ETH zürich

ETH Library

Die Stickstoffernährung der Tabakpflanze

Doctoral Thesis

Author(s):
Huter, Renato

Publication date:
1947

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000099672

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Die Stickstoffernährung der Tabakpflanze

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

zur Erlangung der
Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

RENATO HUTER, dipl. ing. agr.
von Uznach (St. Gallen)

Referent: Herr Prof. Dr. A. Frey-Wyssling
Korreferent: Herr Prof. Dr. F. T. Wahlen

ZÜRICH 1947

Buchdruckerei Fluntern
Plattenstraße 27

Mitteilung No. 1 der „Stelle für Tabakstudien am Pflanzenphysiologischen Institut der E. T. H.“.
(Untersuchungen mit Unterstützung der SOTA).

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 5

II. Stickstoffdüngung der Tabakpflanze 8

1. Allgemeines 8

2. Problemstellung 10

III. Einfluß der Stickstofform auf Wachstum und Blattertrag 11

A. Feldversuche 11

B. Gefäßversuche 19

C. Zusammenfassung der Ergebnisse über die Wirkung der Stickstofform auf Wachstum und Ertrag 40

IV. Beziehungen zwischen Wachstumsverlauf und Wasserstoffionenkonzentration 42

V. Einfluß der Stickstofform auf die Qualität des Tabaks 46

A. Allgemeines über Tabakqualität 46

B. Chemische Untersuchungen 48

C. Empirische Beurteilung der Tabake aus den Feldversuchen 55

D. Vergleich zwischen empirischer Beurteilung und chemischer Untersuchung der Feldversuchstabake 57

E. Einfluß der Stickstofform auf die Farbe des Tabakblattes 58

F. Zusammenfassung der Ergebnisse über die Wirkung der Stickstofform auf die Qualität 60

VI. Schlußbetrachtungen 61

Literaturverzeichnis 64

Leer - Vide - Empty

I. Einleitung

Ueber das Problem der Ausnützung der verschiedenen Stickstofformen durch die höheren Pflanzen liegt eine ausgedehnte Literatur vor. Der Stickstoff kann den höheren Pfanzen in zwei verschiedenen Formen als Nahrung dienen (als Nitrate = NO_3^--Ion und als Ammonsalze = NH_4^+-Ion), während alle anderen Nährelemente nur in einer einzigen Form verwendet werden (Kali als K^+-Ion; Phosphor als PO_4^{---}-Ion usw.).

Viele Angaben in der Literatur sprechen den Nitraten eine günstigere Wirkung zu. Man findet aber auch gegenteilige Ansichten, die sich auf die Ergebnisse von Feld-, Sand- und Wasserkulturen stützen. Die umfangreichen Arbeiten von PRIANISCHNIKOW, PIRSCHLE, MOTHES, MEWIUS, ENGEL u. a. m. zeigen, daß prinzipiell beide Stickstofformen aufgenommen und assimiliert werden können. Sicher ist aber, daß diese beiden Stickstofformen (Nitrate und Ammonsalze) nicht immer gleich wirken.

Die Frage nach der besseren Ausnützung von Nitrat- oder Ammonstickstoff durch eine Pflanze kann nicht allgemein beantwortet werden. Wenn man die sich manchmal widersprechenden Literaturangaben durchgeht, so kommt man zum Schluß, daß diese Frage durch eine Anzahl Faktoren wie Versuchsbedingungen, Wasserstoffionenkonzentration, Ionenkonkurrenz, Assimilationsverhältnisse, Jahreszeit, Belichtung, u. a. m. beeinflußt wird. PIRSCHLE (1930—1931) findet auch, daß das Verhalten der verschiedenen Pflanzenarten gegenüber der Stickstofform ungleich ist (nitrat- und ammonliebende Pflanzen).

Die Frage, nach welchen Prinzipien die erwähnten Faktoren bei der N-Aufnahme wirken, ist lediglich für die Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration (pH) im Nährsubstrat theoretisch erörtert und untersucht worden. Da die NO_3^-- und NH_4^+-Ionen verschiedene elektrische Ladungen tragen, ist eine Abhängigkeit der Aufnahme vom Ionisationszustand der Plasmagrenzschichten in den Wurzelhaaren zu erwarten. Diese Ionisation ist vom isoelektrischen Punkte (I. E. P.) der Plasmaeiweiße abhängig. Er ist bei verschiedenen Proto-

plasten einzelliger Organismen im schwach sauren Gebiet gefunden worden und soll für Solanum-Arten beim pH 6,4 liegen (FREY-WYSSLING 1938). Falls in den Wurzelhaaren ähnliche Verhältnisse gelten, wären die Plasmagrenzschichten in neutralen und schwach alkalischen Lösungen negativ geladen (anionisch) und müßten daher das Kation NH_4^+ in seinem Durchtritt gegenüber dem Anion NO_3^- begünstigen. Umgekehrt wäre das Plasma in sauren Lösungen von einem pH tiefer als 6,4 positiv geladen (kationisch) und würde Nitrat, verglichen mit Ammonium, bevorzugen (sogenannter „Robbinseffekt", siehe RIPPEL 1931).

Daß die Aufnahme von Ammoniak und Nitrat je nach der H-Ionen-Konzentration verschieden ist, hat MICHAELIS (1926) durch Versuche an Kollodiummembranen gezeigt. Er hat anhand von Modellversuchen gefunden, daß positiv geladene Membranen die Kationenaufnahme verzögern, negativ geladene Membranen die Anionenaufnahme hemmen. Die Ladung der Plasmakolloide ist davon abhängig, ob der gegebene pH-Wert über oder unter dem I. E. P. liegt. Für die ungleiche Ionenaufnahme ist in vielen neueren Arbeiten auf den I. E. P. Bezug genommen worden. Ein typisches Beispiel ist die Aufnahme von Ammonnitrat. NH_4^+ wird bei alkalischer und NO_3^- bei saurer Reaktion aufgenommen. Es scheint also, daß die Pflanzenzellen, je nach der Reaktion der Lösung, NH_4^+ oder NO_3^- bevorzugen.

Die Tatsache, daß bei einigen Pflanzen in der Jugend die NH_4^+-Aufnahme, im Alter dagegen die NO_3^--Aufnahme begünstigt wird, ist so gedeutet worden, daß sich das pH des Nährsubstrates durch die Wurzeltätigkeit vom neutralen ins saure Gebiet verschiebe; oder es wäre auch denkbar, daß sich der I. E. P. der Plasmagrenzschichten im Laufe der Pflanzenentwicklung, verglichen mit dem konstant gedachten pH des Nährmilieus, gegen das alkalische Gebiet verschiebe.

Eine Begleiterscheinung der Ammonaufnahme ist immer ein Sauerwerden des Substrates. Die Ammonsalze dissoziieren nach folgendem Gleichgewicht:

$$(NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons 2\,NH_4^+ + SO_4^{--}$$

Durch die Aufnahme der NH_4^+-Ionen wird dieses Gleichgewicht gestört und die angereicherten SO_4^{--}-Ionen trachten sich mit den H^+-Ionen, die beim Ionenzerfall des Wassers entstehen, ins

Gleichgewicht zu setzen. Daraus ergibt sich eine Steigerung der Wasserstoffionenkonzentration; die Lösung wird sauer.

Bei der Aufnahme von Nitratsalzen sind die Begleiterscheinungen umgekehrt wie bei der Ammonaufnahme. Die Reaktion der Nährlösung wird basisch. Die Bezeichnung „physiologisch saure“ Dünger (Ammonsulfat) und „physiologisch basische“ Dünger (Nitrate) stützt sich auf diese chemisch- physikalischen Vorgänge.

ARNON (1937) findet im Gegensatz zu diesen Erwägungen, daß bei der Gerste das pH keinen großen Einfluß auf die Aufnahme von Nitrat- oder Ammonsalzen ausübt, wohl aber die Jahreszeit. Im allgemeinen waren die Kulturen mit Nitrat besser. PRIANISCHNIKOW (1929) hat in umfangreichen Versuchen gezeigt, daß Ammonsalze so gut wie Nitrate wirken, wenn für die Beseitigung der pflanzenschädlichen Versauerung Sorge getragen wird. Er geht sogar soweit, das Ammoniak in diesem Falle als die bessere Stickstoffquelle zu bezeichnen. Seine Darlegungen stützen sich besonders auf die biochemische Anschauung, wonach die Nitrate über die Stufe des Ammoniaks assimiliert werden. PIRSCHLE (1930—1931) untersuchte ebenfalls, wie sich die Pflanzen gegenüber Nitrat- und Ammonsalzen verhalten, wenn sich die physiologische Reaktion der Substratversauerung durch die Wurzeltätigkeit nicht auswirken kann. Er arbeitete mit verschiedenen konstanten pH-Stufen; die Versuche zeigten, daß im sauren Gebiete die Ammoniumaufnahme schlecht ist, daß jedoch entgegen der Erwartung im alkalischen Gebiete keine wesentliche Steigerung der Ammonsalzaufnahme stattfindet, wohl aber bei einem mittleren pH unterhalb des Neutralpunktes. In diesem Falle erwies sich das Ammonsulfat dem Nitrat ebenbürtig, teilweise sogar überlegen. Er kam zum Schluß, daß eine Pflanze bei optimaler Wasserstoffionenkonzentration beide Stickstofformen gleich gut ausnützt. Bei nicht optimaler Wasserstoffionenkonzentration sind Nitrate vorteilhafter. MARTHALER (1937) hat durch umfangreiche Versuche das Verhalten der Ruderalpflanzen zu verschiedenen Stickstofformen untersucht. Aus seinen Schlußbetrachtungen entnehmen wir, daß bei den Ammonpflanzen mehr Chlorophyll aufgebaut wurde als bei Nitraten. Das Verhalten der Ruderalpflanzen gegenüber den Stickstofformen ist, hin-

sichtlich des Wachstumverlaufes, verschieden. Während es Arten gibt, die Ammon-N vorziehen, gibt es wieder nitratliebende Arten. Weiter hat MARTHALER darauf hingewiesen, daß junge Pflanzen Ammonsalze als Stickstoffquelle vorziehen, während ältere Pflanzen den Nitrat-N besser ausnützen. Der gleiche Autor (1939) bezeichnet die Hochmoorpflanzen als ammonliebende Pflanzen. Verschiedene Autoren geben an, daß Hafer, Baumwolle, Reis, Buchweizen u. a. m. im Jugendstadium mehr Ammon-N aufnehmen und mit zunehmendem Alter mehr Nitrat-N. KREYZI (1931) erzielte Höchsterträge bei gleichzeitiger Düngung von Ammon- und Nitratstickstoff. Bei Zuckerrüben sind nach PRIANISCHNIKOW die besten Resultate bei pH 7 mit Ammonsalzen und bei pH 5 mit Nitratsalzen erzielt worden. Mais zeigte das gleiche Verhalten. EMMERT (1928) gibt auch an, daß die Nitratassimilation bei saurer Bodenreaktion besser vor sich geht; die Assimilation der Ammonsalze dagegen bei alkalischer Reaktion. HARVEY (1939) hat ferner festgestellt, daß bei Zea Mais die Bevorzugung von NH_4^+ oder NO_3^- erblich festgelegt ist.

Das Gesagte beweist uns, daß keine allgemeine Regeln aufgestellt werden können. Für jede Pflanze muß je nach den äußeren Faktoren die Frage für sich beantwortet werden.

II. Stickstoffdüngung der Tabakpflanze

1. Allgemeines

Die Stickstoffdüngung ist ein äußerst wichtiger Faktor beim Anbau der Genußpflanze Tabak, da nicht nur die Menge, sondern auch die Güte des Blattes und damit die Art seiner Verwendung in der Tabakindustrie in hohem Maße beeinflußt wird. Bevorzugt werden Düngemittel, die keine schädlichen Bestandteile enthalten (Chlor). In bezug auf Ertragsmengen und Güte der Erzeugnisse gaben bei amerikanischen Versuchen mit der Tabaksorte Havanna Nitratsalze die besten Resultate; Ammonsulfat ergab die niedrigsten Erträge (Massachusetts State College Bulletin N. 346, S. 5189). Die Düngermischungen für Ta-

bak in Nordamerika enthalten aber, je nach Gebiet, beide Stickstofformen (The New Zealand Journal of science and technology B. 27, No. 2.). KISSLING (1925) empfiehlt Ammonsulfat, das aber frühzeitig gedüngt werden muß; bemerkt jedoch, daß durch diese Düngung die Glimmfähigkeit herabgesetzt wird. CAPUS (1929) empfiehlt die Düngung mit Nitratstickstoff für leichte Böden und Ammonsulfat für schwere Böden. Nach BECKER-DILLINGEN (1934) sind Nitratsalze nicht empfehlenswert, weil sie zu stark treiben, das Blatt schwammig und dickrippig machen, seine Glimmdauer und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten herabsetzen. Versuche in Djember (Mededeelingen Besoekisch Proefstation 55, 1933) haben gezeigt, daß Ammonsulfat, ähnlich wie Kaliumnitrat, die Ernte vermehrt, jedoch die Glimmfähigkeit im ungünstigen Sinn beeinflußt. Die Blattfarbe ist bei beiden Düngerarten nach der dunklen Seite verschoben. Mißfarbige Blätter gibt es aber bei Verabreichung von Ammonsulfat in größerer Zahl. Nach MEISNER (1932) sollte für den Qualitätsanbau die Verwendung von Ammonsalzen verboten werden, weil mit Ammoniak-N keine edlen Gewächse erzeugt werden können. Verschiedene Autoren (VLADIMOROW, 1939; ROEMER, 1940) geben an, daß mit Ammon gedüngter Tabak einen höheren Nicotingehalt aufweist.

Aus dem Gesagten, sowie aus dem Studium der vorhandenen Literatur über die Stickstoffernährung der Tabakpflanze gewinnt man den Eindruck, daß die Frage der Stickstofform und -gabe entscheidend für die Qualität sein kann. Die Güte des Tabaks (genügende Reife, feine elastische Beschaffenheit, guter Geruch, edle Farbe, vorzügliche Glimmfähigkeit und Aroma) wird durch die Stickstoffdüngung beeinflußt. Der Stickstoffgehalt des Bodens sowie die Art der Düngung sind wahrscheinlich die Faktoren, die auf die Ansammlung von Reservestoffen in der Tabakpflanze und somit auch auf die Bildung von Nicotin den größten Einfluß haben.

Jede Pflanze hat hinsichtlich der Bodenreaktion (pH) ein eigenes Minimum, Maximum und Optimum. Bei der Tabakpflanze bleiben die günstigen Wachtumsbedingungen über eine beträchtliche Breite der pH-Skala erhalten. Die meisten Literaturangaben legen den günstigsten pH-Bereich für die Erzeugung

einer in bezug auf Qualität und Menge optimalen Tabakernte zwischen 5,2 und 6,4 fest, also wenig unterhalb des Neutralpunktes.

Da die Vegetationszeit des Tabaks kurz ist (max. 100 Tage auf dem Felde) und der Tabak zudem ein verhältnismäßig kleines Wurzelsystem besitzt, müssen die Nährstoffe in einem solchen Zustand vorhanden sein, daß die Pflanze sie sofort in genügender und in einer, für die schließliche Verwendung in den Blättern, vorteilhaften Menge aufnehmen kann.

2. Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit wird das Verhalten der Tabakpflanze gegenüber den verschiedenen Stickstofformen untersucht. Das Problem ist in der Schweiz besonders in den letzten Jahren aktuell geworden, nachdem der Anbau von Tabak sich nahezu verdoppelt hat, und ausgedehnte Flächen in Alluvialgebieten, auf meliorierten Böden, mit Tabak bepflanzt worden sind.

Die Form der N-Düngung kann, wie wir gesehen haben, Ertrag und Qualität beeinflussen. Ferner muß man berücksichtigen, daß durch die Verwendung von Kunstdüngern die Vegetationszeit unter Umständen verlängert oder verkürzt werden kann. Die Tabakkultur kann sich aber in der Schweiz nur dann behaupten, wenn alle geeigneten Kulturmaßnahmen angewendet werden, die zur Verkürzung der Vegetationszeit beitragen. Unter diesen Kulturmaßnahmen nimmt eine zweckmäßige Düngung eine ausschlaggebende Stellung ein.

