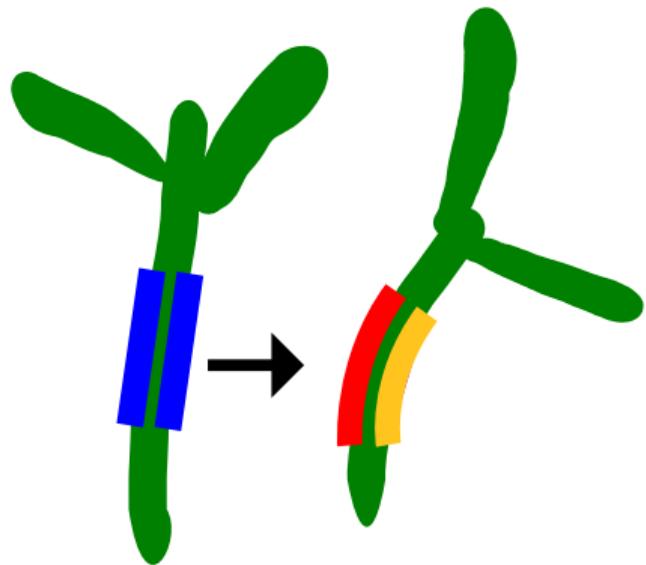


Abbildung 3: Flanken wachsen ungleich (differenziell) nach der Signaltransduktion. Linkes Bild: Flanken gleich groß (blau); rechtes Bild: unterschiedliche Größe der Flanken (rot und orange).

- Wachstumssteuerung durch Auxine und Gibberelline (Pflanzenhormone)

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. Synthese des Auxins im Apikalmeristem
2. Bewegung der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die Stimulierung des Zellwachstums
3. Stimulierung der Protonenpumpe für die Ansäuerung der Zellwand
4. Aktivierung der Expansine für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte Ionenaufnahme in der Zelle und damit Erhöhung des osmotischen Drucks
6. Mögliche Ausdehnung der Zellwand

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. Bewegung der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung** des Zellwachstums
3. Stimulierung der Protonenpumpe für die Ansäuerung der Zellwand
4. Aktivierung der Expansine für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung** der Zellwand

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. **Bewegung** der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung des Zellwachstums**
3. Stimulierung der Protonenpumpe für die Ansäuerung der Zellwand
4. Aktivierung der Expansine für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung** der Zellwand

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. **Bewegung** der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung des Zellwachstums**
3. **Stimulierung der Protonenpumpe** für die Ansäuerung der Zellwand
4. Aktivierung der Expansine für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung** der Zellwand

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. **Bewegung** der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung** des Zellwachstums
3. **Stimulierung der Protonenpumpe** für die Ansäuerung der Zellwand
4. **Aktivierung der Expansine** für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung** der Zellwand

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. **Bewegung** der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung des Zellwachstums**
3. **Stimulierung der Protonenpumpe** für die Ansäuerung der Zellwand
4. **Aktivierung der Expansine** für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung der Zellwand**

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Auxine

1. **Synthese** des Auxins im Apikalmeristem
2. **Bewegung** der Auxine vom Apikalmeristem bis zur Streckungszone für die **Stimulierung des Zellwachstums**
3. **Stimulierung der Protonenpumpe** für die Ansäuerung der Zellwand
4. **Aktivierung der Expansine** für die Auflockerung der Zellwand
5. Erhöhte **Ionenaufnahme** in der Zelle und damit **Erhöhung des osmotischen Drucks**
6. Mögliche **Ausdehnung der Zellwand**

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Gibberelline

1. Zusammenwirken der Gibberelline mit Auxin bei der **Zellstreckung**
2. **Aktivierung der Enzyme** für die **Auflockerung der Zellwand** und für den erleichterten Eintritt der Expansine

