

33. D. Prianischnikow (Moskau): Über den Aufbau und Abbau des Asparagins in den Pflanzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 28. März 1922. Vorgetragen in der Märzszitzung 1922.)

In unserer früheren Mitteilung über die synthetische Asparaginbildung¹⁾ haben wir die Versuche mit Gerste und Erbsen beschrieben, welche gezeigt haben, daß die etiolierten Keimlinge von diesen zwei Pflanzen sich ganz verschieden gegen die Ammoniaksalze verhalten. Es bildet sich nämlich bei Gerste ganz leicht das Asparagin auf Kosten von Ammoniak, welches in der Form einer schwachen Lösung von NH_4Cl (z. B. 0,05 %) den Wurzeln dargeboten wird, so daß die Menge des aufgenommenen Ammoniakstickstoffs mit der Zunahme des Asparagingehaltes der Keimlinge ziemlich gut übereinstimmt; daraus ist zu schließen, daß Asparagin auf Kosten von Ammoniak und eines stickstofffreien Restes gebildet wird. Bei den Erbsen aber liegen die Verhältnisse etwas anders: wenn nur NH_4Cl oder $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in der Lösung gegeben wird, dann geht keine Synthese von Asparagin auf Kosten von Ammoniak vor sich; nur wenn zugleich auch Kalziumkarbonat eingeführt wird, welches die „physiologische“ Azidität abstumpft, können die Erbsenkeimlinge die Asparaginsynthese zustande bringen. Später haben wir solche Versuche mit verschiedenen anderen Pflanzen ausgeführt²⁾ und gefunden, daß nicht nur bei den Gramineen, sondern auch bei Ölpflanzen (wie Kürbis z. B.) die Asparagin- (resp. Glutamin)synthese leicht vor sich geht, ohne daß es nötig wäre, Kalziumkarbonat hinzuzusetzen; andererseits aber verhielt sich *Vicia sativa* gegen die Ammoniaksalze genau so wie die Erbsen.

Es seien hier als Beispiel die Angaben nur für zwei der genannten Pflanzen angeführt; dabei entsprechen die Zahlen der Tabelle den absoluten Stickstoffmengen, welche in verschiedenen Verbindungen nach 10tägiger Versuchsdauer sich befinden.

1) Diese Zeitschrift, Bd. 28 (1910).

2) Es waren mir in diesen Arbeiten mehrere Mitarbeiter behilflich, nämlich Fräulein KASCHEWAROWA und NIKOLAEWA, dann die Herren KALINKIN, PERITURIN, RITTMAN, SMIRNOW u. a.

Es enthielten 100 Pflanzen von

	<i>Cucurbita Pepo</i>			<i>Vicia sativa</i>		
	I Wasser	II NH ₄ Cl	III NH ₄ Cl + CaCO ₃	I Wasser	II NH ₄ Cl	III {NH ₄ Cl CaCO ₃ }
Gesamt-N	1438 mg	1645 mg	1746 mg	221 mg	244 mg	263 mg
Eiweiß-N	1153 "	1050 "	1072 "	85 "	109 "	90 "
Asparagin-N ¹⁾ . .	194 "	379 "	495 "	76 "	73 "	118 "
Ammoniak-N . . .	8 "	6 "	5 "	0,9 "	0,9 "	1,0 "

Nicht alle Leguminosen verhalten sich aber gegenüber den Ammoniaksalzen wie Wicken und Erbsen; mit gelben Lupinen erhielten wir nämlich ganz abweichende Resultate, welche nur durch weitere Untersuchungen ihre Erklärung gefunden haben.

Es erwies sich nämlich, daß, wenn man den Lupinenkeimlingen irgendein Ammoniaksalz mit starker Säure in schwacher Lösung darbietet, dann nicht nur kein Asparagin auf Kosten von Ammoniak neugebildet wird, sondern sogar die Menge des „eigenen“ Asparagins in den Pflanzen abnimmt, was aus dem Vergleich mit den in Wasser gezogenen Keimlingen zu ersehen ist; statt dessen wird der Ammoniakgehalt der Pflanzen anormal groß, der Zellsaft erhält eine alkalische Reaktion und bei der Analyse der getrockneten Pflanzen lassen sich große Stickstoffverluste konstatieren.