Der Tabak erhält heute in der Schweiz allgemein einen Mischdünger von folgender Zusammensetzung (HEIERLE 1937):

6 % P_2O_5 als Superphosphat
6 % N als Calciumnitrat
25 % K_2O als chlorfreies Kalisulfat.

Die Zusammensetzung des Tabakdüngers hat sich bis heute sehr gut bewährt. Die Verbesserung der Qualität des Inlandtabaks ist zum großen Teil auf die ausschließliche Verwendung dieses Düngers zurückzuführen.

Die Neulandgewinnung während des Krieges hat Böden von neutraler bis schwach alkalischer Reaktion in Kultur gebracht. Es erhob sich daher die Frage, ob auf solchen Böden, entgegen

der bisherigen Erfahrung, eine Ammoniumsulfat-Düngung von Vorteil sei. Erstens würde dieser physiologisch saure Dünger das Boden-pH in günstigem Sinne verändern und dem optimalen pH von 5,2 bis 6,4 des Tabaks näher bringen; und zweitens wäre nach den theoretischen Ausführungen der Einleitung auf solchen Böden eine Verbesserung der N-Aufnahme zu erwarten, wenn der Stickstoff in Form von Kationen geboten wird.

In dieser Arbeit werden nun eine Anzahl Feld- und Gefäßversuche besprochen, die seit 1942 auf Böden mit einer neutralen bis alkalischen Reaktion durchgeführt worden sind. Untersucht wurde:

1. Einfluß der N-Form auf Wachstum und Blattertrag,
2. Einfluß der N-Form auf die Qualität des Tabaks.

Neben Nitrat- und Ammonsalzen wurde bei einzelnen Versuchen auch Ammonnitrat verwendet.

III. Einfluß der Stickstofform auf Wachstum und Blattertrag

A. Feldversuche

1. Methodik

Düngermischungen: Als Dünger wurden einerseits der nitrathaltige Tabakdünger Lonza 6/6/25 und anderseits eine von uns hergestellte Mischung aus 6 % Phosphorsäure als Doppelsuperphosphat, 6 % Stickstoff als Ammonsulfat, 25 % Kali als chlorfreies Kalisulfat verwendet.

Anordnung der Versuche: Die Versuche wurden jeweils in 5×2 nebeneinander liegenden Parzellen angelegt (Abbildung 1). Jede Parzelle maß genau 100 m² und war mit 320 Pflanzen besetzt. Die Versuche wurden also in 5 Wiederholungen durchgeführt.

Abb. 1. *Versuchsanordnung*

A 1	B 2	C 1	D 2	E 1
A 2	B 1	C 2	D 1	E 2

Angebaute Sorte: Es wurde ausschließlich die Sorte Mont Calme jaune verwendet[1].

Düngung: Jeder Pflanze wurde der Dünger einzeln verabreicht, und zwar in zwei Malen. Wir verwendeten dazu einen Düngbecher von 12,5 g Inhalt. Das erste Mal wurden die Pflanzen etwa 8 Tage nach dem Aussetzen, das zweite Mal sofort nach dem Häufeln gedüngt. Jede Pflanze erhielt somit 25 g Dünger. Dies entspricht einer Düngergabe von 7,5 kg pro Are.

Pflanzmethode und Bearbeitung: Gepflanzt wurde in Doppelreihen, wobei der große Abstand 90 cm und der kleine 45 cm betrug; der Pflanzabstand in den Reihen war 50 cm. Die weitere Bearbeitung wurde wie üblich durchgeführt. Zwischen der ersten und der zweiten Düngergabe wurden die Pflanzen angehäufelt. Die Versuchspflanzen wurden entgipfelt und entgeizt.

Ernte: Geerntet wurde in 3 Malen. Die Blätter wurden an der Luft getrocknet und das Trockengewicht bestimmt. Eine Bestimmung des Frischgewichtes wurde nicht vorgenommen; diese Werte sind nur selten miteinander vergleichbar, da das Frischgewicht je nach dem Zeitpunkt der Ernte großen Schwankungen unterworfen ist.

Bestimmung der Erträge: Um die Ungleichmäßigkeiten des Versuchslandes, die systematischen und die zufälligen Fehler auszuschalten, wandten wir die Ausgleichsrechnung nach MITSCHERLICH an (s. ZÖLLER 1935). Es werden hierbei immer die zwei benachbarten Parzellen verglichen und dann die wahrscheinlichen Mittelerträge und ihre mittleren Fehler berechnet.

---

[1]) *Mont Calme jaune:* Diese Sorte wird in der Schweiz besonders für die Verwendung in der Cigarettenindustrie angepflanzt. Der Anteil an der Gesamtanbaufläche betrug im Jahre 1946 ca. 38 %. Sie stammt aus einer Kreuzung von White Burley mit Ammersforster und Rückkreuzung mit White Burley. Sie wurde in den Dreißigerjahren als reine Linie durch die Versuchsanstalt Mont Calme, Lausanne, ausgegeben und von Dr. Heierle weiter gezüchtet. (HEUSSER 1944.).

2. Versuch I 1942 in Vouvry

Bodeneigenschaften:

Das Versuchsfeld wurde östlich von Vouvry (Wallis) auf einem sandigen Lehmboden mit einem pH von 6,7 angelegt. Im Jahre 1941 war das Feld mit Kartoffeln bepflanzt worden und hatte eine Düngung mit Kalisulfat erhalten. Im Herbst wurde das Feld mit Stallmist gedüngt und gepflügt.

Tabelle 1. *Erträge aus Versuch I*

Tabakdünger mit Ca-Nitrat		Tabakdünger mit Ammonsulfat	
Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg
A 1	33,1	A 2	31,0
B 1	29,9	B 2	29,8
C 1	30,9	C 2	35,5
D 1	30,3	D 2	27,8
E 1	26,6	E 2	28,2
Total	150,8	Total	152,3
Mittel	30,16	Mittel	30,46

Tabelle 2. *Beurteilung der Resultate aus Versuch I*

Parzellen gedüngt mit	Wahrscheinliche Mittelerträge und ihre mittleren Fehler		Erträge
	in kg/Parzelle	in %	kg/a
Ca-Nitrat	30,17 ± 0,42	99,08 ± 1,4	30,17
Ammonsulfat	30,45 ± 0,42	100 ± 1,4	30,45
Differenz zugunsten von Ammonsulfat	0,28 ± 0,59	0,92 ± 1,9	0,28

In den Tabellen 1 und 2 sind die Erträge angegeben. Der Mehrertrag von 0,92 % zugunsten des Ammonsulfates ist nicht

gesichert, d. h. zwischen der Düngung mit Nitrat und Ammonsulfat ist kein zuverlässiger Unterschied festzustellen. *Auf dem verwendeten annähernd neutralen Boden ist die Wirkung beider Stickstofformen gleich.*

3. Versuch II 1943 in Vouvry

Versuch II ist die Wiederholung von Versuch I (1942) in Vouvry im Jahr 1943. Der gleiche Versuch wurde 1944 noch einmal wiederholt. Die Versuchsanordnung blieb während allen 3 Jahren gleich, sodaß jede Parzelle immer wieder die gleiche Düngung erhielt.

Tabelle 3. Erträge aus Versuch II

Tabakdünger mit Ca-Nitrat		Tabakdünger mit Ammonsulfat	
Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg
A 1	28,3	A 2	25,5
B 1	24,0	B 2	25,3
C 1	28,6	C 2	24,0
D 1	28,5	D 2	26,4
E 1	25,0	E 2	24,2
Total	134,4	Total	125,4
Mittel	26,88	Mittel	25,08

Tabelle 4. *Beurteilung der Resultate aus Versuch II*

Parzellen gedüngt mit	Wahrscheinliche Mittelerträge und ihre mittleren Fehler in kg/Parzelle	in %	Erträge kg/a
Ca-Nitrat	26,68 ± 0,08	100 ± 0,30	26,68
Ammonsulfat	25,07 ± 0,08	93,90 ± 0,29	25,07
Differenz zugunsten von Nitrat	1,61 ± 0,33	6,10 ± 1,25	1,61

Die Erträge sind in den Tabellen 3 und 4 enthalten. *Der Mehrertrag von 6,1% zugunsten der Nitratdüngung ist gesichert.* Im Jahre 1942 war die Ertragsdifferenz zwischen den 2 Düngerarten kleiner. Es muß aber zuerst festgehalten werden, daß ein allgemeiner Rückgang der Produktion sowohl auf den Nitrat- wie auf den Ammonparzellen stattgefunden hat. Inwieweit die klimatischen Verhältnisse auf die Ergebnisse der zwei Versuchsjahre eingewirkt haben, läßt sich schwer beurteilen. Sicher ist, daß die Wirkung des Düngers in hohem Maße von der Witterung abhängig ist. Infolge einer Schlechtwetterperiode konnte die erste Düngung erst 22 Tage nach dem Aussetzen der Setzlinge erfolgen, gegenüber 8 Tagen im Jahre 1942. Es ist gut möglich, daß dadurch eine rasche Aufnahme des Ammonstickstoffes verhindert wurde.

4. Versuch III 1944 in Vouvry

Versuch III (1944) ist die zweite Wiederholung von Versuch I in Vouvry.

Tabelle 5. *Erträge aus Versuch III*

Tabakdünger mit Ca-Nitrat		Tabakdünger mit Ammonsulfat	
Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg
A 1	28,0	A 2	25,0
B 1	25,0	B 2	27,0
C 1	21,0	C 2	24,0
D 1	22,0	D 2	23,0
E 1	26,0	E 2	24,0
Total	122,0	Total	123,0
Mittel	24,40	Mittel	24,60

Tabelle 6. *Beurteilung der Resultate aus Versuch III*

Parzellen gedüngt mit	Wahrscheinliche Mittelerträge und ihre mittleren Fehler in kg/Parzelle	in %	Erträge kg/a
Ca-Nitrat	24,15 ± 0,08	100 ± 0,36	24,15
Ammonsulfat	24,84 ± 0,08	102,85 ± 0,36	24,84
Differenz zugunsten von Ammonsulfat	0,69 ± 0,11	2,85 ± 0,42	0,69

Die Differenz von 2,85 % zugunsten des Ammonsulfates ist gesichert (Tabellen 5 und 6). Das Resultat ist somit gleich wie im Versuch I (1942) und die Ergebnisse der 3 Versuchsjahre lassen den Schluß ziehen, *daß auf einem annähernd neutralen Boden die Wirkung beider Stickstofformen ungefähr gleich ist.*

Die Gegenüberstellung der Resultate der Versuche 1942, 1943 und 1944 in Vouvry zeigt, daß die Erträge fortschreitend abnehmen, wenn die Tabakkultur längere Zeit auf dem gleichen Felde betrieben wird. 1943 war der Ertrag bereits um 11,9 % gesunken und im Jahre 1944 betrug die Abnahme 20 % gegenüber 1942.

5. Versuch IV 1942 in Landquart

Bodeneigenschaften:

Das Versuchsfeld wurde in Landquart auf einem sandigen, bleigrauen Alluvialboden mit einem pH von 8,54 angelegt. Im Jahre 1941 war das Versuchsfeld mit Kartoffeln bepflanzt und im Herbst mit Stallmist gedüngt und gepflügt worden.

Tabelle 7. *Erträge aus Versuch IV*

Tabakdünger mit Ca-Nitrat		Tabakdünger mit Ammonsulfat	
Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg
A 1	30,5	A 2	30,5
B 1	31,0	B 2	32,8
C 1	31,3	C 2	31,8
D 1	32,0	D 2	31,9
E 1	30,4	E 2	31,8
Total	155,2	Total	158,8
Mittel	31,04	Mittel	31,76

Tabelle 8. *Beurteilung der Resultate aus Versuch IV*

Parzellen gedüngt mit	Wahrscheinliche Mittelerträge und ihre mittleren Fehler in kg/Parzelle	in %	Erträge kg/a
Ca-Nitrat	31,04 ± 0,12	100 ± 0,39	31,04
Ammonsulfat	31,76 ± 0,12	102,32 ± 0,39	31,76
Differenz zugunsten von Ammonsulfat	0,72 ± 0,17	2,32 ± 0,55	0,72

Wie aus den Tabellen 7 und 8 ersichtlich ist, *ergab die Ammonsulfatmischung einen Mehrertrag von 2,3 % gegenüber der Nitratmischung.* Der Mehrertrag ist 4,2 mal größer als sein mittlerer Fehler und damit gesichert.

Das Resultat würde für die Annahme sprechen, daß auf alkalischem Boden die Wirkung von physiologisch saurem Dünger größer ist als die der basischen Dünger. Die Differenz ist aber unbedeutend und erlaubt kein definitives Urteil.

6. Versuch V 1942 in Balerna

Der Versuch wurde in Balerna auf einem schwach humosen, sandigen Lehmboden mit einem pH von 8,2 durchgeführt. Neben den 2 erwähnten Düngern wurde hier noch eine dritte Mischung mit Ammonnitrat als Stickstoffquelle einbezogen. Die Zusammensetzung blieb aber gleich.

Der Versuch wurde hier mit 6 Wiederholungen durchgeführt. Das Feld enthielt demnach 3×6 Parzellen.

Tabelle 9. *Erträge aus Versuch V*

Tabakdünger mit Calciumnitrat		Tabakdünger mit Ammonsulfat		Tabakdünger mit Ammonnitrat	
Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg	Parzelle Nr.	kg
A 1	32,5	A 2	26,1	A 3	30,2
B 1	34,1	B 2	32,6	B 3	35,1
C 1	34,9	C 2	30,1	C 3	29,2
D 1	30,5	D 2	23,8	D 3	25,7
E 1	29,2	E 2	29,6	E 3	27,5
F 1	30,0	F 2	29,0	F 3	30,8
Total	191,2	Total	171,2	Total	178,5
Mittel	31,87	Mittel	28,53	Mittel	29,75

Tabelle 10. *Beurteilung der Resultate aus Versuch V*

Parzellen gedüngt mit	Wahrscheinliche Mittelerträge und ihre mittleren Fehler		Erträge
	in kg/Parzelle	in %	kg/a
Calciumnitrat	31,76 ± 0,40	100 ± 1,26	31,76
Ammonsulfat	28,43 ± 0,36	89,6 ± 1,17	28,43
Ammonnitrat	29,96 ± 0,31	94,4 ± 0,98	29,96
Differenzen			
M 1 — M 2	3,33 ± 0,54	10,4 ± 1,70	3,33
M 1 — M 3	1,80 ± 0,50	5,6 ± 1,60	1,80
M 3 — M 2	1,53 ± 0,47	4,8 ± 1,50	1,53

Der Calciumnitratdünger ergab einen gesicherten Mehrertrag von 10,4 % gegenüber der Ammonsulfatmischung und von 5,6 % gegenüber dem Ammonnitrat (Tabellen 9 und 10). Das Ergebnis widerspricht jenem der Versuche von Landquart. Das Versuchsfeld war aber zeitweise sehr feucht und es ist möglich, daß dadurch die Wirkung der verschiedenen Dünger beeinflußt worden ist.

B. Gefäßversuche

1. Methodik

Als Gefäße benützten wir die normalen Mitscherlich-Kulturgefäße von 21 cm Durchmesser. Verwendet wurde reiner Quarzsand[1] von 0,2 bis 1 mm Körnergröße. Der Quarzsand wurde jeweils mit conc. Salzsäure gewaschen und sodann mit dest. Wasser solange nachgespült, bis das Abwasser vollständig rein war. Die Setzlinge wurden in dampfsterilisierter Erde gezogen und erst in einem Alter, das ungefähr dem Auspflanzen im freien Felde entsprach, in die Gefäße übergepflanzt. Es wurde immer gleich altes und ausgeglichenes Material verwendet.

Drei verschiedene Nährlösungen kamen zur Anwendung (Tabellen 11, 12 und 13):

Tabelle 11. *Nährlösung mit Calcium- und Kaliumnitrat*

mg in Liter	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cl	SO_4	Fe
200 K_2HPO_4		8,16	10,80					
450 $Ca(NO_3)_2$	7,70			15,33				
320 KNO_3	4,42		14,78					
90 KCl			5,68			4,29		
200 $MgSO_4 + 7H_2O$					3,28		7,80	
5 $FeSO_4 + 7H_2O$							1,72	1,00
	12,12	8,16	31,26	15,33	3,28	4,29	9,52	1,00

Tabelle 12. *Nährlösung mit Ammonsulfat*

mg in Liter	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cl	SO_4	Fe
200 K_2HPO_4		8,16	10,80					
365 $CaSO_4 + 2H_2O$				11,88			20,06	
200 $MgSO_4 + 7H2O$					3,28		7,80	
65 $CaCl_2$				3,28		4,16		
575 $(NH_4)_2SO_4$	12,18						41,80	
375 K_2SO_4			20,25				20,60	
5 $FeSO_4$							1,72	1,00
	12,18	8,16	31,05	15,16	3,28	4,16	91,98	1,00

[1]) Aus dem Quarzsandwerk Benken.

