

Über die Lokalisation von Betain in Pflanzen.

Von

VI. Staněk.

(Der Redaktion zugegangen am 1. Mai 1911.)

Während ich das Vorkommen von Betain bei Chenopodiaceen untersuchte,¹⁾ wurde mir die ungleichmäßige Verteilung dieser Base in den verschiedenen Pflanzenteilen auffallend. Es war mir damals um den qualitativen Nachweis von Betain in einzelnen Vertretern der Chenopodiaceae zu tun, und es gelangten ohne Auswahl sowohl ganze Pflanzen, als auch nur die Blätter, oder meistens die Samen zur Untersuchung. Die größte Menge von Betain wurde in den Blättern gefunden (3,78% bei *Atriplex canescens*), die geringste (0,14%) in den Samen von *Corispermum Marschali*.

Nun habe ich mich auch zur Lösung der Frage über die Verteilung von Betain in den einzelnen Pflanzenorganen gewendet, indem ich hoffte, in dieser Weise einigermaßen zur Aufklärung der bis jetzt unbekanntten Rolle zu gelangen, welche diese Substanz im Leben der Pflanze spielt.²⁾

Bei der analytischen Untersuchung habe ich wiederum die Fällung der Perjodide mit Jodjodkalium³⁾ angewendet, jedoch die Methode in den Einzelheiten etwas modifiziert, und nach der nachfolgenden Vorschrift gearbeitet.

Die getrocknete und gepulverte Substanz (5—50 g) wurde

¹⁾ Zeitschrift f. Zuckerindustrie, 1910, Nr. 5 (gemeinschaftlich mit K. Domin).

²⁾ Ich habe diese, sowie die Arbeit über die Wanderungen von Betain in Pflanzen größtenteils abgeschlossen, als mir der Aufsatz von F. Schulze und G. Trier (Diese Zeitschrift, Bd. LXVII, S. 46) bekannt wurde.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 280; Bd. XLVII, S. 83; Bd. XLVIII, S. 334; Bd. LIV, S. 354.

mit der 10—20fachen Menge von absolutem Alkohol entweder dreimal ausgekocht, oder in dem Apparat von Poupé extrahiert, das Extrakt mit etwa 5% Natron alkalisiert und der Alkohol abdestilliert. Der Rückstand wurde in etwa 100 ccm Wasser aufgelöst und bei Siedehitze eine Kupferchloridlösung bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion auf Phenolphthalein zugetropft. Der Niederschlag, welcher nebst den Proteinen eine Reihe von anderen Verbindungen enthält, wurde am Büchnerschen Filter abgesaugt, mit Wasser gewaschen, das Filtrat mit Sodalösung schwach alkalisiert und am Wasserbade zur Trockene abgedampft. Während des Abdampfens scheidet sich fast alles vorhandene Kupfer als Kupferoxydul ab. Der Abdampfrückstand wurde in 50 ccm einer kaltgesättigten Kochsalzlösung aufgelöst, abfiltriert, das Filtrat nach dem Ansäuern mit etwa 5% Salzsäure mit überschüssigem Kaliumtrijodid ausgefällt. In den meisten Fällen entsteht ein krystallinischer Niederschlag oder ein Öl, welches bald krystallinisch erstarrt. Hie und da scheidet sich der Niederschlag schmierig ab und läßt sich nicht gut filtrieren. Früher habe ich in solchen Fällen durch einen reichlichen Zusatz von festem, gepulvertem Jod nachgeholfen, nun habe ich nachgewiesen, daß auch die ganz öligen Abscheidungen, welche z. B. bei keimenden Pflanzen vorkommen, durch starkes Abkühlen gut filtrierende Krystalle liefern. Falls bei der Fällung mit Kaliumtrijodid der Niederschlag sich schmierig oder ölig zeigt, braucht man nur die Mischung etwa eine Stunde lang mit Eiswasser oder Kältemischung abzukühlen, worauf die gebildeten Krystalle sich leicht auswaschen lassen.