Der Zusatz von CaCO₃ hat in diesem Falle nicht nur keine Asparaginsynthese hervorgerufen, sondern umgekehrt die oben beschriebenen Erscheinungen sogar verschärft.

Nach Verlauf von 10 Tagen enthielten 100 etiolierte Keimlinge von *Lupinus luteus* folgende Mengen von Stickstoff in verschiedenen Gruppen der stickstoffhaltigen Substanzen:

1) Resp. Glutamin-N oder Amidstickstoff insgesamt, weil gerade bei Kürbis Asparagin durch physiologisch gleichbedeutendes Glutamin ersetzt ist. Wie aus den Zahlen zu ersehen ist, haben die Kürbiskeimlinge reichlich Glutamin auf Kosten von Ammoniak gebildet, auch ohne Kalkzufuhr; bei Wickenkeimlingen hat umgekehrt das Ammoniumchlorid, ohne CaCO₃ gegeben, sogar eine Abnahme des Asparagingehaltes hervorgerufen, was durch Verlangsamung des Wachstums und des Eiweißzerfalls verursacht sein konnte (oder man kann sagen, daß die Asparaginsynthese auf Kosten des von außen zugeführten Ammoniaks nicht energisch genug vor sich ging, um die Depression in der Asparaginbildung auf Kosten der Eiweißstoffe ausgleichen zu können; nur in Anwesenheit von CaCO₃ konnte die Asparaginsynthese in Wickenkeimlingen auf Kosten von Ammoniak überhandnehmen).

	I Wasser	II (NH ₄) ₂ SO ₄	III (NH ₄) ₂ SO ₄ + CaCO ₃	IV (NH ₄) ₂ SO ₄ + CaSO ₄
Gesamt-N	567 mg	575 mg	535 mg	489 mg
Eiweiss-N	152 "	160 "	170 "	159 "
Asparagin-N . . .	258 "	175 "	158 "	125 "
Ammoniak-N . . .	26 "	57 "	68 "	72 "

100 Stück Samen enthielten in diesem Fall 612 mg Stickstoff.

Die Wiederholung des Versuches mit NH₄Cl ergab für gelbe Lupinen ganz ähnliche Resultate. Es erwies sich dabei, daß die Stickstoffverluste erst beim Trocknen stattfinden, und zwar durch Ammoniakentweichung; analysiert man aber die Keimlinge in ungetrocknetem Zustande, dann findet man ungefähr ebensoviel Stickstoff, wie in den Samen; der Ammoniakgehalt ist aber in den frischen Keimlingen viel größer als in den trockenem: er entspricht etwa der Summe des Stickstoffverlustes und des Ammoniakgehaltes in den getrockneten Pflanzen.

Der Ammoniakgehalt der frischen Keimlinge ist auch viel größer, als die aus der Nährlösung entnommenen Ammoniakmengen; es ist evident, daß die größte Menge von Ammoniak in den Pflanzen selbst gebildet wird, und da die Fälle der Ammoniakanhäufung den Fällen des verminderten Asparagingehalts entsprechen, so scheint der Schluß berechtigt zu sein, daß bei solcher „Ammoniakvergiftung“ ein Teil des Asparagins durch Ammoniak ersetzt ist.

Es erinnert dieser Vorgang an denjenigen, welchen BUTKEWITSCH (Moskau) durch den Einfluß anästhetischer Mittel bei Lupinen hervorgerufen hat¹⁾; es wird dabei die Asparaginbildung sistiert und statt dessen tritt Ammoniak in großen Mengen auf.

Wo liegt nun die Ursache, daß die Lupine gegen Ammoniakernährung sich anders verhält, als andere Pflanzen — liegt es am Mangel an Kohlenhydraten, welcher für stärkefreien Lupinensamen charakteristisch ist, oder sind es tieferliegende Ursachen anderer Natur, welche mit Arteigenschaften eng verbunden sind?