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Gibberelline

1. Zusammenwirken der Gibberelline mit Auxin bei der **Zellstreckung**
2. Aktivierung der Enzyme für die Auflockerung der Zellwand und für den erleichterten Eintritt der Expansine

Differenzielles Wachstum: Einfluss der Gibberelline

1. Zusammenwirken der Gibberelline mit Auxin bei der **Zellstreckung**
2. **Aktivierung der Enzyme** für die **Auflockerung der Zellwand** und für den erleichterten Eintritt der Expansine

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Experimenteller Teil–Gliederung

2. Experimenteller Nachweis von Gravitropismus bei *Lepidium sativum*

2.1 Methoden

Pflanzen, Material und Geräte

Versuchsmethodik

2.2 Durchführung und Ergebnisse

Vorbereitung, Ankeimen

Klinostat-Experiment

Ausrichtungs-Experiment

2.3 Diskussion und Fazit

Pflanzen, Material und Geräte

1. Verwendete Pflanze: *Lepidium sativum* (Kresse)
2. Selbstgebautes Klinostat
3. Weitere Materialien: Anzuchtbehälter, Säckchen aus Stoffstück, Plastiktüte, Messzyylinder aus Plastik, diverse Gegenstände (z.B. Holzwürfel)

Pflanzen, Material und Geräte

1. Verwendete Pflanze: *Lepidium sativum* (Kresse)
2. Selbstgebautes Klinostat
3. Weitere Materialien: Anzuchtbehälter, Säckchen aus Stoffstück, Plastiktüte, Messzyylinder aus Plastik, diverse Gegenstände (z.B. Holzwürfel)

Pflanzen, Material und Geräte

1. Verwendete Pflanze: *Lepidium sativum* (Kresse)
2. Selbstgebautes Klinostat
3. Weitere Materialien: Anzuchtbehälter, Säckchen aus Stoffstück, Plastiktüte, Messzyylinder aus Plastik, diverse Gegenstände (z.B. Holzwürfel)

Pflanzen, Material und Geräte

1. Verwendete Pflanze: *Lepidium sativum* (Kresse)
2. Selbstgebautes Klinostat
3. Weitere Materialien: Anzuchtbehälter, Säckchen aus Stoffstück, Plastiktüte, Messzyylinder aus Plastik, diverse Gegenstände (z.B. Holzwürfel)

Pflanzen, Material und Geräte

Pflanzen, Material und Geräte

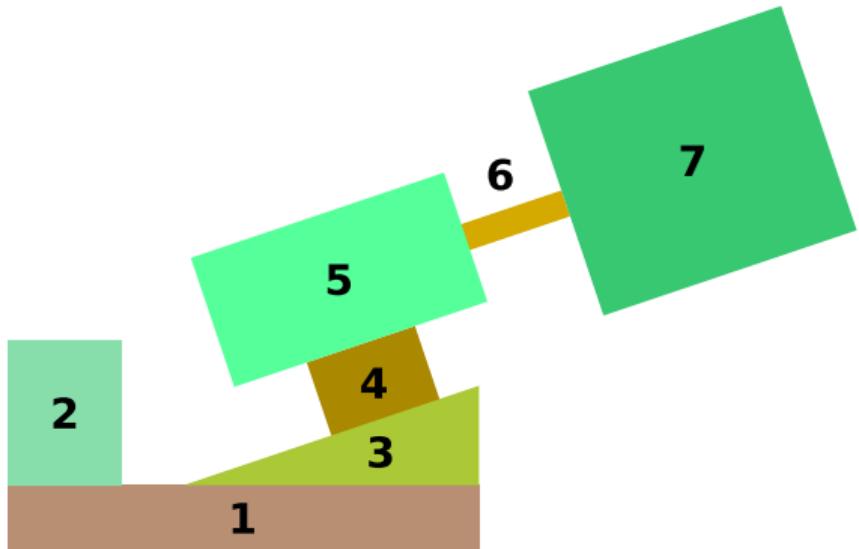


Abbildung 5: Schematische Konstruktion des selbst gebauten Klinostats (seitliche Ansicht).