Den abgeschiedenen Niederschlag der Perjodide wäscht man dreimal mit je 5 ccm einer gesättigten Kochsalzlösung (nötigenfalls abgekühlt) aus. Zu dem Zwecke spült man den Niederschlag samt Mutterlauge auf ein Wittsches Plättchen ab.

Nach dem Durchwaschen wird der Niederschlag in einer kleinen Porzellanschale mit naßem Molekularkupfer verrieben, am Wasserbade unter zeitweiligem Verreiben eine halbe Stunde lang erwärmt, mit Wasser verdünnt und an der Wittschen Platte durch Papier abfiltriert.

Der Rückstand wird zehnmal mit je 5 ccm kaltem Wasser ausgewaschen. Das Filtrat wird am Wasserbade zur Trockne gebracht und der Rückstand nochmals nach Zusatz von 10 ccm konzentrierter Salzsäure abgedampft. Dadurch werden einige mitgerissene Substanzen zersetzt und die erhaltenen Chlorhydrate sind dann farblos. Nach dem Abdampfen mit Salzsäure löst man in 25 ccm Wasser auf, filtriert durch einen kleinen Filter, neutralisiert das Filtrat (mit Waschwasser etwa 50 ccm) mit Soda, setzt ca. 1 g Natriumbicarbonat hinzu und scheidet das Cholin mit einer gesättigten Lösung von Jod in 10%iges Jodkali ab. Nach 6 Stunden wird wiederum mit Hilfe der Wittschen Platte abgesaugt, das Filtrat auf etwa 50 ccm abgedampft, mit Salzsäure angesäuert, mit Kochsalz gesättigt und mit Kaliumtrijodid gefällt. Nach einer Stunde wird das Perjodid abfiltriert, fünfmal mit je 5 ccm einer gesättigten Kochsalzlösung und zweimal mit 2,5 ccm kaltem Wasser ausgewaschen und wiederum mit molekularem Kupfer zersetzt. Man setzt dabei etwas kohlenstoffsaures Kupferoxyd hinzu, welches das Betainjodhydrat zersetzt und die freie Base abscheidet. Das Filtrat von Kupferjodür wird mit Salzsäure angesäuert und trocken abgedampft. Das erhaltene reine Betainchlorhydrat wird durch Bestimmung der Acidität und des Stickstoffgehaltes, eventuell auch noch durch Überführen in das Chloraurat identifiziert.

In dieser Weise wurde der Betaingehalt der einzelnen Pflanzenorgane ermittelt. In einigen Fällen wurde auch die Trockensubstanz und der gesamte Stickstoff nach Jodlbauer bestimmt, um das Verhältnis zwischen dem Betain, Wasser und Stickstoff zu erkennen.

In dieser Arbeit werden nur die Ergebnisse bei normalen, erwachsenen Pflanzen bzw. Organen berücksichtigt. In Anbetracht des schwankenden Wassergehaltes wurden die Resultate auf Trockensubstanz umgerechnet.

Die Versuche wurden mit *Lycium barbarum*, Zuckerrübe, Weizen, *Atriplex canescens* und *Amarantus retroflexus* ausgeführt.

1. Beta vulg. sacchar.

Pflanzenteile	Datum der Ernte	% vom Betain in der Trockensubstanz	% vom Stickstoff in der Trockensubstanz	Auf 100 Teile vom gesamten Stickstoff kommen % vom Betainstickstoff	Anmerkung
Samenknäuel . . .	5. 9. 1908	1,20	1,80	6,80) Dieselben Pflanzen.
Reine Samen ¹⁾ . . .	5. 9. 1908	0,18	3,50	0,05	
Blätter	17. 8. 1909	2,62	3,56	7,70) Dasselbe Exemplar.
Blattstiele	17. 8. 1909	1,38	1,00	14,40	
Wurzel	17. 8. 1909	0,95	1,30	7,60	
Eine andere Wurzel	20. 9. 1910	1,20	1,40	18,80	