Um diese Frage zu beantworten, haben wir einerseits versucht, durch künstliche Maßnahmen bei anderen Pflanzen einen Kohlenhydratmangel hervorzurufen, um sie in ihrer chemischen Zusammensetzung den Lupinen ähnlich zu machen; andererseits haben wir versucht, die Lupinen selbst in solche Bedingungen zu bringen, daß von Kohlenhydratmangel keine Rede sein konnte.

1) Biochemische Zeitschrift Bd. 16 S. 411.

Über den Aufbau und Abbau des Asparagins in den Pflanzen. 245

Um den Kohlenhydratvorrat bei den Keimlingen zu verringern, haben wir zwei Wege benutzt: erstens, den Weg der physiologischen Vorbereitung (Hungernlassen der Keimlinge), zweitens — das teilweise Entfernen der stärkereichen Organe (Endosperm resp. Kotedonen) auf chirurgischem Wege. Beide Methoden haben zu übereinstimmenden Resultaten geführt, aber ein ausgeprägteres Bild hat das erste Verfahren gegeben; es zeigte sich, daß auch Gramineen bei Kohlenhydratmangel die „Lupineneigenschaften“ erwerben, das heißt zur Ammoniakbildung neigen und unfähig werden, das von außen zugeführte Ammoniak zu Asparagin zu verarbeiten, besonders dann, wenn die Salze der starken Säuren als Ammoniakquellen dienen.

Als Beispiel kann folgender Versuch mit 3wöchentlichen Gerstenkeimlingen dienen:

Es enthielten diesmal 100 ältere Gerstenkeimlinge

	Wasser	NH ₄ Cl	NH ₄ Cl + CaCO ₃	NH ₄ Cl + CaSO ₄
Gesamt-N	163 mg	202 mg	242 mg	226 mg
Eiweiß-N	81 „	95 „	87 „	83 „
Asparagin-N . . .	45 „	57 „	37 „	26 „
Ammoniak-N . . .	4 „	41 „	73 „	69 „

Hier sieht man eine ungewöhnliche Ammoniakanhäufung, in einigen Fällen steigt der Ammoniak-N-Gehalt bis 30 % vom Gesamtstickstoff, was bei jungen Gerstenkeimlingen nie vorkommt. Durch Hungern sind also die Gerstenkeimlinge den Lupinen ähnlich geworden.

Dann haben wir versucht, die Lupinen durch Kohlenhydratzufuhr auf die Höhe zu bringen, auf welcher die jungen Gerstenkeimlinge sich befinden; der einfachste Weg dazu war, anstatt der etiolierten die grünen Keimlinge mit Ammoniaksalzen zu ernähren und den Versuch im Lichte auszuführen; das Resultat entsprach unserer Erwartung, wie aus folgenden Zahlen zu ersehen ist:

Assimilierende Lupinenkeimlinge (Versuchsdauer 15 Tage).

	Wasser	NH ₄ Cl	NH ₄ Cl + CaCO ₃	NH ₄ Cl + CaSO ₄
Gesamt-N	885 mg	968 mg	978 mg	941 mg
Eiweiß-N	617 „	521 „	617 „	528 mg
Asparagin-N . . .	151 „	291 „	227 „	202 „
Ammoniak-N . . .	20 „	35 „	24 „	48 „

In diesem Falle ging also die Asparaginsynthese ganz glatt vor sich, ohne Kalk sogar besser als mit Kalk¹⁾. Somit werden die assimilierenden Lupinenkeimlinge in ihrem Verhalten den Ammoniaksalzen gegenüber den etiolierten Gramineenkeimlingen in ihrer Anfangsentwicklung ähnlich.