Tabelle 13. *Nährlösung mit Ammonnitrat*

mg in Liter	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cl	SO_4	Fe
200 K_2HPO_4		8,16	10,80					
365 $CaSO_4 + 2H_2O$				11,88			20,06	
200 $MgSO_4 + 7H_2O$					3,28		7,80	
65 $CaCl_2$				3,28		4,16		
350 NH_4NO_3	12,25							
375 K_2SO_4			20,25				20,60	
5 $FeSO_4 + 7H_2O$							1,72	1,00
	12,25	8,16	31,05	15,16	3,28	4,16	50,18	1,00

Das Verhältnis P / N / K betrug bei allen Nährlösungen rund 8 / 12 / 31. Diese Formel entspricht annähernd der Zusammensetzung des Tabakdüngers. Nur die Stickstoffmenge ist, im Verhältnis zu den anderen Nährstoffen, etwas zu hoch. Für das Studium der Stickstoffernährung kann aber diese erhöhte Gabe nur von Nutzen sein.

Jeder Nährlösung wurden folgende Spurelemente zugefügt (1 ccm auf 1000 ccm Nährlösung):

	gr/l
H_3BO_3	2,86
$MnCl_2$	1,81
$ZnSO_4$	0,22
$CaSO_4$	0,08
H_2MoO_4	0,09

Die Zugabe der Nährlösung erfolgte, mit Ausnahme der Versuchsreihe I, durch gleichmäßiges Begießen der Gefäße. Bei Versuch I verwendeten wir eine Tropfvorrichtung, die einen kontinuierlichen Durchfluß der Nährlösung ermöglichte. Diese Vorrichtung wurde aber in der Folge nicht mehr benützt. Zum Studium des Einflusses der Nährlösung auf Wachstum und Ertrag ist nur wichtig, daß die Lösung hinreichend und in kurzen Intervallen erneuert wird. Die Tropfvorrichtung erschwerte das genaue Abmessen der Nährlösung; es ergaben sich zudem Schwierigkeiten durch Verdunstungserscheinungen.

Es wurde nur die normale Konzentration der Nährlösungen verwendet. Das pH betrug:

Nährlösung mit Calcium- und Kaliumnitrat	pH 6,54
Nährlösung mit Ammonsulfat	pH 6,41
Nährlösung mit Ammonnitrat	pH 6,44.

Für die Gefäßversuche wählten wir wieder, wie schon bei den Feldversuchen, die Sorte Mont Calme jaune.

Sämtliche Versuche wurden im Gewächshaus des Pflanzenphysiologischen Institutes an der E. T. H. ausgeführt.

2. Versuch I 1943

Je 8 Mitscherlichgefäße wurden am 7. Mai 1943 mit je 3 Pflanzen angesetzt. Diese wurden mit folgenden Nährlösungen gedüngt:

Reihe 1: Nährlösung mit Calcium- und Kaliumnitrat.
Reihe 2: Nährlösung mit Ammonsulfat.
Reihe 3: Nährlösung mit Calcium-Kaliumnitrat und nach der 5. Woche mit Ammonsulfat.
Reihe 4: Nährlösung mit Ammonsulfat und nach der 5. Woche mit Calcium- und Kaliumnitrat.

In der Einleitung haben wir darauf hingewiesen, daß die Bevorzugung von Ammonium- oder Nitratstickstoff im Jugend- und Alterstadium verschieden sein kann. Es lag daher nahe einmal zu untersuchen, ob sich bei der Tabakpflanze ähnliche Eigenschaften zeigen würden, und im bejahenden Fall, welche der 2 Stickstofformen bevorzugt wird. Das Wechseln der Nährlösung bei den Reihen 3 und 4 sollte uns auf diese Frage Antwort geben und uns ermöglichen zu beurteilen, ob für eine optimale Ernährung der Tabakpflanze eine kombinierte Stickstoffernährung (Ammonnitrat oder eine Kombination von zwei Düngungen: Nitrat und später Ammon oder umgekehrt) in Frage kommen könnte.

Bis zur 5. Woche bestand der Versuch aus nur 2 Reihen, und erst nach dem Wechseln arbeiteten wir mit den Reihen 3 und 4.

Nach 35 Tagen wurden jedem Gefäß 2 Pflanzen entnommen und deren Frisch- und Trockengewicht bestimmt. Die Resultate sind in der Tabelle 14 enthalten.

Tabelle 14. *Frisch- und Trockengewichte nach 5 Wochen*

Nährlösung mit	Frischgewicht gr/10 Pfl.	Trockengewicht gr/10 Pfl.
Nitrat	31,20	1,36
Ammonsulfat	29,19	1,32

Das Verhältnis Frischgewicht zu Trockengewicht zeigt bereits einen deutlichen Unterschied. Die Ammonpflanzen erzeugen prozentual mehr Trockensubstanz als die Nitratpflanzen. Um den Unterschied besser festzustellen, wurden an gleich hoch inserierten Blättern bei jeder Pflanze 1 Stück von 2,5 cm Durchmesser ausgeschnitten und das Frisch- und Trockengewicht bestimmt (Tabelle 15).

Tabelle 15. *Gewichte pro m² Blattfläche*
(5 Wochen nach Versuchsbeginn)

Nährlösung mit	Frischgewicht gr/m²	Trockengewicht gr/m²	Trockengewicht in % des Frischgewichtes %
Nitrat	223,30	10,34	4,63
Ammonsulfat	193,80	9,96	5,14

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Gewichtszunahme bei den Nitratpflanzen größer ist. Eine Bevorzugung des Ammonstickstoffes in diesem Entwicklungsstadium findet nicht statt. Hingegen ist die Ausbeute an Trockengewicht bei den Ammonpflanzen größer. Dieser Befund wurde in der Folge bei allen Versuchen immer wieder bestätigt. Aus der chemischen Untersuchung der Versuchstabake wurde weiter bestimmt, daß die Ammonpflanzen mehr Asche enthalten. WUHRMANN (1935) hat an Tabakblättern den Sukkulenzgrad (Volumen/Oberfläche)

untersucht und findet, daß die Zunahme der Blattdicke nicht auf eine Zellvermehrung zurückzuführen ist, sondern auf vermehrtes Streckungswachstum der Palisadenzellen. Ebenso findet er bei diesen Pflanzen eine Zunahme des Aschengehaltes. Jene Versuche sind mit den Halogeniden der Alkalireihe durchgeführt worden. Die morphologischen Veränderungen (morphogenetische Wirkung) können somit als Salzeffekt gedeutet werden.

MARTHALER (1937) hat ebenfalls morphologische Unterschiede am Stengel von Chenopodium album bei der Ernährung mit Nitrat- und Ammonstickstoff festgestellt. Phloem und Xylem waren bei den Ammonpflanzen besser ausgebildet.

Es ist somit anzunehmen, daß die bei Nitraternährung festgestellte größere Blattdicke auf eine durch Salzeffekt hervorgerufene Steigerung des Streckungswachstums der Palisadenzellen zurückzuführen ist.

Die Farbe der Blätter weist nach 30 Tagen bereits deutliche Unterschiede auf. Die mit Ammonsulfat als Stickstoffquelle ernährten Pflanzen waren grün bis dunkel-grün; mit Nitrat war die Farbe hellgrün bis gelblich. Der Farbunterschied wurde während des Wachstums immer deutlicher und nahm gegen Ende des Versuchs zu. Diese Beobachtung wurde dann später bei allen Versuchen bestätigt und weist darauf hin, daß die Pflanzen der Ammonsulfatreihe mehr Chlorophyll produzieren. Inwieweit die Stickstofform an der Chlorophyllbildung mitbeteiligt ist, läßt sich nicht leicht erklären, es ist aber möglich, daß die Zunahme des Chlorophylls eine Folge des veränderten pH-Wertes der Zellen ist.

Gegen Ende des Versuchs, zur Zeit der Ausreifung der Blätter, konnte dann festgestellt werden, daß die Vergilbung bei den Ammonpflanzen ungleichmäßig war. Es bildeten sich weißgelbe und grüne Flecken, während die Nitratpflanzen viel regelmäßiger vergilbten.

Der Wechsel der Nährlösung hatte zuerst eine Annäherung der Ammonreihe an die Nitratreihe und umgekehrt zur Folge. Ueber das weitere Wachstum der Pflanzen orientieren Abb. 2 und die Tabellen 16 und 17. Die Gewichte wurden nach einer Vegetationszeit von 73 Tagen bestimmt.

Tabelle 16. *Wachstumszahlen aus Versuch I*
(Mittelwerte aus allen Pflanzen)

Nährlösung mit	Frischgewicht gr./Pfl.	Trockengewicht gr./Pfl.	Höhe der Pflanze cm	Blattzahl pro Pfl.	Blattlänge cm	Blattbreite cm
Ca- und K-Nitrat	268	21,05	75	13	41,8	21,4
Ammonsulfat	212	19,38	71	12	41,1	20,1
Ammonsulfat + Ca- und K-Nitrat	327	24,12	85	14	46,5	23,8
Ca- und K-Nitrat + Ammonsulfat	188	14,20	56	11	34,8	18,2

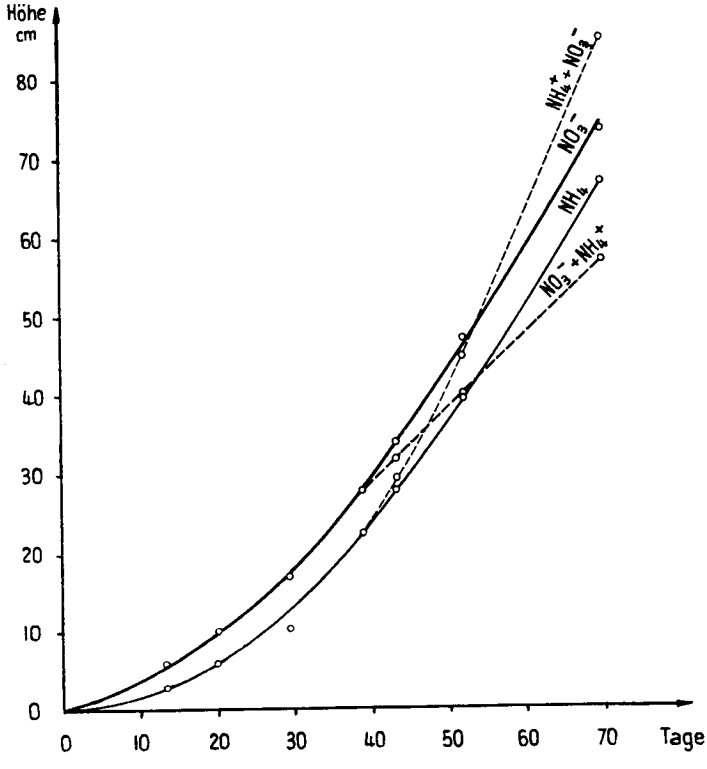
Tabelle 17.

Versuch I. Zusammensetzung der Trockensubstanz aus den verschiedenen Pflanzenteilen

Nährlösung mit	Ganze Pflanze	Oberirdische Teile		Wurzeln		Trockengewicht in % des Frischgewichtes	Ertrag bezogen auf Nitratdüngung = 100
	gr	gr	%	gr	%	%	%
Ca- und K-Nitrat	21,05	17,63	83,75	3,42	16,25	7,85	100
Ammonsulfat	19,38	16,34	84,31	3,04	15,69	9,14	92,07
Ammonsulfat + Ca- und K-Nitrat	24,12	19,31	80,05	4,81	19,95	7,37	114,11
Ca- und K-Nitrat + Ammonsulfat	14,20	11,90	83,80	2,30	16,20	7,55	67,45

Abb. 2. *Wachstumskurve aus Versuch I.*

Versuchsdauer: 7. Mai bis 20. Juli 1943.
Ordinate: Höhe der Pflanzen in cm.
Abszisse: Zeit in Tagen.



Das Ergebnis der Versuchsreihe I deutet darauf hin, *daß bei einem annähernd neutralen Milieu der Nitratstickstoff schneller und besser aufgenommen wird.* Die Tatsache, daß die Reihe 4 mit Ammonsulfat + Nitrat die besten Resultate zeigt, ist wahrscheinlich dadurch erklärlich, daß die Versauerung des Substrates mit Ammonsulfat vielleicht eine bessere Ausnützung des Nitratstickstoffes im zweiten Versuchsabschnitt ermöglichte.

3. Versuch II 1944

Wir haben den Versuch I mit Nährlösungen durchgeführt, die ein wenig unterhalb des Neutralpunktes liegendes pH aufwiesen. Im Versuch II untersuchen wir, wie sich die Tabakpflanze gegenüber verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen der Nährlösung verhält.

In der Literatur wird allgemein angenommen, daß das pH-Optimum für die Tabakpflanze bei 5,2 bis 6,4 liege. Andererseits wird zugegeben, daß die Tabakpflanze über einen weiten Bereich der pH-Skala gute Wachstumsbedingungen findet. PIRSCHLE (1930) fand, daß das Optimum der Nitrataufnahme in fließenden Kulturlösungen bei stark saurer sowie stark alkalischer Reaktion auftrat. Für die NH_4^+-Aufnahme fand er das Optimum bei pH 6, wobei sie mengenmäßig der Nitrataufnahme entsprach. Allerdings muß erwähnt werden, daß diese Versuche sehr kurzfristig gehalten wurden, so daß diese Befunde für die gesamte Entwicklung der Tabakpflanze nicht ohne weiteres Geltung haben. Die Aufnahme von Nitrat- oder Ammonstickstoff hängt von so vielen Faktoren ab, daß im Verlaufe des Wachstums sicher Aenderungen eintreten können.

Die Versuchsreihe wurde unter den gleichen Bedingungen wie Versuchsreihe I angelegt, mit der erwähnten Weglassung der Tropfeinrichtung. Die Nährlösung wurde in regelmäßigen Zeitabständen den Kulturgefäßen zugegeben. Alle Pflanzen erhielten immer die gleiche Menge.

Folgende Nährlösungen kamen zur Anwendung:

Reihe 1: Calcium- und Kaliumnitrat bei einem pH von 6,13;
Reihe 2: Calcium- und Kaliumnitrat bei einem pH von 7,30;
Reihe 3: Ammonsulfat bei einem pH von 5,82;
Reihe 4: Ammonsulfat bei einem pH von 7,40.

Der pH-Wert der Nährlösung wurde mit K_2HPO_4 bzw. K_3PO_4 eingestellt. Die Zusammensetzung blieb aber gleich wie bei den auf Seite 19 und 20 angegebenen Nährlösungen.

Die Nährlösungen wurden alle paar Tage frisch zubereitet. Eventuelle kleine Differenzen im pH wurden durch Zugabe von verdünnter H_2SO_4 oder NaOH ausgeglichen

Der Versuch wurde am 1. Mai angelegt. Schon am 10. Mai zeigten die Pflanzen der basischen Nitratreihe einen Wachstumsrückstand gegenüber den anderen Reihen. Die saure Ammonreihe verhielt sich ähnlich. Am besten entwickelt war die saure Nitratreihe. Ein Farbunterschied war auch festzustellen. Die Pflanzen der beiden Nitratreihen waren heller als die Ammonreihen, und die basischen Reihen waren heller als die sauren. Die Chlorophyllbildung war also wiederum bei der Ernährung mit Ammonstickstoff am intensivsten.

Am 21. Juni wurden 2 Pflanzen pro Gefäß ausgeschieden. Eine pH-Messung des Preßsaftes der oberirdischen Pflanzenteile ergab keinen großen Unterschied (Tabelle 18).