2. Lycium barbarum.

Pflanzenteile	Datum des Sammelns 1909	% Trockensubstanz	% vom Betain in der Trockensubstanz	% vom Stickstoff in der Trockensubstanz	Auf 100 Teile vom gesamten Stickstoff % Betainstickstoff	Auf 100 Teile Wasser % Betain	Anmerkung
Junge Blätter . . .	15. 4.	—	3,91	6,83	5,90	—) Von denselben Sträuchern.
Alte Blätter	5. 9.	—	1,62	3,55	4,70	—	
Blätter	26. 8.	9,6	2,36	2,29	10,70	2,93	
Blätter	15. 6.	19,0	2,41	3,09	7,00	2,96	
Blüten ohne Kelch	3.—30. 6.	20,7	1,50	4,34	3,60	1,89	
Sproßlinge	15. 6.	26,9	1,55	2,77	5,80	2,12	
Rutenrinde	15. 6.	39,2	0,49	3,64	1,40	0,80	
Holz	15. 6.	57,3	0,12	1,09	1,50	0,30	

¹⁾ Die reinen Rübensamen, aus einer großen Menge von zerdrückten Knäueln ausgelesen, wurden mir durch die Güte des Herrn J. Zapotil, Rübensamenzüchter in Větrušic, zur Disposition gestellt.

3. *Triticum vulg.* in der Blütezeit.

Pflanzenteile	Datum des Sammelns 1908	% Trocken-substanz	% Betain in der Trocken-substanz	% Stickstoff in der Trocken-substanz	Auf 100 Teile vom gesamten Stickstoff % Betainstickstoff	Auf 100 Teile Wasser % Betain
Blätter	} 22. 7.	32,5	0,81	3,52	2,3	1,20
Halme		33,5	0,30	1,40	2,2	0,46
Ähren		32,1	0,28	2,30	1,3	0,41
Reifes Korn . . .		90,3	0,09	2,70	0,34	0,93

4. *Atriplex canescens.*

Pflanzenorgane	Datum des Sammelns 1909	% Trocken-substanz	% Betain in der Trocken-substanz	Auf 100 Teile Wasser % Betain	Anmerkungen
Alte Blätter	15. 9.	25,1	3,20	4,27	} Von demselben Strauche Holzreiche Stengel.
Junge "	28. 5.	26,0	5,40	7,40	
Stengel . .	30. 5.	35,0	2,12	3,16	
Rinde . . .	30. 5.	45,2	2,82	1,50	

5. *Amarantus retroflexus.*

Pflanzenteile	Datum des Sammelns 1908	% Betain in der Trocken-substanz	Anmerkung
Reine Samen	} 10. 9.	0,22	Das Material von Pflanzen aus demselben Fundplatze.
Samenhüllen		1,32	
Blätter		2,16	
Stengel		1,08	
Wurzel		0,48	

Nebst diesen Ergebnissen einer systematischen Untersuchung der Verteilungsart von Betain in Pflanzen will ich noch einige Befunde anführen, welche ich während der Arbeit über das Vorkommen von Betain in Chenopodiaceen erhielt.

Falls nämlich die untersuchte Chenopodiacee allzu geringe Mengen von Betain in den Samen zeigte, habe ich auch die Blätter der Pflanze analysiert und nur die ermittelte höhere Zahl in der zitierten Arbeit angeführt.

Gattung	Pflanzenteile	% Betain in der Trockensubstanz	Anmerkungen
Amarantus caudatus	Samen	0,14	Dieselbe Pflanze.
	Blätter	2,18	
Beta maritima	Knäuel	0,20	.
	Blätter	2,29	
Spinacia oleracea	Samen	0,12	Verschiedene Herkunft.
	Blätter	1,90	
Habitria tamnoides	Samen	Spuren	Im Glashause vom Samen gezüchtet.
	ganze Pflanze	1,00	
Beta trigyna	Blätter	2,10	Dieselbe Pflanze.
	Wurzel	1,30	
Chenopodium foetidum	Samen	0	Junge Pflanzen aus dem Glashause.
	ganze Pflanze	1,44	