- 1: **Befestigungsplatte** (Holz, Dicke: 2cm)
- 2: **Netzteil** (Modell: MW1000GS, Eingang: 230V 50Hz 28W, Ausgang: 3-6-9-12V, 1000mA 12VA(max))
- 3: **Holzkeil**, um die Drehachse des Motors um ca. 15° senkrecht zur Ebene anzuheben
- 4: **Motorbefestigung**
- 5: **Elektrogetriebemotor** MFA/Como Drills 919D SERIES, single ratio gearbox 3000:1 (Untersetzung 3000:1), 4.5 - 15V DC
- 6: **Elektromotorwelle**
- 7: leere **Blechdose** mit Öffnung (wird mit einer Muffe an die Elektromotorwelle befestigt).

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Versuchsmethodik

1. Pflanzengruppe 1: Kontrollgruppe
2. Pflanzengruppe 2: Säckchen am Klinostat
3. Pflanzengruppe 3: Anzuchttopf kopfüber
4. Pflanzengruppe 4: Anzuchttopf horizontal am Boden
5. Pflanzengruppe 5: Anzuchttopf gewinkelt am Boden

Durchführung und Ergebnisse

Zeiteinteilung

1. Versuchstag 1 (28.05.2018): Vorbereitung
2. Versuchstage 2–4 (29.–31.05.2018): Ankeimen
3. Versuchstage 4–5 (31.–01.06.2018): Klinostat-Experiment mit Pflanzengruppe 2
4. Versuchstage 6–7 (02.–03.06.2018): Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Durchführung und Ergebnisse

Zeiteinteilung

1. Versuchstag 1 (28.05.2018): Vorbereitung
2. Versuchstage 2–4 (29.–31.05.2018): Ankeimen
3. Versuchstage 4–5 (31.–01.06.2018): Klinostat-Experiment mit Pflanzengruppe 2
4. Versuchstage 6–7 (02.–03.06.2018): Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Durchführung und Ergebnisse

Zeiteinteilung

1. Versuchstag 1 (28.05.2018): Vorbereitung
2. Versuchstage 2–4 (29.–31.05.2018): Ankeimen
3. Versuchstage 4–5 (31.–01.06.2018): Klinostat-Experiment mit Pflanzengruppe 2
4. Versuchstage 6–7 (02.–03.06.2018): Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Durchführung und Ergebnisse

Zeiteinteilung

1. Versuchstag 1 (28.05.2018): Vorbereitung
2. Versuchstage 2–4 (29.–31.05.2018): Ankeimen
3. Versuchstage 4–5 (31.–01.06.2018): Klinostat-Experiment mit Pflanzengruppe 2
4. Versuchstage 6–7 (02.–03.06.2018): Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Durchführung und Ergebnisse

Zeiteinteilung

1. Versuchstag 1 (28.05.2018): Vorbereitung
2. Versuchstage 2–4 (29.–31.05.2018): Ankeimen
3. Versuchstage 4–5 (31.–01.06.2018): Klinostat-Experiment mit Pflanzengruppe 2
4. Versuchstage 6–7 (02.–03.06.2018): Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Vorbereitung, Ankeimen

Versuchstag 1, 28.05.2018

1. Bestimmung des Versuchsorts
2. Vorbereiten der vier Anzuchtbehälter + Säckchen
3. Ankeimen (Versuchstage 2–4, 29.–31.05.2018):
4. Prozess der Keimung von Kressesamen, bis zu stabil gewachsenen Sprösslingen

Vorbereitung, Ankeimen

Versuchstag 1, 28.05.2018

1. Bestimmung des Versuchsorts
2. Vorbereiten der vier Anzuchtbehälter + Säckchen
3. Ankeimen (Versuchstage 2–4, 29.–31.05.2018):
4. Prozess der Keimung von Kressesamen, bis zu stabil gewachsenen Sprösslingen