Tabelle 18.

pH des Preßsaftes der oberirdischen Pflanzenteile

Nährlösung		pH des Preßsaftes der oberirdischen Pflanzenteile
mit	ph	pH
Nitrat	6,13	5,54
Nitrat	7,30	5,54
Ammonsulfat	5,82	5,78
Ammonsulfat	7,40	5,76

Am 8. Juli (69 Tage nach Versuchsbeginn) mußte der Versuch abgebrochen werden. Die Pflanzen wurden getrocknet und später die Trockengewichte bestimmt.

Die Höchsterträge wurden mit Nitratstickstoff in saurer Lösung erzielt (Tabelle 19). Die beiden Stickstofformen bei pH 7,3 resp. 7,4 ergaben ungefähr die gleichen Resultate, die niedrigsten Erträge wurden mit Ammonstickstoff in saurer Lösung erzielt. Das Ergebnis spricht für die schon erwähnte Annahme, daß Nitratsalze am besten bei einem pH wenig unterhalb des Neutralpunktes aufgenommen werden und daß eine günstige Nitrataufnahme über ein beträchtliches Intervall der pH-Skala möglich ist. Die Aufnahme von Ammonsalzen ist bei einem oberhalb des Neutralpunktes liegenden pH größer als im schwach sauren Gebiet.

Tabelle 19.

Versuch II. Zusammensetzung der Trockensubstanz aus den verschiedenen Pflanzenteilen (Trockengewichte)

Nährlösung		Blatt		Stengel		Wurzel		Total	Ertrag bezogen auf saure Nitrat-Düngung = 100
mit	pH	gr/Pfl.	%	gr/Pfl.	%	gr/Pfl.	%	gr	%.
NO_3^-	6,13	13,55	34,87	20,60	53,02	4,70	12,11	38,85	100
NO_3^-	7,30	12,05	35,86	16,25	48,36	5,30	15,78	33,60	86,48
NH_4^+	5,82	10,35	34,67	15.35	51,42	4,15	13,91	29,85	76,83
NH_4^+	7,40	13,50	41,47	15,00	46,08	4,05	12,45	32,55	83,75

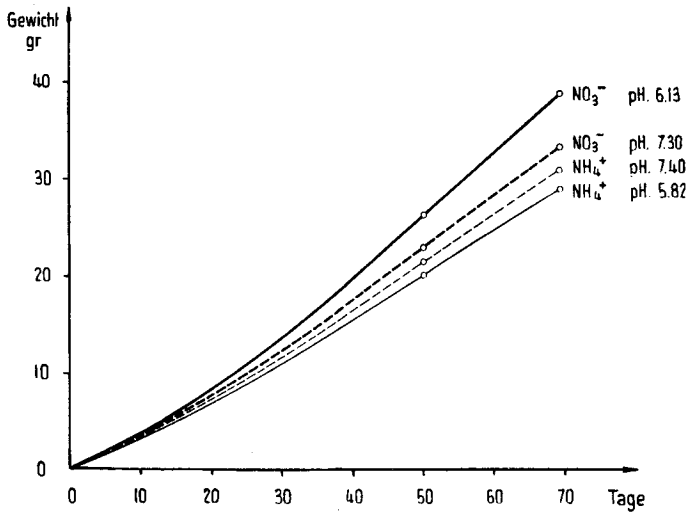
Die Wurzelentwicklung wird durch die Ammonsalze, aber auch durch die saure Nitratlösung beeinträchtigt (Tabelle 19). Die Blattentwicklung ist hingegen bei beiden sauren Lösungen am kleinsten. Das Ergebnis der Versuchsreihe II kann folgendermaßen beurteilt werden:

Der Nitratstickstoff wird sowohl in saurem wie auch in basischem Milieu aufgenommen. Obwohl das Optimum der Aufnahme ein wenig unterhalb des Neutralpunktes im sauren Bereich zu liegen scheint, findet bei alkalischer Reaktion keine große Einbuße statt. Bei der Aufnahme von Ammonstickstoff dürfte das Optimum jedoch bei einem pH oberhalb des Neutralpunktes liegen. Bei Zunahme der sauren Reaktion sinkt der Ertrag zusehends. *In beiden Fällen sind aber die Erträge mit Nitratstickstoff höher.*

Abb. 3 zeigt die berechnete Wachstumskurve des Versuches II. Es geht hier deutlich hervor, daß die Unterschiede gleich nach dem Aussetzen der Pflanzen sichtbar werden und daß die Wachstumskurven dann gleichmäßig verlaufen.

Abb. 3. *Wachstumskurve aus Versuch II.*

Versuchsdauer: 1. Mai bis 8. Juli 1944.
Ordinate: Trockengewichte in gr/Pfl.
Abszisse: Zeit in Tagen.



4. Versuch III 1946 (Hauptversuch)

Das Ergebnis der Versuche I und II zeigt uns, daß der Nitratstickstoff als die günstigste Form für die Ernährung der Tabakpflanze zu betrachten ist. Im Versuch I zeigte zwar die kombinierte Ernährung mit Ammonstickstoff gefolgt von Nitratstickstoff die besten Erträge. Wir entschlossen uns daher, für die Versuchsreihe III als Stickstoffquelle auch Ammonnitrat zu benützen. Die kleinen Erträge der durchgeführten Versuche zeigten überdies, daß die Stickstoffgabe erhöht werden sollte, um den Verhältnissen der Praxis (Stallmist und Bodenstickstoff) besser zu entsprechen. Wir vermehrten daher den Stickstoffgehalt der Nährlösungen um 50 % so daß sich die entsprechende Düngformel auf zirka 8 / 18 / 30 stellte.

Der Versuch wurde wiederum als Sandgefäßversuch angelegt. Das pH der Nährlösungen (s. S. 19 und 20) betrug:

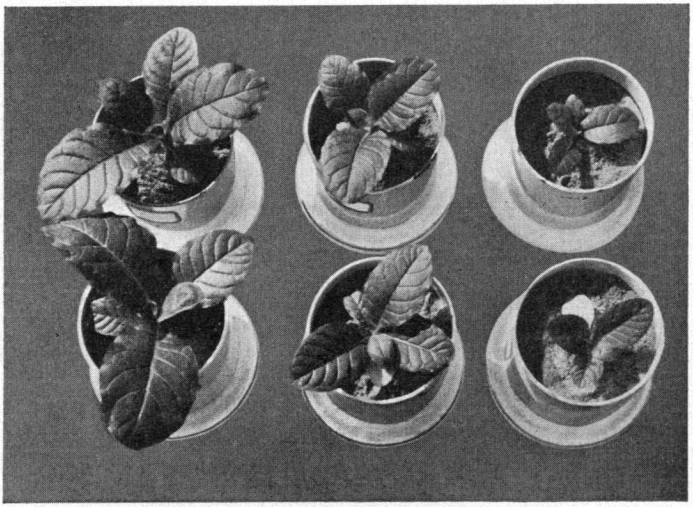
Calcium- und Kaliumnitratreihe:	pH 6,54
Ammonnitratreihe:	pH 6,44
Ammonsulfatreihe:	pH 6,41.

Der am 27. März begonnene Versuch wurde im weiteren gleich wie Versuch II durchgeführt.

Pro Versuchsreihe wurden 8 Parallelgefäße angelegt. Die Setzlinge wurden wie üblich in sterilisierter Erde gezogen und im Alter von 45 Tagen in die Gefäße gepflanzt. Alle Pflanzen waren gleich groß und wurden sorgfältig von der anhaftenden Erde gesäubert.

Die erste Beurteilung am 10. April ergab, daß die Nitratpflanzen bereits schöne, grüne Blätter entwickelt hatten. Weniger schön waren die Ammonnitratpflanzen, während die mit Ammonstickstoff ernährten Pflanzen Mühe hatten, um überhaupt mit dem Wachstum zu beginnen. Die ersten Blätter der Vertreter dieser Reihe waren vergilbt und abgestorben, und es entwickelten sich dann neue, dunkelgrüne Blätter (Abb. 4).

Abb. 4. *Tabaksetzlinge 25 Tage nach Versuchsbeginn*

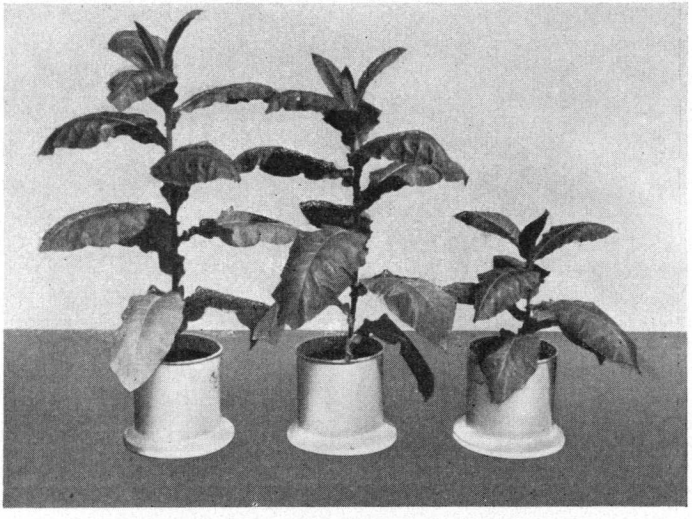


Calcium- und Kaliumnitrat | Ammonnitrat | Ammonsulfat

Die Unterschiede, die wir bereits von Beginn an feststellten, wurden in der Folge immer ausgeprägter. Am 25. April hatten die Pflanzen der Calcium- und Kaliumnitratreihe bereits 5 neue Blätter entwickelt mit einer maximalen Länge von 20 cm und einer Breite von 14 cm. Die Pflanzen der Ammonsulfatreihe zeigten 3 bis 4 Blätter von maximal 14 cm Länge und 9 cm Breite. Die Ammonnitratpflanzen nahmen eine Mittelstellung ein. Eine Messung der Internodienlänge gab Aufschluß über die Entwicklung. Der Knotenabstand betrug, gemessen zwischen dem 3. und 4. Blatt

bei der Calcium- und Kaliumnitratreihe	5 cm,
bei der Ammonnitratreihe	3 cm,
bei der Ammonsulfatreihe	2 cm.

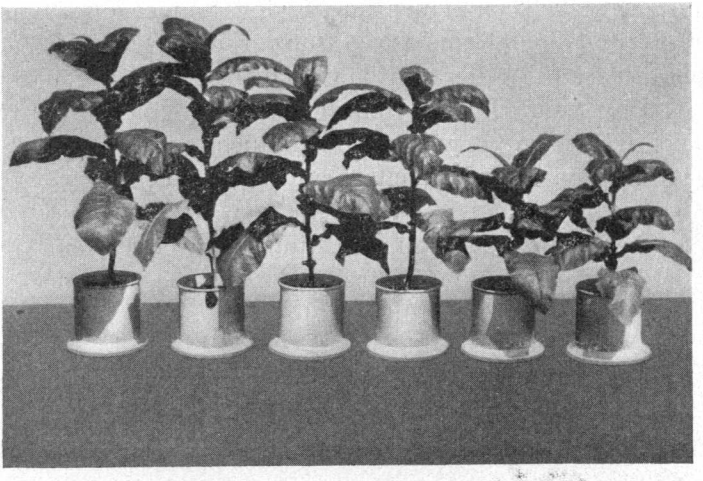
Abb. 5. *Tabakpflanzen 60 Tage nach Versuchsbeginn*



Calcium- und Kaliumnitrat — Ammon-nitrat — Ammon-sulfat

Gegen Ende der Vegetationsdauer entwickelten sich dann die Pflanzen der Ammonnitratreihe rascher und erreichten bei Versuchsende ungefähr die gleiche Höhe wie die Pflanzen der Calcium- und Kaliumnitratreihe. Auch die Ammonsulfatpflanzen wuchsen gegen Ende der Vegetationszeit besser.

Abb. 6. *Tabakpflanzen 90 Tage nach Versuchsbeginn*

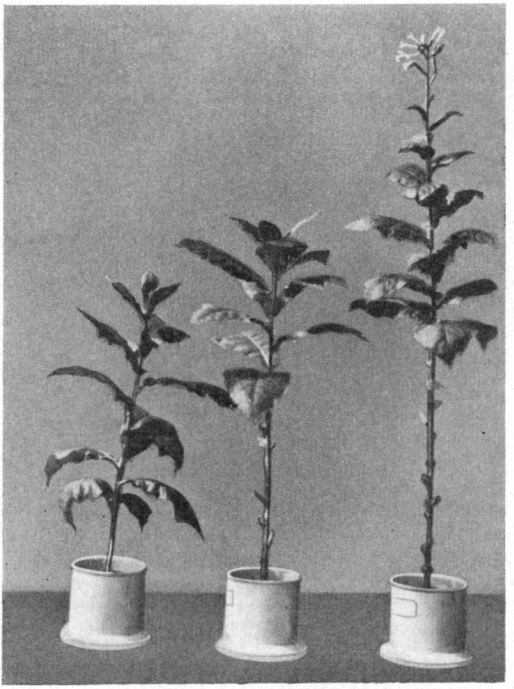


Calcium- und Kaliumnitrat | Ammon-nitrat | Ammon-sulfat

Am 15. Juli begannen die Pflanzen der Calcium- und Kaliumnitratreihe zu blühen und am 1. August, bei Versuchsende, waren alle Blütenrispen in voller Blüte. Bei der Ammonnitratreihe hatten nur 80 % der Pflanzen Blütenrispen getrieben, aber nur ein Teil der Rispen war in Blüte. Bei den Pflanzen der Ammonsulfatreihe war nur eine einzige in Blüte, 2 Pflanzen hatten Rispen getrieben, und bei den übrigen war erst die Bildung der Rispenanlage zu beobachten.

Das Wachstum wurde regelmäßig anhand von Messungen (Höhe, Blattzahl, Blattgröße) kontrolliert. Aus diesen Zahlen konnte die in Abb. 8 gezeichnete Wachstumskurve berechnet werden. Die Kurve ist auf Grund der Höhenmessungen gezeichnet. Der Verlauf entspricht aber auch der Berechnung der Kurve nach der Blattzahl.

Abb. 7. *Tabakpflanzen kurz vor Versuchsende (120 Tage)*



Ammon-sulfat | Ammon-nitrat | Calcium-Kalium-Nitrat

Die einzelnen Blätter wurden nacheinander, nach Erlangung der technischen Reife, geerntet. Die Ernte der Sand- oder Bodenblätter begann am 28. Mai, also genau 2 Monate nach Versuchsbeginn.

Abb. 8. *Wachstumskurve aus Versuch III.*
Versuchsdauer: 27. März bis 1. August 1946.
Ordinate: Höhe der Pflanzen in cm.
Abszisse: Zeit in Tagen.

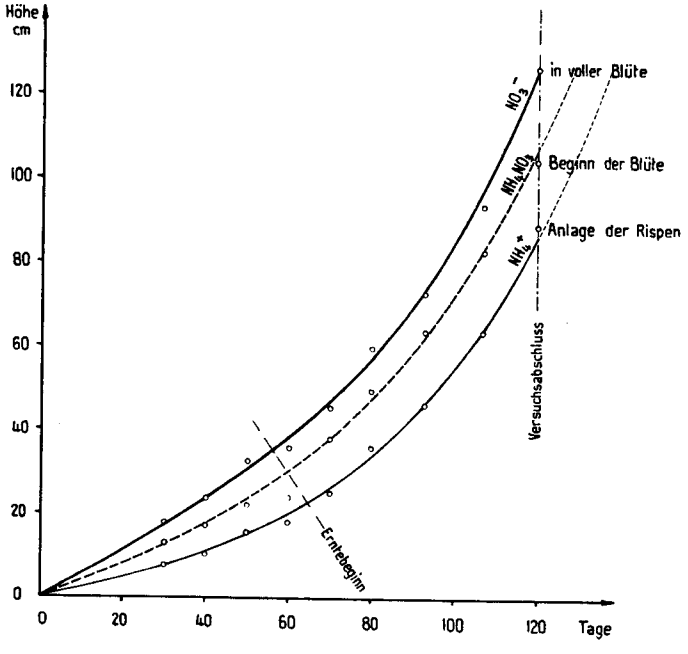


Tabelle 20. *Blattertrag aus Versuch III*
Durchschnittswerte aus allen Pflanzen

Nährlösung mit	Bodenblatt		Mittelgut		Spitzenblatt		Total	
	Frisch gr/Pfl.	Trocken gr/Pfl.	Frisch gr/Pfl.	Trocken gr/Pfl.	Frisch gr/Pfl.	Trocken gr/Pfl.	Frisch gr/Pfl.	Trocken gr/Pfl.
Calcium- und Kaliumnitrat	11,32	1,39	122,25	15,00	21,35	2,62	154,92	19,01
Ammonnitrat	7,04	0,86	121,70	14,86	19,66	2,40	148,40	18,12
Ammonsulfat	10,31	1,22	75,29	8,91	25,42	3,01	111,03	14,14

Tabelle 21. *Ertragszahlen aus Versuch III*
(Blätter)

Nährlösung mit	Trockengewicht in % des Frischgewichtes	Ertrag bezogen auf Nitratdüngung = 100	
		Frisch	Trocken
Calcium- und Kaliumnitrat	12,29	100	100
Ammonnitrat	12,21	95,80	95,32
Ammonsulfat	12,81	71,67	73,90

Aus den Tabellen 20, 21 und 22 ist ersichtlich, daß die Ertragsunterschiede und die beobachteten Wachstumsunterschiede parallel verlaufen. Calcium- und Kaliumnitrat ergibt die höchsten Erträge, während die kleinsten Erträge mit Ammonsulfat erreicht werden. Die Erträge der Ammonnitratreihe stehen zwischen den Ergebnissen der Calcium- und Kaliumnitrat- und Ammonsulfatreihe, jedoch nähern sie sich denen der Nitratreihe. Eine Kombination der 2 Stickstofformen scheint im vorliegenden Falle nicht empfehlenswert.