Die angeführten Ergebnisse zeigen, daß die Verteilung von Betain in der Pflanze eine sehr ungleichmäßige ist. Den größten Gehalt findet man in den Blättern, und zwar viel mehr in den jungen Frühlingsblättern als in den alten Blättern im Herbst. Auch die jungen, grünen Sprößlinge sind ziemlich betainreich. Die Rinde (bei Lycium und Atriplex), obzwar noch saftig und unterhalb der braunen Oberfläche grün, hat schon weniger davon, und im Holz findet man nur noch unbedeutende Mengen. Die Wurzel von Amarantus hat nur 0,48% gegen 2,16% in den Blättern, während die Wurzel der Zuckerrübe, welche als eine Reserveorgan fungiert, in der Trockensubstanz 0,95—1,20% enthält gegen 2,62% in den Blättern desselben Exemplares.

Ziemlich auffallend ist der geringe Gehalt von Betain in reinen, enthülsten Samen. Es wurden nur Spuren davon ge-

funden (Beta vulg., Spinacia oler., Hablütia tam.) oder überhaupt nichts (Chenopodia foet.), und sofern vorhanden, wurde das Betain auf die Samenhüllen beschränkt (Beta, Amaranthus retrofl.).

Zwischen dem Gehalte von Betain und Wasser konnte ich keinen Zusammenhang nachweisen: bei Lycium stellt sich das Verhältnis von Betain und Wasser im Holz: 1,4 : 100; in der Rinde: 1,5 : 100; in den Blättern: 4,7—10,7 : 100. Auch das Verhältnis zwischen Betainstickstoff und gesamtem Stickstoff zeigte keine Regelmäßigkeit, bei Beta vulgaris stellt es sich: in reinen Samen zu 0,05 : 100; in den Blättern zu 7,7 : 100; in den Blattstielen sogar zu 14,4 : 100.

Im großen ganzen ersehen wir aus der Art der Verteilung von Betain in Pflanzen, daß es an der Stelle der regsten physiologischen Tätigkeit — in den Blättern — angehäuft ist. Diese Tatsache, sowie auch der Umstand, daß junge Blätter mehr davon enthalten als alte Herbstblätter, welche ihre Funktion bereits abschließen, und daß es im Holz, dessen Zellen nur noch eine ganz beschränkte Funktion zeigen, mehr oder weniger verschwindet, lassen die Vermutung nahe, daß dem Betain eine ganz wichtige Rolle in dem Stickstoffumsatz der Pflanze zukommt.

Dies beweist auch der hohe Betaingehalt der Zuckerrübenwurzel (bis 1,2% der Trockensubstanz),¹⁾ welche gewiß für die Pflanze wichtiger ist, als die Wurzel des einjährigen Amaranthus mit 0,48%.

Da die reinen enthülsten Samen auch bei sonst verhältnismäßig betainreichen Pflanzen nur sehr wenig Betain enthalten, kann dasselbe auch keineswegs als ein stickstoffhaltiger Samenreservestoff gelten.

In meinem nächsten Aufsatze werde ich die Resultate

¹⁾ Über die Lokalisation von Betain in der Zuckerrübenwurzel hat J. Urban (Zeitschr. f. Zuckerind., 1907 [6]) Untersuchungen angestellt und eine Steigerung des Gehaltes gegen die Oberfläche zu nachgewiesen. Das innere Drittel der Wurzel enthielt 0,184%, das zweite 0,28%, das äußere samt Rinde 0,30%; die Spitze 0,22%, das mittlere Stück 0,21%, der Kopf 0,28% bei etwa 22% Trockensubstanz.

meiner Untersuchungen über die Wanderungen von Betain bei einigen Lebensfunktionen der Pflanzenorgane veröffentlichen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Dr. K. Domin, Dozenten der böhmischen Universität, und Herrn J. Zapotil, Rübensamenzüchter, meinen besten Dank abzustatten für die freundliche Besorgung des notwendigen Pflanzenmaterials.

Laboratorium der Versuchsstation für Zucker-
industrie in Prag.