Da aber bei den oben beschriebenen Versuchen eigentlich zwei Faktoren wirken konnten, nämlich das Vorhandensein von Kohlenhydraten einerseits und das Licht als solcher andererseits, so haben wir weitere Versuche unternommen, um den Einfluß von Kohlenhydraten und des Lichtes getrennt beobachten zu können. Dazu wurden die Lupinen im Dunkeln, aber unter künstlicher Glykoseernährung erzogen, was nur bei vollständiger Sterilität der Nährlösung möglich war²⁾. In einem solchen Versuche mit etiolierten Lupinen wurden folgende Resultate erhalten:

Nährlösung	Gehalt pro 100 Pflanzen in Milligrammen			
	Gesamt-N	Eiweiß-N	Asparagin-N	Ammoniak-N
(NH ₄) ₂ SO ₄ } Ohne Glykose	1002	216	490	123
+ CaCO ₃ ³⁾ } Mit Glykose	1249	380	619	82

Diese Zahlen zeigen, daß die Glykoseernährung eine Verringerung des Ammoniaks, bzw. eine Vergrößerung des Asparagin-gehaltes hervorruft; der Eiweißgehalt der mit Glykose ernährten Pflanzen ist ebenso größer. Es ist mithin die Zuführung von Kohlenhydraten bei Lichtabwesenheit in derselben Richtung wirksam, wie die Kohlenhydratbildung unter Einfluß des Lichtes.

1) Man erinnert sich dabei an „Kalkfeindlichkeit“ der Lupine; die „Kalkfeindlichkeit“ kann aber auch darin bestehen, daß der Kalk die Wachstums- und Atmungsprozesse fördert, wobei aber der Kohlenhydratverbrauch größer wird; darum ist es möglich, daß in den ersten Stadien, wenn die assimilierende Oberfläche noch nicht reichlich entwickelt ist, der gesteigerte Kohlenhydratverbrauch der Asparaginbildung entgegenwirkt.

2) Die Methode der sterilen Kultur der höheren Pflanzen in verschiedenen Abänderungen wurde in den Laboratorien von Prof. CHUDIAKOW und des Verfassers durch eine Reihe von Mitarbeitern ausgebildet, von welchen folgende Namen genannt seien: PETROW (jetzt Professor in Omsk), SCHULOW (jetzt Professor in Moskau), SMIRNOW und BOBKOW (Assistenten im Laboratorium des Verfassers). Die Versuche mit Lupinen und die dabei angewandte Methodik wird von Herrn SMIRNOW in einer besonderen Abhandlung beschrieben werden, welche in deutscher Sprache erscheinen soll.

3) Außerdem wurden noch gegeben: KH₂PO₄, MgSO₄ und Fe₂(SO₄)₃.

Über den Aufbau und Abbau des Asparagins in den Pflanzen. 247

Der Vollständigkeit wegen haben wir noch die letzte der möglichen Kombinationen geprüft, nämlich die Lupinenpflanzen im Licht, aber ohne Kohlensäurezutritt erzogen (unter Glocken, wo die Kohlensäure durch Natronlauge absorbiert wurde; der zugeleitete Luftstrom wurde auch von Kohlensäure befreit); wie zu erwarten war, haben wir eine starke Ammoniakanhäufung konstatiert, nicht kleiner als bei den etiolierten Pflanzen (obgleich morphologisch die Pflanzen selbstverständlich ganz anders ausgebildet wurden als im Dunkeln); von außen konnte man die Ammoniakvergiftung nicht so leicht bemerken, wie bei etiolierten Pflanzen, nur ließ sich am Schluß des Versuches stellenweises Eintrocknen der Enden der normal gebauten grünen Blättchen beobachten.

Verteilen wir die gesamten von uns mit verschiedenen Pflanzen ausgeführten Versuche in Gruppen, welche einerseits durch Überschuß oder Mangel an Kohlenhydraten, andererseits durch An- oder Abwesenheit von Licht charakterisiert sind, so können wir die Resultate in folgender Form summarisch ausdrücken:

Versuchsbedingungen		Resultat	
Kohlenhydrate	Licht	Asparaginsynthese	Ammoniak-anhäufung
+	—	+	—
—	—	—	+
+	+	+	—
—	+	—	+

Es geht also aus dem Mitgeteilten hervor, daß nicht die Art-eigenschaften, sondern die Ernährungszustände der Keimlinge entscheiden, ob aus Ammoniak ein Amid (Asparagin oder Glutamin) gebildet wird; nur wenn Kohlenhydrate (oder Fette) vorhanden sind, kann die Asparaginsynthese vor sich gehen; ist es nicht der Fall, dann kann weder das von außen zugeführte noch das „eigene“, bei dem Atmungsprozeß gebildete Ammoniak in Amidform umgewandelt werden, und unter diesen Umständen leidet die Pflanze an Ammoniakvergiftung.