Tabelle 22. *Versuch III. Zusammensetzung der Trockensubstanz aus den verschiedenen Pflanzenteilen*

Durchschnittswerte aus allen Pflanzen

Nährlösung mit	Blatt		Wurzel		Stengel		Total	Ertrag bezogen auf Nitratdüngung = 100
	gr/Pfl.	%	gr/Pfl.	%	gr/Pfl.	%	gr/Pfl.	
Calcium- und Kaliumnitrat	19,01	50,77	6,28	16,79	12,10	32,37	37,39	100
Ammonnitrat	18,12	53,28	5,98	17,60	9,90	29,22	34,01	90,96
Ammonsulfat	14,14	56,96	4,31	17,36	7,37	25,68	24,82	66,38

Wie in den früheren Versuchen weisen auch hier die mit Ammonsulfat ernährten Tabakblätter die größte Ausbeute an Trockensubstanz auf (Tab. 21).

Der Farbunterschied während des Wachstums erinnert an die Versuchsreihe I. Ammonsulfat produzierte dunkelgrüne Blätter, gegen das Vegetationsende unregelmäßige Vergilbung. Mit Calcium- und Kalinitrat wurden die Blätter hellgrün mit regelmäßiger Vergilbung und bei der Ammonnitratreihe nur wenig grüner als mit Calcium- und Kaliumnitrat.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe III bestätigen die der Versuche I und II, *daß die Ernährung mit Nitratstickstoff die höheren Erträge zeitigt* und für das Wachstum der Tabakpflanze geeigneter als Ammonsulfat und Ammonnitrat ist. Ammonsulfat als Stickstoffquelle ergab einen Minderertrag an trockenen Blättern von 26,10 % und Ammonnitrat von 4,68 % gegenüber der Ernährung mit Nitratstickstoff.

5. Versuch IV 1946.

Es wird in der Literatur vielfach angegeben, daß gewisse Pflanzen im Jugendstadium dem Ammonsulfat als Stickstoffquelle den Vorzug geben. Unsere Versuche begannen mit 1½ Monate alten Setzlingen und schließen daher die Erfassung des eigentlichen Jugendstadiums aus. Um auch dieses Stadium der Entwicklung zu erfassen, entschlossen wir uns eine weitere Versuchsreihe anzulegen.

Es wurden dabei 3 verschiedene Nährlösungen zur Ankeimung der Tabaksamen verwendet. Im Alter von 14 Tagen wurde dann eine Anzahl Keimlinge in Gefäße pikiert.

Es wurden 10 Petrischalen mit je 100 Samenkörnern ausgelegt. Die Schalen enthielten folgende Nährlösungen:
3 Petrischalen: Nährlösung mit Calcium- und Kaliumnitrat,
3 Petrischalen: Nährlösung mit Ammonnitrat,
3 Petrischalen: Nährlösung mit Ammonsulfat,
1 Petrischale: Kontrolle mit dest. Wasser.

Als Keimmethode benützten wir das bei der Forschungs- und Beratungsstelle für die Verbesserung des Inlandtabaks verwendete Verfahren. Als Keimgefäß wird eine Petrischale mit 30 gr feinem Quarzsand und 10 ccm Lösung benützt. Als Keimbeet wird starkes Filtrierpapier verwendet. Die Keimgefäße werden bei einer Temperatur von ± 25° C gehalten.

Tabelle 23. *Bestimmung der Keimfähigkeit der Tabaksamen*

Nährlösung mit	nach 5 Tagen %	nach 10 Tagen %	nach 14 Tagen %
Calcium- und Kaliumnitrat	79	82	84
Ammonnitrat	79	83	84
Ammonsulfat	80	82	83
Kontrolle	79	82	84

Die Keimfähigkeit wurde nicht beeinflußt (Tabelle 23). Hingegen wiesen die Keimlinge bedeutende Unterschiede im Wachstum auf. Die in Calcium- und Kaliumnitrat gekeimten Tabaksamen zeigten ein sehr regelmäßiges Wachstum und waren nach 14 Tagen doppelt so groß wie die Keimlinge in Ammonstickstoff. Das Wachstum der Keimlinge in der Ammonnitratlösung war regelmäßiger als bei der Ammonsulfatreihe, jedoch geringer als bei der Nitratreihe (Tabelle 24).

Tabelle 24. *Trockengewichte und Wachstum nach 14 Tagen*
Gewichte auf 100 Keimlinge bezogen

Nährlösung mit	Trockengewicht gr	Trockengewicht %	Wurzellänge mm	Blattlänge mm
Calcium- und Kaliumnitrat	0,0208	100	11,50	2,49
Ammonnitrat	0,0192	92,31	9,00	2,32
Ammonsulfat	0,0126	60,57	2,52	1,50

Nach 14 Tagen wurden pro Reihe 30 Keimlinge in je 10 Gefäße pikiert. Wir verwendeten dazu Gefäße mit 10 cm Durchmesser, die mit Quarzsand gefüllt waren. Die Nährlösung wurde alle Tage zugeführt. Nach weiteren 14 Tagen wurden je 8 Pflanzen pro Reihe analysiert (Tabelle 25).

Tabelle 25. *Gewichte nach 30 Tagen*
Gewichte auf 100 Keimlinge bezogen

Nährlösung mit	Frischgewicht			Trockengewicht			Ertrag bezogen auf Nitratdüngung = 100 (trocken)
	Oberirdische Teile gr	Wurzel gr	Total gr	Oberirdische Teile gr	Wurzel gr	Total gr	
Calcium- und Kaliumnitrat	5,47	0,31	5,78	0,26	0,03	0,29	100
Ammonnitrat	3,50	0,17	3,67	0,21	0,02	0,23	79,31
Ammonsulfat	2,47	0,08	2,55	0,13	0,01	0,14	48,27

Tabelle 26. *Messungen der Setzlinge nach 30 Tagen*

Nährlösung mit	Wurzellänge mm	Blattlänge mm	Blattzahl/ Keimling
Calcium- und Kaliumnitrat	31,50	17,00	5
Ammonnitrat	25,70	15,00	4,7
Ammonsulfat	17,80	11,50	4

Der Versuch wurde am 18. August, 45 Tage nach dem Auslegen der Samen, abgebrochen.

Tabelle 27. *Gewichte der Setzlinge nach 45 Tagen*
Gewichte auf 100 Setzlinge bezogen

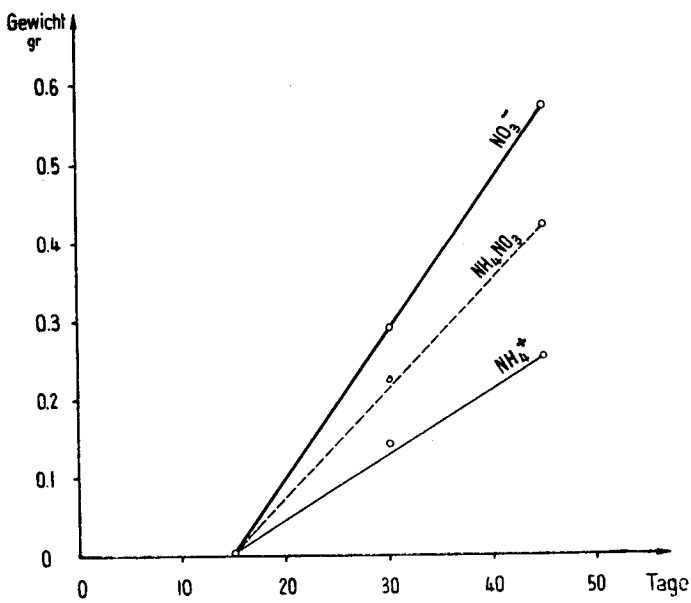
Nährlösung mit	Frischgewicht			Trockengewicht			Ertrag bezogen auf Nitratdüngung = 100 (trocken)
	Oberirdische Teile gr	Wurzel gr	Total gr	Oberirdische Teile gr	Wurzel gr	Total gr	
Calcium- und Kaliumnitrat	10,47	0,64	11,11	0,51	0,06	0,57	100
Ammonnitrat	8,29	0,42	8,71	0,37	0,05	0,42	73,68
Ammonsulfat	4,18	0,24	4,42	0,22	0,03	0,25	43,86

Tabelle 28. *Messungen der Setzlinge nach 45 Tagen*

Nährlösung mit	Wurzellänge mm	Blattlänge mm	Blattzahl/ Setzling
Calcium- und Kaliumnitrat	40,50	29,00	6
Ammonnitrat	30,00	17,00	5,5
Ammonsulfat	24,00	12,00	4,2

Abb. 9. *Wachstumskurve aus Versuch IV.*

Versuchsdauer: 4. Juli bis 18. August.
Ordinate: Trockengewichte in gr/100 Keiml.
Abszisse: Zeit in Tagen.



Aus den Tabellen 23 bis 28 sowie aus Abb. 9 ist ersichtlich, *daß die Wirkung der verschiedenen Stickstofformen auf die*

Tabakpflanze bereits in den ersten Tagen (Jugendstadium) ungleich ist. Entgegen den Erwartungen findet aber keine Bevorzugung des Ammonstickstoffes statt. Die Pflanze ist vielmehr von Anfang an auf Nitratstickstoff eingestellt.

Die Gewichtsunterschiede nach 45 Tagen sind sehr beträchtlich; die Pflanzen der Ammonsulfatreihe weisen ein Gewicht von nur 39,8 % gegenüber der Nitratpflanzen auf. Auffallend ist vor allem die Hemmung der Wurzelentwicklung durch die Ernährung mit Ammonsulfat.

C. Zusammenfassung der Ergebnisse über die Wirkung der Stickstofform auf Wachstum und Ertrag

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den 5 Feldversuchen ergibt, daß durch die Verwendung von Nitraten und Ammonsalzen als Stickstoffquelle keine großen Ertragsunterschiede erzielt werden (Tabelle 29).

Tabelle 29.

Zusammenfassung der wahrscheinlichen Mittelerträge und ihrer mittleren Fehler aus allen Feldversuchen

Erträge in kg pro Are

Düngung mit		Feldversuche				
		I	II	III	IV	V
Calciumnitrat	kg/a	30,17	26,68	24,15	31,04	31,76
	mit Fehler ±	0,42	0,08	0,08	0,12	0,40
Ammonnitrat	kg/a	—	—	—	—	29,96
	mit Fehler ±	—	—	—	—	0,31
Ammonsulfat	kg/a	30,45	25,07	24,84	31,76	28,43
	mit Fehler ±	0,42	0,08	0,08	0,12	0,36

Im Versuchsfeld Vouvry, wo der Versuch während 3 Jahren durchgeführt worden war, zeigten sich sehr geringe Unterschiede; sie fielen einmal zugunsten von Nitrat- und zweimal zugunsten von Ammonstickstoff aus. Sie betrugen aber nur 0,92 %

und 2,8 % zugunsten der Ammonernährung, während im Versuch II der Unterschied zugunsten von Nitratstickstoff 6,1 % erreichte. Der Einfluß der Witterungsverhältnisse ist hier der Grund für die sich widersprechenden Resultate. Im Versuch V ergab Nitratstickstoff einen Mehrertrag von 10,4 % gegenüber Ammonstickstoff, obwohl der Versuch auf einem alkalischen Boden durchgeführt wurde. Im Versuch IV, ebenfalls auf alkalischem Boden, betrug der Ertragsunterschied zugunsten von Ammonsulfat nur 2,32 %.

Man kann somit annehmen, daß die Wirkung der beiden Stickstofformen bei Feldversuchen, sowohl in alkalischen wie in leicht sauren Böden ungefähr gleich ist.

Die Ergebnisse der durchgeführten Gefäßversuche haben jedoch eindeutig ergeben, daß die Tabakpflanze eine nitratliebende Pflanze ist. Die Bevorzugung des Nitratstickstoffes konnte sowohl im Jugendstadium als auch während der ganzen Vegetationsdauer beobachtet werden. Der Einfluß des pH-Wertes der Nährlösung war unerwartet gering.

In der Tabelle 30 sind die Erträge der vier Gefäßversuchsreihen zusammengestellt.

Tabelle 30. *Zusammenstellung der Trockengewichte aus allen Gefäßversuchen*

(Versuche I, II, III Trockengewichte pro Pflanze, Versuch IV auf 100 Keimpflanzen bezogen)

Nährlösung mit	Versuche			
	I gr	II gr	III gr	IV gr
Calcium- und Kaliumnitrat	**21,05**	—	**37,39**	**0,57**
Ammonnitrat	—	—	34,01	0,42
Ammonsulfat	19,38	—	24,82	0,25
Nitrat + Ammon	14,20	—	—	—
Ammon + Nitrat	24,12	—	—	—
Nitrat pH 6,13	—	**38,85**	—	—
Nitrat pH 7,30	—	**33,60**	—	—
Ammon pH 5,82	—	29,85	—	—
Ammon pH 7,40	—	32,55	—	—

Abgesehen davon, daß der Ertrag an Trockensubstanz bei der Ernährung mit Ammonstickstoff immer hinter dem Ertrag der mit Nitratstickstoff ernährten Pflanzen steht, konnte, hauptsächlich beim Versuch III, beobachtet werden, *daß die Ernährung mit Ammonsulfat die Ernte beträchtlich verzögert* (Abb. 8), was für die Praxis von großer Bedeutung ist. Die Verspätung beim Ausreifen der letzten Blätter und bei der Blütenbildung beträgt gegenüber der Nitratreihe zirka 20 Tage bei der Ammonsulfatreihe und 10 Tage bei der Ammonnitratreihe.

Der Einfluß der Stickstofform auf die Farbe der Blätter ist sehr auffallend. Bei den Ammonsulfatpflanzen wird mehr Chlorophyll gebildet; die Blätter sind dunkelgrün, vergilben aber schlecht und ungleichmäßig. Die Nitratpflanzen sind hellgrün, vergilben besser als die Ammonpflanzen und besitzen eine gleichmäßige Farbe. Der Einfluß auf die Farbe der frischen Blätter wirkt sich dann auch bei den Trockentabaken aus und ist somit für deren qualitative Eigenschaften von großer Bedeutung. Die sogenannte „Erntereife" wird durch die Stickstoffernährung bestimmt und fällt, je nach der verabreichten Stickstofform, zeitlich verschieden aus.

Die Wurzelentwicklung wird, besonders im Jugendstadium, durch die Ernährung mit Ammonstickstoff stark gehemmt.

IV. Beziehungen zwischen Wachstumsverlauf und Wasserstoffionenkonzentration

Nach den theoretischen Ausführungen der Einleitung kann das pH der Nährlösung in seiner Beziehung zur Lage des I. E. P. der Wurzelhaare, für die Bevorzugung von Nitrat- oder Ammonstickstoff durch eine Pflanze von Bedeutung sein. Der I. E. P. liegt für die Tabakpflanze im schwach sauren Gebiet (pH 6,4). Das pH-Optimum findet sich ungefähr bei der gleichen Konzentration im sauren Gebiet (pH 5,2 bis 6,4). Beide Faktoren sollten für eine Bevorzugung der Aufnahme des Ammoniakstickstoffes im neutralen bis schwach sauren Gebiet sprechen. Diese Annahme konnten wir in unseren Versuchen *nirgends* bestätigt finden.