Vorbereitung, Ankeimen

Versuchstag 1, 28.05.2018

1. Bestimmung des Versuchsorts
2. Vorbereiten der vier Anzuchtbehälter + Säckchen
3. Ankeimen (Versuchstage 2–4, 29.–31.05.2018):
4. Prozess der Keimung von Kressesamen, bis zu stabil gewachsenen Sprösslingen

Vorbereitung, Ankeimen

Versuchstag 1, 28.05.2018

1. Bestimmung des Versuchsorts
2. Vorbereiten der vier Anzuchtbehälter + Säckchen
3. Ankeimen (Versuchstage 2–4, 29.–31.05.2018):
4. Prozess der Keimung von Kressesamen, bis zu stabil gewachsenen Sprösslingen

Vorbereitung, Ankeimen

Versuchstag 1, 28.05.2018

1. Bestimmung des Versuchsorts
2. Vorbereiten der vier Anzuchtbehälter + Säckchen
3. Ankeimen (Versuchstage 2–4, 29.–31.05.2018):
4. Prozess der Keimung von Kressesamen, bis zu stabil gewachsenen Sprösslingen

Klinostat-Experiment

Versuchstage 4–5, 31.05.–01.06.2018

Klinostat-Experiment

Versuchstage 4–5, 31.05.–01.06.2018



Abbildung 6: Sprossen vor Beginn des Klinostat-Experiments.

Klinostat-Experiment

Versuchstage 4–5, 31.05.–01.06.2018



Abbildung 6: Sprossen vor Beginn des Klinostat-Experiments.



Abbildung 7: Sprossen nach Abschalten des Klinostats.

Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Versuchstage 6–7, 02.–03.06.2018

1. Gruppe 3 parallel zum Boden
2. Gruppe 4 kopfüber
3. Gruppe 5 im Winkel von ca. 45°

Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Versuchstage 6–7, 02.–03.06.2018

1. Gruppe 3 parallel zum Boden
2. Gruppe 4 kopfüber
3. Gruppe 5 im Winkel von ca. 45°

Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Versuchstage 6–7, 02.–03.06.2018

1. Gruppe 3 parallel zum Boden
2. Gruppe 4 kopfüber
3. Gruppe 5 im Winkel von ca. 45°

Ausrichtungs-Experiment mit Pflanzengruppen 3–5

Versuchstage 6–7, 02.–03.06.2018

1. Gruppe 3 parallel zum Boden
2. Gruppe 4 kopfüber
3. Gruppe 5 im Winkel von ca. 45°

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 3

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 3



Abbildung 8: Sprossen vor Neuausrichtung.

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 3



Abbildung 8: Sprossen vor Neuausrichtung.



Abbildung 9: Sprossen am Versuchstag 7.

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 4

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 4



Abbildung 10: Sprossen vor Neuausrichtung.

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 4



Abbildung 10: Sprossen vor Neuausrichtung.



Abbildung 11: Sprossen am Versuchstag 7.

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 5

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 5



Abbildung 12: Sprossen vor Neuausrichtung.

Ausrichtungs-Experiment

Pflanzengruppe 5



Abbildung 12: Sprossen vor Neuausrichtung.



Abbildung 13: Sprossen am Versuchstag 7.

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium

Diskussion und Fazit

1. Der gravitrope Effekt ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- ▶ Sprosslänge
- ▶ Stärke des Reizes
- ▶ übermäßiger Reiz
- ▶ Lichteinwirkung
- ▶ Reizkonkurrenz

2. Unberücksichtigte Faktoren:

- ▶ Schwankungen in pflanzlichen Hormonen
- ▶ unterschiedliche Samen
- ▶ unterschiedliche initiale Wachstumsphasen
- ▶ Umweltfaktoren wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit
- ▶ Einflüsse durch das Nährmedium