Die Asparaginbildung hat denselben Sinn im Pflanzenreiche, wie die Harnstoffbildung im Tierorganismus; man kann sagen, daß Asparagin und Harnstoff im physiologischen Sinne nichts anderes darstellen als entgiftetes Ammoniak.

Es zeigt sich ein bemerkenswerter Parallelismus zwischen Asparagin- und Harnstoffsynthese sogar in Einzelheiten; so haben

248 D. PRIANISCHNIKOW (Moskau): Über den Aufbau und Abbau usw.

z. B. RUMPF und KLEINE¹⁾ konstatiert, daß, wenn statt $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4Cl oder $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in den Tierorganismus eingeführt werden, manchmal mehr Ammoniak ausgeschieden wird, als in der Nahrung gegeben wurde; das bedeutet also, daß die Reste von starken Säuren die Harnstoffsynthese unterdrücken, und das „eigene“ Ammoniak des Tierkörpers wird zum Teil als solches ausgeschieden, anstatt in Harnstoff umgewandelt zu werden; es sind gerade dieselben Erscheinungen, welche wir bei Lupinen und hungernden Gerstenkeimlingen beobachtet haben.

Es gibt aber folgenden Unterschied zwischen Harnstoff- und Asparaginbildung: weil Harnstoff keine unoxydierten Kohlenstoffatome enthält, besitzt der Tierorganismus auch im Hungerzustande die Möglichkeit, Ammoniak zu entgiften; die Pflanze aber braucht für Asparaginaufbau eine Kohlenstoffkette mit zwei unoxydierten Atomen von Kohlenstoff, darum wird die Asparaginneubildung in hungernden Pflanzen unmöglich, es wird sogar die Pflanze gezwungen, das früher gebildete Asparagin im Atmungsprozeß zu verbrennen, wobei Ammoniak frei wird und seine schädliche Wirkung auf das Plasma unbesiegt bleibt.

Wir haben es also mit einem umkehrbaren Prozeß zu tun. Wir haben einmal den Übergang von Eiweißstoffen und Aminosäuren von der allgemeinen Formel $\text{R}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ durch Oxydation und sekundäre Synthese zu den Säureamiden von der allgemeinen Formel $\text{R}(\text{NH}_2)\text{CONH}_2$ (Asparagin und Glutamin), und beim Hungern durch weitere Oxydation zum Ammoniak. Sind aber Kohlenstoffvorräte in der einen oder anderen Form vorhanden, dann geht ein umgekehrter Prozeß vor sich — von Ammoniak zu Säureamiden, welche bei weiterer Kohlenstoffzufuhr zu gewöhnlichen Aminosäuren vom Typus $\text{R}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ umgebaut und zur Eiweißsynthese verwendet werden.

Vom Ammoniak²⁾ kann man also sagen: es ist wie die erste, so auch die letzte Stufe in den Umwandlungen der stickstoffhaltigen Stoffe in den Pflanzen, Alpha und Omega dieses Prozesses; und das Asparagin (oder das es ersetzende Glutamin) ist eine unentbehrliche Zwischenstufe wie bei dem Abbau, so auch bei dem Aufbau der Eiweißstoffe.

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. 34 (N. F. 16).

2) Die Sache ändert sich im Prinzip nicht, wenn die Pflanze statt Ammoniak Nitrate bekommt, weil zuerst doch unbedingt die N_2O_5 -Gruppe zu der NH_3 - oder NH_2 -Gruppe reduziert werden muß (wobei eine gewisse Menge von Energie verbraucht wird), dann aber tritt der Prozeß auf dasselbe Gleis, wie oben angezeigt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Prianischnikow D.

Artikel/Article: [Über den Aufbau und Abbau des Asparagins in den Pflanzen 242-248](#)