Um die Veränderungen des pH-Wertes der Nährlösung während des Wachstums näher zu erforschen, haben wir das pH bei Versuchen in Mitscherlich-Gefäßen sowohl im Sickerwasser wie auch im Quarzsand gemessen.

Die Tabellen 31, 32 und 33 enthalten die pH-Werte der Nährlösungen, des Sickerwassers und des Quarzsandes.

Tabelle 31. *pH-Messungen beim Versuch I*[1]

Nährlösung mit	Nährlösung pH	Sickerwasser nach 20 Tagen pH	Sickerwasser nach 40 Tagen pH	Sickerwasser beim Versuchsende pH	Quarzsand beim Versuchsende pH
Calcium- und Kaliumnitrat	6,54	7,35	7,55	7,52	6,84
Ammonsulfat	6,41	6,02	6,05	5,48	5,90

Die Verschiebungen der pH-Werte im Sickerwasser sind teilweise beträchtlich; sie sind bei der Ammonsulfatreihe absolut gleich groß wie bei der Nitratreihe, erfolgen jedoch in umgekehrtem Sinne. Bei den Reihen 3 und 4 (kombinierte Ernährung, in Tabelle 31 nicht enthalten) des Versuches I haben sich die Verschiebungen teilweise aufgehoben. Immerhin ist hier eine stärkere Verschiebung der pH-Werte nach dem sauren Gebiete bei der Reihe Nitrat + Ammon zu verzeichnen.

Tabelle 32. *pH-Messungen beim Versuch II*

Nährlösung mit	Nährlösung pH	Sickerwasser beim Versuchsende pH
Nitrat	6,13	7,08
Nitrat	7,30	7,56
Ammonsulfat	5,82	5,21
Ammonsulfat	7,40	7,00

[1]) Die pH-Messungen wurden mit Hilfe des Ionometers nach Lautenschläger durchgeführt.

Tabelle 33. *pH-Messungen beim Versuch III*

Nährlösung mit	Nährlösung pH	Sickerwasser nach 50 Tagen pH	Sickerwasser nach 70 Tagen pH	Sickerwasser nach 100 Tagen pH	Quarzsand beim Versuchsende pH
Calcium- und Kaliumnitrat	6,54	6,90	6,93	7,12	7,08
Ammonnitrat	6,44	6,10	6,05	5,99	6,35
Ammonsulfat	6,41	6,05	5,32	5,37	6,06

Beim Versuch II sind die Verschiebungen weniger groß; die Schlußwerte sind aber auch hier beim Ammonsulfat niedriger und beim Nitrat höher als die entsprechenden Werte der Nährlösung.

Auffällig ist, daß trotz der Verschiebungen der Reaktion des Nährsubstrates die Schlußwerte der Ammonsulfatreihen immer noch in dem für die Tabakpflanze optimalen Gebiete stehen.

Die Ernährung mit Ammonsulfat verursacht eine Reaktionsverschiebung des Nährsubstrates nach der sauren Seite, mit Nitrat nach der basischen Seite. Bei der Ernährung mit Ammonnitrat sind die Veränderungen weniger groß, aber auch nach der sauren Seite gerichtet. Diese Verschiebungen können aber nicht als Ursache der verschiedenartigen Aufnahme der Stickstoffsalze angenommen werden; eine solche Erklärung würde in Widerspruch stehen mit der Tatsache, daß der Nitratstickstoff sowohl in saurem wie auch in basischem Milieu dem Ammonstickstoff überlegen ist.

PIRSCHLE (1930) hat ähnliche Versuche mit verschiedenen Pflanzen, darunter auch Tabak, durchgeführt und mit Sand- und Wasserkulturen den Beweis erbracht, daß die Nitratsalze den Ammonsalzen bei verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen überlegen sind. Wie aber PIRSCHLE richtig bemerkt, handelt es sich um Laboratoriumsversuche, die nicht ohne weiteres zur praktischen Anwendung berechtigen. Seine

Ergebnisse stehen aber im Einklang mit der landwirtschaftlichen Praxis, wo es sich gezeigt hat, daß Nitratdünger im allgemeinen auf allen Böden größere Sicherheit für gute Erträge bieten. Die Ergebnisse unserer Versuche bestätigen diese Erfahrungen.

Es ist zu erwarten, daß die oben erwähnten pH-Verschiebungen in landwirtschaftlichen Böden viel kleiner ausfallen als in Gefäßversuchen. Auf dem Felde Vouvry, wo der Versuch 3 Jahre nacheinander angelegt worden war, wurden diesbezügliche Messungen durchgeführt. Durch eine Anzahl pH-Bestimmungen war das pH des Feldes bei Versuchsbeginn ermittelt worden, es betrug im Mittel 6,70. Nach 3 Versuchsjahren wurden auf jeder Parzelle 10 Bodenproben untersucht. Der Befund ergab für die Nitratparzellen ein mittleres pH von 6,70 und für die Ammonparzellen von 6,64. Der Unterschied beträgt demnach nur 0,06 und kann nicht als sicher gelten. Eine Verschiebung der Bodenreaktion durch eine regelmäßige und langdauernde Düngung mit einem physiologisch sauren oder basischen Dünger wird sich wahrscheinlich nur langsam auswirken. Diese Veränderungen werden im Boden durch andere Faktoren mitbestimmt und ausgeglichen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, *daß die Aufnahme von Nitrat- und Ammonstickstoff bei der Tabakpflanze nicht oder nur unmerklich von der Wasserstoffionenkonzentration des Nährsubstrates abhängig ist. Bei unseren Versuchen waren die Nitratsalze den Ammonsalzen immer überlegen, auch wenn die Ammonsalze bei einer optimalen Reaktion des Nährsubstrates, d. h. oberhalb des I. E. P. der Pflanze verabreicht wurden.*

Es ist folglich nicht möglich, die Bevorzugung von Nitrat- oder Ammonstickstoff nach chemisch-physikalischen Gesetzen zu erklären. Es scheint vielmehr daß das spezifische Wahlvermögen der Pflanze ausschlaggebend ist.

V. Einfluß der Stickstofform auf die Qualität des Tabaks

A. Allgemeines über Tabakqualität

Die wissenschaftlichen Bestrebungen zur Verbesserung der Tabakqualität haben im Laufe der Zeit wertvolles Material geliefert. Die empirische Qualitätsbestimmung genügt den heutigen Anforderungen nicht mehr und muß, wenigstens teilweise, durch wissenschaftlich belegte Qualitätsmerkmale ergänzt werden. Ausschlaggebend für die Qualität eines Tabaks ist das harmonische Zusammenspiel aller Bestandteile. Diese Anforderung kennzeichnet aber bereits die Hindernisse, die sich der Verwendung von Methoden zur Qualitätsbestimmung entgegenstellen, welche von einzelnen oder nur wenigen Faktoren ausgehen. Dies mag auch der Grund sein, warum heute die empirische Methode noch unerläßlich ist.

Im Verlaufe der letzten Jahre wurden Versuche unternommen, um international gültige Regeln aufzustellen. Die Tabakforscher haben vielfach versucht, mit verschiedenen Methoden Richtlinien zur Bestimmung der Qualität aufzustellen (vgl. die Arbeiten von SMIRNOW, BRÜCKNER, SCHMUCK, WENUSCH, BODNAR u. a. m.). Obwohl verschiedene von ihnen die Tabakqualität anhand der Analyse einzelner Faktoren bestimmen, wie z. B. BODNAR (1940) bloß auf die sog. „Rauchzahl" (Titration der Rauchazidität) abstellt, so glauben wir, daß alle diese Methoden nur für bestimmte Kategorien von Tabak gültig sind, und daß erst die Erfassung einer größeren Faktorenzahl für die Qualitätsbestimmung maßgebend sein kann. Es scheint heute noch nicht möglich zu sein, die empirische Beurteilung durch die chemische Qualitätsbestimmung zu verdrängen.

Ueber den Einfluß der einzelnen Tabakbestandteile auf die Tabakqualität sei folgendes kurz erwähnt:

Der verschlechternde Einfluß der Stickstoffkomponenten auf die Qualität ist seit ungefähr 40 Jahren allgemein anerkannt. Es steht auch fest, daß die Kohlehydrate als qualitätsverbessernde Faktoren zu beurteilen sind. SCHMUCK (1930)

hat daher das Verhältnis dieser beiden Faktoren zur Qualitätsbestimmung vorgeschlagen, es wird als „Schmuck'scher Koeffizient" bezeichnet $\left(\frac{\text{lösliche Kohlehydrate}}{\text{Eiweißstoffe}}\right.$; je größer der Koeffizient, umso besser die Qualität). Aehnliche Koeffizienten wurden besonders von russischen Forschern vorgeschlagen. VLADESCU (1939) hat sich mit der Bestimmung der Qualität von Orienttabaken befaßt; die Resultate waren jedoch nicht ermunternd, da nicht immer eine direkte Korrelation zwischen chemischer Zusammensetzung und wirklichem Wert des Tabaks gefunden wurde. PYRIKI (1928) findet, daß der „Schmuck'sche Koeffizient" für die Beurteilung von Orienttabaken gute Dienste leiste. Es hat sich aber bei all diesen Arbeiten gezeigt, daß nur eine Erfassung vieler Tabakbestandteile für die Qualitätsbezeichnung von Wert ist.

BRÜCKNER (1936) unterscheidet diese Faktoren als:

1. qualitätsverbessernde:
   a) lösliche Kohlehydrate (Zucker und Stärke);
   b) Aromasubstanzen (Gerbstoffe, Harze, Oxalsäure).
2. verschlechternde:
   a) Zellmembransubstanz (Pektine etc.);
   b) Stickstoffkörper (Gesamt-N, Eiweiß-N, Nicotin);
   c) Aschenbestandteile (Gesamtasche, Natrium);
   d) Wasserstoffionen;
   e) Zitronensäure.

Der Quotient aus diesen 2 Gruppen multipliziert mit 300 ergibt die von BRÜCKNER benützte Qualitätszahl. PYRIKI geht ähnlich vor, benützt aber eine kleinere Anzahl Faktoren.

WENUSCH (1940) findet die Berechnung der verschiedenen Koeffizienten ohne praktischen Wert. Nach diesem Autor ist hauptsächlich der Nicotingehalt (physiologische Stärke) des Tabaks wichtig und sollte für gute Tabake 1% nicht übersteigen.

Eine zuverlässige und anerkannte Methode zur Bestimmung der Qualität ist somit nicht vorhanden. Für die Beurteilung der Versuchstabake war es indessen wichtig, den Gehalt an bestimmten Stoffen durch Analyse zu ermitteln, um die Wirkung der beiden Stickstofformen auf die Zusammensetzung des

Tabaks vergleichen zu können. Trotzdem das harmonische Zusammenspiel all dieser Faktoren für die Qualität maßgebend ist, kann doch anhand einzelner Bestandteile eine Klassifikation der Versuchstabake vorgenommen werden. Mit den Tabaken aus den Feldversuchen wurden außerdem empirische Qualitätsbestimmungen ausgeführt und den Ergebnissen der chemischen Analyse gegenübergestellt. Die Tabake aus den Gefäßversuchen konnten nicht für die Degustation verwendet werden, da erstens die Menge nicht ausreichte und zweitens die Wachstumsbedingungen der Gefäßkulturen nicht mit den natürlichen Bedingungen verglichen werden können.

B. Chemische Untersuchungen

1. Methodik

a) Vorbereitung der Tabakmuster: Bei den Tabaken der Feldversuche wurde eine größere Anzahl Blätter (Hauptgut) aus allen Tabakpartien entnommen, geschnitten und aufbewahrt. Bei den Gefäßversuchen wurden immer alle Blätter des Hauptgutes für die Analyse verwendet. Vor der Untersuchung wurde der feingeschnittene Tabak bei 40° C getrocknet zur Entfernung des Schwellwassers und darauf pulverisiert. Der Feuchtigkeitsgrad des Tabaks wurde durch Trocknung im Trockenschrank bei 95° C während 5 Stunden bestimmt (Imbibitionswasser).

b) Bestimmung des pH-Wertes: Der pH-Wert des Tabaks wurde im Wasserauszug mit Hilfe des Ionometers nach Lautenschläger bestimmt.

c) Gesamtaschegehalt: Fein gemahlener Tabak wird in einem Porzellantiegel gewogen und auf der Flamme während 5 Stunden bis zur Gewichtskonstanz verascht. Nach Abkühlung wird gewogen und das Resultat in % der Trokkensubstanz ausgedrückt.

d) Nicotin und Ammoniak: (nach STALÉ S. 66) 2 gr Tabak werden mit 20 gr Kochsalz, 80 ccm Wasser und 10 ccm Kalilauge 50 % gemischt und der Wasserdampfdestillation unterzogen. Als Vorlage werden 40 ccm n/20 HCl benützt. Sobald zirka 300 ccm abdestilliert sind, prüft

man, ob sämtliches Nicotin übergeführt ist und titriert dann mit n/20 NaOH bei Anwesenheit von Mischindikator (KOLTHOFF, Die Maßanalyse 2, S. 64, 1931). Nachher säuert man mit 10 ccm HCl ½ an und fällt das Nicotin mit 10 ccm Kieselwolframsäure. Nach 2 Stunden wird filtriert, bei 125° eine Stunde getrocknet und gewogen. Das Nicotin wird nach Multiplikation des Gewichtes des Nicotinkieselwolframates mit 0,1012 erhalten. Da 1 ccm n/20 HCl 0,0081 gr Nicotin entspricht, so kann das Ammoniak berechnet werden.

Das Ammoniak entspricht also dem Anteil der flüchtigen Basen, die durch Kieselwolframsäure nicht gefällt werden.

e) Gesamtstickstoff: (nach Methode FOERSTER, siehe BRÜCKNER, Die Biochemie des Tabaks S. 363).

1 gr Tabak wird mit 15 ccm Phenolschwefelsäure + 3 gr Natriumhyposulfit + 10 ccm conc. Schwefelsäure + 1 Tropfen Quecksilber gemischt und in Kjeldahlkolben naß verbrannt, bis die Lösung farblos ist. Bei der weiteren Durchführung des Verfahrens gelten die üblichen Regeln der Kjeldahlmethode.

d) Eiweißstickstoff: (nach Methode BARNSTEIN, siehe BRÜCKNER S. 364).

1 gr Tabak wird mit 50 ccm Wasser zum Kochen erhitzt. Zu der noch heißen Mischung werden 25 ccm Kupfersulfatlösung (60 gr auf 1 Liter Wasser) und 25 ccm Aetznatronlösung (12,5 gr auf 1 Liter Wasser) hinzugefügt. Der Niederschlag wird nach dem Absitzen filtriert und mit heißem Wasser von SO_4-Ionen rein gewaschen. Nach dem Trocknen wird der Niederschlag samt Filter im Kjeldahlkolben naß verbrannt und der Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt.

e) Eiweißstoffe: Diese werden durch Multiplikation des Eiweißstickstoffes mit dem Faktor 6,25 erhalten.

f) Gesamtsumme der reduzierenden Substanzen: (nach Methode PYRIKI und SCHOORL, s. STALÉ S. 66).

7,5 gr Tabak werden in einem Rundkolben von 200 ccm Inhalt mit 100 ccm Wasser und einer Messerspitze Calciumkarbonat gemischt und eine halbe Stunde auf dem

Wasserbad gekocht. Nach dem Abkühlen wird bis zur Marke aufgefüllt und filtriert (Lösung A).
10 ccm der Lösung A (0,375 gr Tabak) werden in einem Erlenmeyer von 300 ccm Inhalt mit je 10 ccm der Fehlingschen Lösung I und II gemischt und bis auf 50 ccm aufgefüllt. Dann kocht man 2 Minuten, kühlt auf 25° ab und titriert das befreite Jod mit n/10 Natriumhyposulfit nach Zugabe von 10 ccm Kaliumchlorid 30 % und 10 ccm Schwefelsäure 25 %. Eine Zugabe von Stärkelösung ergibt einen schärferen Umschlagspunkt.

Die Fehlingsche Lösung wird wie folgt vorbereitet:

Lösung I: 69,28 gr krist. Kupfersulfat (+ 5 H_2O) auf 1000 ccm.

Lösung II: 346 gr Seignettesalz und 100 gr Natriumhydroxyd auf 1000 ccm.

Das Resultat wird in Glukose ausgedrückt.

g) Lösliche Kohlehydrate: 100 ccm der Lösung A (siehe unter f), die 3,75 gr Tabak entsprechen, werden in einem Rundkolben von 150 ccm Inhalt mit 10 ccm basischem Bleiazetat gemischt, bis zur Marke aufgefüllt und nach 10 Minuten filtriert. 80 ccm des Filtrats (= 2 gr Tabak) werden in einem Rundkolben von 100 ccm Inhalt mit 3 ccm gesättigter Natriumsulfatlösung gemischt und bis zur Marke aufgefüllt. Nach 1/4 Stunde wird filtriert. 40 ccm des Filtrates (= 0,8 gr Tabak) werden in einem Erlenmeyer mit je 10 ccm Fehlingscher Lösung I und II gemischt und wie unter f) die reduzierende Fähigkeit bestimmt. Das Resultat wird in Glukose ausgedrückt.

h) Die Polyphenole oder gerbstoffartigen Körper: Sie wurden als Differenz zwischen den gesamtreduzierenden Substanzen und den löslichen Kohlehydraten ermittelt.

i) Harze und Wachse: (nach Methode PYRIKI, siehe STALÉ S. 66). Die Totalsumme der Harze und Wachse wurde durch eine Extraktion mit absolutem Alkohol während 24 Stunden bestimmt.

2. Resultate der chemischen Bestimmungen (Tabelle 34)

a) pH-Bestimmungen: Ein sicherer Unterschied des pH-Wertes der einzelnen Tabake war nicht feststellbar. Einzelne Abweichungen lassen vermuten, daß die Ernährung mit Ammonsulfat ein niedrigeres pH bewirkt als die Ernährung mit Nitrat. Die Tabake aus den Feldversuchen weisen einen höheren pH-Wert als diejenigen aus den Gefäßversuchen auf.
Die Mehrzahl der Tabakforscher hat festgestellt, daß die Güte des Tabaks mit steigender Azidität zunimmt. Dies würde bedeuten, daß unsere Ammontabake, hinsichtlich ihres pH, besser seien als die Nitrattabake. Indessen sprechen die weiteren Befunde gegen diese Ansicht, da die Bestimmung der anderen Bestandteile eine bessere Qualität der Nitrattabake erkennen läßt.

b) Gesamtaschegehalt: Nach BRÜCKNER verhält sich die Qualität eines Tabaks umgekehrt proportional zu seinem Aschengehalt. Dieser Gedanke wurde besonders von SCHMUCK und Mitarbeitern verfolgt und alle erhaltenen Resultate zeigen, daß die Abnahme des Aschengehaltes parallel mit einer Verbesserung der Qualität geht. Bei unseren Versuchstabaken fanden wir, mit Ausnahme des Feldversuches III, *daß die Tabake der mit Nitrat als Stickstoffquelle ernährten Pflanzen weniger Asche enthalten als die Ammontabake.* Der Unterschied beträgt beim Hauptversuch III (Gefäßversuch) 2,6 % zugunsten vom Nitratstickstoff.

c) Gesamtstickstoff: Der Gehalt des Tabaks an Gesamtstickstoff ist umgekehrt proportional der Qualität. Die Stickstoffkörper (in erster Linie das Ammoniak) entwikkeln beim Verbrennen einen unangenehmen, die Schleimhäute reizenden Rauch. Bei allen Versuchstabaken wurde *eine Vermehrung des Gesamtstickstoffes bei den mit Ammonsulfat ernährten Pflanzen* gegenüber den Nitratpflanzen festgestellt. Der Mehrgehalt an Gesamtstickstoff der Ammonpflanzen beträgt bei den Feldversuchen im Mittel

11,90 % und bei den Gefäßversuchen 11,70 %. Die Ernährung mit Ammonnitrat hat den höchsten Gesamtstickstoff-Gehalt erzielt.

d) Eiweißstickstoff und Eiweißstoffe: Der Gehalt an Eiweißstickstoff und Eiweißstoffen der Versuchstabake läuft parallel mit dem Gehalt an Gesamtstickstoff. *Die Ammontabake enthalten mehr Eiweiß als die Nitrattabake.*

e) Ammoniak: Auf den qualitätsverschlechternden Einfluß des Ammoniaks wurde bereits im Zusammenhang mit der Besprechung des Gesamtstickstoffes hingewiesen. Der Gehalt an Ammoniak verläuft ungefähr parallel mit dem Gehalt an Gesamtstickstoff.

f) Nicotin: Die Ansichten über die Bedeutung dieses wichtigen Alkaloides für die Qualität sind geteilt. Es wird aber im allgemeinen darauf hingewiesen, daß sich bei gleichbleibender Zusammensetzung aller anderen Komponenten die Qualität des Tabaks mit der Zunahme des Nicotins verschlechtert. Eine Zunahme des Nicotins, die mit einer gleichzeitigen Zunahme des Zuckergehaltes parallel geht, übt indessen keinen Einfluß auf die Qualität aus. Unsere Versuchstabake haben bemerkenswert konstante Differenzen zwischen Ammon- und Nitraternährung gezeigt und damit die Befunde anderer Untersucher bestätigt (ROEMER, VLADIMOROW). Bei den Feldversuchen erfuhr der Nicotingehalt bei Ammonernährung eine Zunahme von 15,20 % gegenüber der Nitraternährung. Bei den Gefäßversuchstabaken war der Unterschied noch höher und betrug 47,50 %. Es ist somit nachgewiesen, *daß bei Ernährung der Tabakpflanze mit Ammonstickstoff der Nicotingehalt gegenüber der Ernährung mit Nitratstickstoff höher ist.* Mit Ammonnitrat ist der Nicotingehalt noch mehr gesteigert worden als mit Ammonsulfat.

g) Gesamtsumme der reduzierenden Substanzen und löslichen Kohlehydrate: Die Qualität eines Tabaks steigt mit dem Gehalt an löslichen Kohlehydraten. Diese Annahme ist aber, wie auch beim Stickstoff, nur von relativer Bedeutung; auch hier ist die Summe aller Komponenten für die Qualität maßgebend. Erhöht sich der Zuckergehalt eines Tabaks parallel mit dem Stickstoffgehalt,

so kann nicht von einer Verbesserung der Qualität gesprochen werden. Der Gehalt an Zucker des Tabaks ist trotzdem der wichtigste Faktor für die Bestimmung der Qualität. Alle unsere Tabake weisen einen sehr niedrigen Gehalt an reduzierenden Substanzen auf. Dieser Befund deckt sich mit anderen in der Schweiz durchgeführten Analysen und muß als ein typisches Sortenmerkmal des Mont Calme jaune betrachtet werden.

Die Unterschiede des Gehaltes an reduzierenden Substanzen und löslichen Kohlehydraten bei verschiedener Stickstoffernährung sind nicht groß. Die mit Nitrat ernährten Pflanzen zeigen überall einen höheren Gehalt; dieser beträgt bei den Tabaken der Feldversuche 11,25 % und bei denjenigen der Gefäßversuche 10,75 %. Ob diese Unterschiede eine direkte Folge der Ernährung sind, läßt sich schwer beurteilen. Wir vermuten zwar, daß sie indirekt durch die Verspätung des Ausreifens der Blätter bei den Ammontabaken verursacht werden. Untersuchungen von SMIRNOW (1928) haben gezeigt, daß der Gehalt an reduzierenden Substanzen und löslichen Kohlehydraten bis zur Erlangung der sogenannten „technischen Reife" zunimmt. Die Ernte der Blätter wurde jeweils erst nach Eintritt dieses Zustandes vorgenommen. Doch ist der genaue Zeitpunkt der „technischen Reife" schwer zu bestimmen, sodaß kleine Reifeunterschiede bei der Ernte wohl möglich sind. Diese sind vielleicht die Ursache der größeren Differenzen im Gehalt an reduzierenden Substanzen, die bei den Feldversuchstabaken festgestellt worden sind. Obwohl die Ernte der Blätter zwar immer gleichzeitig erfolgte und auf dem Felde kein Unterschied in der Reife zu sehen war, muß doch auf diese Möglichkeit hingewiesen werden. Ob nun diese Gehaltsunterschiede eine direkte Folge der Ernährung oder eine indirekte des ungleichen Reifezustandes der Blätter sind, ändert aber nichts an der Tatsache, daß in beiden Fällen die Tabake aus den Ammonparzellen einen geringeren Gehalt an reduzierenden Substanzen und löslichen Kohlehydraten aufwiesen. *Man muß also annehmen, daß die Ernährung mit Nitratstickstoff auch in dieser Hinsicht als günstiger oder mindestens dem Ammonsulfat als ebenbürtig zu beurteilen ist.*

Tabelle 34. *Chemische Zusammensetzung der Versuchstabake* (in % der Trockensubstanz).

Nährlösung oder Düngung mit	pH	Gesamtasche	Gesamt-N	Eiweiß-N	Eiweißstoffe	Ammoniak	Nicotin	Gesamt-reduzierende Substanzen	Lösliche Kohlehydrate	Polyphenole	Harze und Wachse
Feldversuche											
II											
Calcium-Nitrat	6,37	19,00	2,91	1,48	9,25	0,64	0,53	2,28	0,90	1,38	18,21
Ammonsulfat	6,37	21,15	3,31	1,49	9,32	0,68	0,95	1,98	0,83	1,15	18,08
III											
Calcium-Nitrat	6,07	18,20	2,65	1,74	10,88	0,71	0,90	2,02	0,84	1,18	18,66
Ammonsulfat	5,97	17,04	3,34	2,18	13,62	0,76	1,21	1,83	0,80	1,03	17,06
Gefäßversuche											
II											
Ca- u. K-Nitrat pH 6,13	5,81	21,90	2,55	1,08	6,75	0,64	0,56	1,29	0,72	0,57	—
Ca- u. K-Nitrat pH 7,30	5,73	20,20	2,83	1,12	7,00	0,41	0,69	1,31	0,72	0,59	—
Ammonsulfat pH 5,82	5,76	22,60	3,28	1,36	8,50	0,76	1,67	1,21	0,62	0,59	—
Ammonsulfat pH 7,40	5,48	20,20	3,08	1,34	8,38	0,76	1,42	1,23	0,70	0,53	—
III											
Ca- und K-Nitrat	5,56	20,70	3,28	1,35	8,44	0,58	0,76	1,66	1,07	0,59	20,42
Ammonnitrat	5,43	20,20	4,35	1,61	10,06	0,81	1,26	1,57	0,58	0,99	20,12
Ammonsulfat	5,44	21,25	3,91	2,01	12,56	0,76	1,14	1,51	0,98	0,52	16,05

h) Polyphenole oder gerbstoffartige Körper: Nach Untersuchungen von SCHMUCK und Mitarbeitern ist die Proportionalität zwischen Qualität, Zuckergehalt und Gehalt an Polyphenolen eindeutig. Die Polyphenole sind für die Qualität als günstig zu beurteilen, solange das Verhältnis zu den gesamtreduzierenden Substanzen nicht zu hoch wird. Bei unseren Versuchen gehen die Befunde parallel mit dem Gehalt an reduzierenden Substanzen. Eine Ausnahme macht hier der Tabak der Ammonnitratreihen mit dem höchsten Gehalt an Polyphenolen. In diesem Fall wird das Verhältnis der Gesamtsumme der reduzierenden Substanzen zu den Polyphenolen ungünstig und die Tabake werden qualitativ schlechter sein als solche mit Nitrat- oder Ammonernährung.

i) Harze und Wachse: Nach BRÜCKNER steht der Harz- und Wachsgehalt in einem direkten Verhältnis zur Tabakqualität. Bei den Tabaken aus den Feldversuchen ist kein nennenswerter Unterschied festzustellen. Die Resultate aus den Gefäßversuchen zeigen einen Mehrgehalt an Harzstoffen bei den Nitratpflanzen. Beim Gefäßversuch II konnte infolge Materialmangel die Bestimmung nicht vorgenommen werden.

C. Empirische Beurteilung der Tabake aus den Feldversuchen

Nach der Trockengewichtbestimmung wurden die Tabake der Feldversuche an eine Tabakfirma (POLUS, Balerna) zur Fermentation eingesandt und dann für die Degustation verwendet. Alle Tabake wurden darauf verschiedenen Firmen verteilt, die uns eine Anzahl Degustationsurteile von Fachleuten zustellten. Die Ergebnisse waren, wie erwartet, manchmal widersprechend, was auf den Umstand zurückzuführen ist, daß die Ansprüche der Tabakindustrie an die Tabake und deren Verwendungsart nicht immer gleich sind. Es war uns aber möglich, ein Durchschnittsresultat zu ermitteln.

Wie der Tabelle 35 zu entnehmen ist, werden die Tabake aus den Nitratparzellen günstiger beurteilt als die Tabake mit Ammonsulfatdüngung. Der Tabak aus den Ammonparzellen in

Tabelle 35.

Degustationsurteile für die Tabake aus den Feldversuchen

Düngung mit	Struktur	Schnitt	Brand	Geschmack	Geruch	Beurteilung
Versuch I						
Ca-Nitrat	elastisch, viel Körper	gut	gut	mild, neutral	wenig	gut
Ammon-sulfat	weniger elastisch, feines Blatt	weniger gut	gut	stark, auf der Zunge beissend	nach Honig, stark	weniger gut
Versuch II	gleich wie Versuch I					
Versuch III	gleich wie Versuch I und II, jedoch die Unterschiede ausgeprägter					
Versuch IV						
Ca-Nitrat	elastisch, griffig	gut	gut	mild	gut, neutral	sehr gut
Ammon-sulfat	feines Blatt	weniger gut	gut	stark, weniger als bei Versuch I	wenig nach Honig und Harz, mittelstark	gut
Versuch V						
Ca-Nitrat	elastisch, viel Körper	gut	gut	mild	neutral	sehr gut
Ammon-nitrat	zwischen Nitrat- und Ammon-tabak	mittel	gut	süsslich	ziemlich stark	gut, zwischen Nitrat- und Ammon-tabak
Ammon-sulfat	weniger elastisch, leicht brüchig	schlecht	gut	stärker als Nitrattabak	unangenehm	weniger gut

Vouvry (3 Versuchsjahre) wird als stark und auf der Zunge beißend bezeichnet, während der Nitrattabak milder ist. Die Unterschiede werden im dritten Versuchsjahr noch ausgeprägter. In Landquart (Versuch IV) sind die Unterschiede weniger groß, was auf die ungleiche Bodenreaktion zurückgeführt werden kann. Im Versuch V (Balerna) wird der Nitrattabak ebenfalls günstiger, der Ammontabak dagegen schlechter beurteilt, allerdings besser als die Ammontabake der anderen Versuche. Ammonsalpeter ergab ein Produkt, das zwischen den beiden steht.

Auf die Farbe der Versuchstabake soll später eingegangen werden. Hingegen ist hier auf die Tatsache aufmerksam zu machen, *daß alle Nitrattabake den Ammontabaken in ihren physikalischen Eigenschaften überlegen sind.* Diese Eigenschaften drücken sich in erhöhter Elastizität, besserem Schnitt und als Folge davon durch ein größeres Füllungsvermögen aus, was besonders für die Cigaretten- und die Pfeifentabak-Industrie wichtig ist. Der Unterschied ist im Versuch V so groß, daß man beim Tabak aus den Ammonsulfatpflanzen bereits von leicht brüchigen Blättern spricht, während der Nitrattabak elastisch erscheint und sich für den Schnitt sehr gut eignet.

D. Vergleich zwischen empirischer Beurteilung und chemischer Untersuchung der Feldversuchstabake

Die Gegenüberstellung der Degustationsresultate und der chemischen Untersuchungen an Tabaken der Feldversuche zeigt, daß sich diese zwei Methoden weitgehend ergänzen. Die chemische Zusammensetzung der Tabake entspricht der Degustationsbeurteilung und gibt eine Erklärung für die Klassifikation, die nach der empirischen Beurteilung vorgenommen worden ist.

Chemische Analysen liegen nur für die Feldversuche II und III vor. Nach der Degustationsbeurteilung ist zuerst festzuhalten, daß alle Tabake der Ammonparzellen stärker und manchmal unangenehm riechen, während die Tabake der Nitratparzellen milder, sowie in Geruch und Geschmack besser sind. Diese Merkmale werden, wie bereits erwähnt, durch den

Gehalt an Gesamtstickstoff, sowie die Menge der einzelnen Stickstoffkörper und deren Verhältnis zu den reduzierenden Substanzen bestimmt. Tatsächlich besitzen die Ammontabake mehr Gesamtstickstoff und auch mehr Ammoniak, Nicotin und Eiweiß. Die physiologische Stärke des Tabaks hängt vom Gehalt an Nicotin ab und wird empirisch mit den Bezeichnungen mild oder stark angedeutet. Beide Untersuchungsmethoden liefern in diesem Falle übereinstimmende Resultate.

Die Gesamtbeurteilung der Tabake lautet, sowohl vom chemischen wie vom empirischen Standpunkt aus, günstiger für die Ernährung mit Nitratstickstoff.

E. Einfluß der Stickstofform auf die Farbe des Tabakblattes

Während des Wachstums der Tabakpflanze ist beobachtet worden, daß die Art der Stickstoffernährung einen Einfluß auf die Chlorophyllbildung und somit auf die Farbe der Blätter ausübt. Der Farbunterschied der grünen Blätter konnte aber nicht als Faktor für die Qualitätsbeurteilung der trockenen Tabakblätter gelten. Die Untersuchung der Farbe beim trokkenen Tabak hat aber gezeigt, daß auch in diesem Zustand bedeutende Farbunterschiede erzeugt werden, die auf die Qualitätsbeurteilung einen erheblichen Einfluß ausüben.

Die trockenen Tabake des Gefäßversuchs I mit Nitraternährung waren dunkelbraun, die Ammontabake hellbraun bis gelb. Bei der Versuchsreihe II zeigten die getrockneten Tabakblätter folgendes Farbenbild:

braun — hellbraun — gelb — hellgelb

← Nitrat basisch — sauer → Ammonsulfat basisch — sauer

Beim Hauptversuch III wurden alle Blätter des Hauptgutes nach der Farbe sortiert und wir erhielten die in der Tabelle 36 zusammengestellte Einteilung der Tabakblätter nach der Farbe.

Tabelle 36. *Farbe der trockenen Tabakblätter*
(in % der Gesamternte ohne Boden- und Spitzenblatt)

Nährlösung mit	gelb	gelbbraun	gelbrötlich	braunrötlich	braun	mißfarbig (grün u. dunkel)
Ca-Nitrat		35,71		59,28		5,01
Ammonnitrat	22,22		51,64			26,14
Ammonsulfat	52,52			36,36		11,12

Die Ernährung mit Ammonnitrat hat den höchsten Prozentsatz mißfarbiger Blätter erzeugt. Ungefähr 1/4 der Gesamternte an Tabakblättern mußte ausgeschieden werden. Es handelte sich in der Mehrzahl um grüne und grüngefleckte Blätter. Bei der Ernährung mit Ammonsulfat finden sich 11,2 % mißfarbige, meistens dunkelfarbige Blätter. Die Blätter der Ammonreihe sind auch hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Färbung nicht wertvoll. Der Unterschied zwischen den hellen (52 %) und den braunrötlichen Blättern (36 %) ist groß, und die Entfernung dieser zwei Gruppen voneinander ist beträchtlich. Die mit Nitrat ernährten Pflanzen lieferten nur 5 % mißfarbige Blätter, während die übrigen eine gute gleichmäßige Farbe zeigten. Die Entfernung der zwei Farbkategorien ist kleiner als bei der Ammonreihe.

Die Ernährung mit Nitratstickstoff hat sich für die Produktion einer gleichmäßigen und guten Farbe als überlegen erwiesen.

Die Befunde der Feldversuche decken sich überraschend gut mit den Ergebnissen der Gefäßversuche (Tabelle 37).

Tabelle 37.
Farbe der trockenen Tabakblätter aus den Feldversuchen

Düngung mit	Versuch I	Versuch II	Versuch III	Versuch IV	Versuch V
Ca-Nitrat	hellbraun bis braun	wie I	wie I	rötlichbraun	rotbraun
Ammonnitrat	—	—	—	—	hellbraun
Ammonsulfat	gelbbraun heller als Nitrat	wie I	wie I	hellgelb	hellglänzend

Der Einfluß der Düngung auf die Farbe ist auch in anderen Tabakländern untersucht worden, wobei sich ergab, daß die Düngung mit Nitrat dunklere Farbe erzeugt, während Ammonsulfat eine höhere Anzahl mißfarbiger grüner Blätter produziert.

Es hat sich somit gezeigt, daß die Stickstofform nicht nur auf die qualitativen Eigenschaften (chemische Zusammensetzung) einen Einfluß hat, sondern daß auch die äußeren Merkmale beeinflußt werden. Da bei der Klassifikation der Tabake die Farbe eine wichtige Rolle spielt, ist diese Tatsache von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

F. Zusammenfassung der Ergebnisse über die Wirkung der Stickstofform auf die Qualität

Die Verwendung von Nitrat- oder Ammonstickstoff übt auf die Qualität des Tabaks einen großen Einfluß aus. Aus den Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung der Tabakblätter geht einwandfrei hervor, daß die mit Nitrat ernährten Blätter den Ammonsulfattabaken überlegen sind. Diese zeichnen sich durch ihre Vermehrung der für die Qualität des Tabaks ungünstigen Bestandteile und durch eine Verminderung der günstigen Eigenschaften aus.

Die Ernährung mit Ammonsulfat bewirkt eine Zunahme des Gesamtstickstoffgehaltes sowie aller Stickstoffkörper einschließlich des Nicotins und eine Zunahme des Aschengehaltes. Hingegen ist der Gehalt dieser Tabake an reduzierenden Substanzen leicht vermindert, so daß das Verhältnis zwischen Gesamtstickstoff und reduzierenden Substanzen ungünstig beeinflußt wird. Auch der Harzgehalt erfährt eine ungünstige Verschiebung verglichen mit den Nitrattabaken.

Diese Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung üben zweifellos einen Einfluß auf die Gesamtbeurteilung der Tabake aus, und so erklärt sich auch, daß die empirische Qualitätsbeurteilung zugunsten der Nitrattabake ausgefallen ist.

Der Einfluß der Stickstoffdüngung kommt aber nicht nur in der chemischen Zusammensetzung der Tabake zum Ausdruck, sondern es werden auch die physikalischen Eigenschaften des Tabaks in Mitleidenschaft gezogen. Die Blätter der mit

Ammonsulfat ernährten Tabakpflanzen sind feiner, haben weniger Harzgehalt; manchmal sind sie brüchig, schlechter im Schnitt und ergeben weniger Volumen. Diese Eigenschaften (Struktur des Tabakblattes) sind für die Industrie von großer Bedeutung. Ferner wird die Farbe der trockenen Tabakblätter durch die Ernährung mit Ammonstickstoff ungünstig beeinflußt.

VI. Schlußbetrachtungen

In der vorliegenden Arbeit wurde das Verhalten der Tabakpflanze gegenüber der Ernährung mit Nitrat- und Ammonstickstoff untersucht. Die Ergebnisse stützen sich auf die Daten einer Anzahl Feld- und Gefäßversuche mit der schweizerischen Sorte Mont Calme jaune, die in den Jahren 1942 bis 1946 durchgeführt worden sind. Neben dem Einfluß auf das Wachstum und den Ertrag des Tabaks wurde auch die Wirkung der Stickstofform auf die Qualität des Tabakblattes untersucht. Im Hauptversuch wurde das Düngemittel Ammonnitrat als dritte Stickstoffquelle herangezogen.

Die Hauptergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Bei den Gefäßversuchen wurden die Höchsterträge mit der Nitraternährung erzielt. Der Mehrertrag an trockenen Tabakblättern schwankt in den einzelnen Versuchen zwischen 8 und 33 % gegenüber der Ernährung mit Ammonstickstoff. Die Unterschiede sind jedoch bei den Feldversuchen nicht so deutlich. Die Differenzen verteilen sich hier abwechslungsweise zum Vorteil der einen oder andern der beiden Düngerformen. Bemerkenswert ist aber, daß entgegen aller Erwartung die Düngung mit Nitratstickstoff auch auf alkalischen Böden gleiche und manchmal höhere Erträge abgeworfen hat. Die Ernährung mit Ammonnitrat ergab sowohl bei den Feld- wie auch bei den Gefäßversuchen Ernten, deren Größe zwischen den Erträgen der Ammonsulfat- und Nitratversuche lagen.

2. Die Tabakpflanze kann als eine *nitratliebende Pflanze* bezeichnet werden. In Gefäßversuchen wurde festgestellt, daß der Nitratstickstoff sowohl in alkalischem wie auch in saurem Milieu dem Ammonsulfat überlegen ist. Das Wachstumsoptimum der Tabakpflanze befindet sich bei einem wenig unterhalb des Neutralpunktes liegenden pH des Nährsubstrates; günstige Wachstumsbedingungen finden sich jedoch in einem ziemlich breiten Bereich der pH-Skala unterhalb und oberhalb von pH 6,4. Die Ernährung mit Ammonsulfat hat ihr Optimum in einem oberhalb des Neutralpunktes liegenden Gebiet; die Erträge fallen aber mit sinkendem pH rasch ab. Die bei der günstigsten Reaktion des Nährsubstrates mit Ammonstickstoff gewonnenen Erträge sind auch im alkalischen Gebiet niedriger als bei Nitraternährung.
   Eine Bevorzugung der Aufnahme des Ammonstickstoffes bei neutraler bis alkalischer Reaktion findet nicht statt. Es war folglich nicht möglich, eine Abhängigkeit der Ionenaufnahme vom I. E. P. der Wurzelhaare zu finden. Es scheint vielmehr, daß die Aufnahme der dargebotenen Stickstofform durch das Wahlvermögen der Tabakpflanze bestimmt wird.
   Diese Ergebnisse sind indessen mit Gefäßversuchen erzielt worden und können nicht ohne weiteres auf landwirtschaftliche Böden übertragen werden. Sie stehen aber im Einklang mit der landwirtschaftlichen Praxis und sind durch unsere Feldversuche teilweise bestätigt worden.

3. Die Ernährung mit Ammonstickstoff verzögert die Reife der Tabakblätter. Die Verspätung der Reife bei den Gefäßversuchen beträgt zirka 20 Tage. Auf dem Felde konnte der Unterschied im Reifegrad allerdings nicht deutlich festgestellt werden; er wird sich aber, auch wenn er von Auge nicht wahrnehmbar ist, auf die Qualität des betreffenden Tabaks auswirken.

4. Die Ernährung mit Ammonsulfat bewirkt eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes in den Tabakblättern. Der Einfluß der Stickstoffernährung kommt auch bei der Farbe der trockenen Tabakblätter zum Ausdruck. Die mit Ammonstickstoff ernährten Pflanzen geben hellere, ungleichmäßigere und

mehr mißfarbige Blätter als Nitrattabake. Die Ernährung mit Ammonnitrat bewirkt eine noch größere Prozentzahl von mißfarbigen Blättern als mit Ammonsulfat.

5. Die Ernährung mit Ammonstickstoff übt einen ungünstigen Einfluß auf die Qualität aus. Ammonstickstoff bewirkt eine Erhöhung des Gesamtstickstoffs (und zwar eine Zunahme des Nicotins sowie aller anderen Stickstoffkörper) und des Aschengehaltes. Ferner kann eine Herabsetzung der reduzierenden Substanzen und löslichen Kohlehydrate festgestellt werden; sie ist jedoch nicht von großer Bedeutung. Der Harzgehalt wird bei der Ammonstickstoffernährung ebenfalls herabgesetzt. Die chemische Zusammensetzung der Ammontabake ist dadurch für Qualitätstabake ungünstig.
Die Nitrattabake sind, sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung wie auch nach der empirischen Degustation beurteilt, den Ammontabaken überlegen.

Die vorliegende Arbeit wurde im Laboratorium des Pflanzenphysiologischen Instituts (Forschungs- und Beratungsstelle der SOTA für die Verbesserung des Inlandtabakes) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich ausgeführt.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Dr. A. Frey-Wyssling für die vielseitigen Anregungen und das Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Auch Herrn Dr. C. Heusser habe ich für manchen wertvollen Hinweis zu danken.

Literaturverzeichnis

ARNON D. J.: Soil Sci. *44*, 91, 1937.
Zit. in Fortschr. Bot. *7*, 223, 1938.

BECKER-DILLINGEN J.: Handbuch der Ernährung der Landw. Nutzpflanzen. Berlin 1934, S. 455.

BODNAR J. u. VOTISZKY Z.: Unters. d. Lebensm. *7*, 12, 1940.
Ref. in "Il Tabacco" 564, S. 19, 1946.

BRÜCKNER H.: Die Biochemie des Tabaks. Berlin 1936.

BURSTRÖM H.: Studies on the relation between H-ion-concentration and nitrate utilization by wheat plants. Ann. Agric. Coll. Sweden *8*, 131, 1940.
— Photosynthesis and assimilation of nitrate by wheat leaves. Ann. Agric. Coll. Sweden *11*, 1, 1943.

CAPUS, LEULLIOT, FOEX: Le tabac. Paris 1929.

EMMERT E. M.: The determination of nitrate in green tomato and lettuce tissues.
Plant Physiol. *4*, 529, 1928.

FREY-WYSSLING A.: Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate. Berlin 1938, S. 127.

GEYGE R.: Die künstlichen Stickstoffquellen. Berlin 1920.

HARVEY P. H.: Genetics *24*, 437, 1939.
Zit. in Fortschr. Bot. *9*, 169, 1940.

HEIERLE R.: Düngungsversuche. Jahresbericht der Forschungsstelle der SOTA. Zürich 1937, S. 39.

HEUSSER C.: Das Mont Calme jaune-Problem.
Tätigkeitsbericht der Forschungs- und Beratungsstelle der SOTA. Zürich 1944, S. 37.

HONGKAMP F.: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre. Berlin 1931, Bd. *2*, S. 785.

KARRER K.: Biochemie der Spurelemente. Berlin 1941.

KISSLING R.: Tabakkunde, Tabakbau und Tabakfabrikation.
Berlin 1925.

KOLTHOFF J. M.: Die Maßanalyse. Bd. *2*, 64, 1931.

KREYZI R.: Zeitschrift f. Pflanzenernährung *43,* 281, 1931.
Zit. in Fortschr. Bot. *6,* 179, 1937.

LUNDEGARDH H.: Die Nährstoffaufnahme der Pflanze. Jena 1932.

MARTHALER H.: Die Stickstoffernährung der Ruderalpflanzen.
Jahrb. wiss. Bot. *85,* 76, 1937.
— Die Stickstoffernährung der Hochmoorpflanzen.
Jahrb. wiss. Bot. *88,* 723, 1939.

MEISNER F.: Inlandtabakbau. Karlsruhe 1932, S. 42.

MEWIUS W.: Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit keit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta *6,* 379, 1928.

MEWIUS W. u. ENGEL H.: Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta *9,* 1, 1930.

MICHAELIS L.: Die Permeabilität von Membranen.
Naturw. *14.* 33, 1926.

PAREY P.: Die Ammoniak- und Salpeterdüngungsfrage.
Berlin 1912.

PETROW S.: Ueber die Stickstoffassimilation durch höhere Pflanzen.
Moskau 1927. Ref. in Bot. Centr. Bl. 145, 265, 1923.

PIRSCHLE K.: Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquelle für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration.
Planta *9,* 84, 1930.
Planta *14,* 583, 1931.

PYRIKI C.: Die Qualitätsbeurteilung fermentierter Tabake vom chemischen Standpunkt. Z. Chemie *112,* 221, 1928.

PRIANISCHNIKOW O.: Stickstoffquellen für höhere Pflanzen.
Ergebn. Biol. *1,* 407, 1926.
— Zur Frage der Ammoniakernährung höherer Pflanzen.
Biochem. Z. *207,* 341, 1929.
— Ueber die äußeren und inneren Bedingungen der Ausnützung des Ammonstickstoffes durch die Pflanzen. Z. Pfl. ernäh., Düng. u. Bodentech. *30,* 38, 1933.

RIBBERT A.: Beitrag zur Frage nach der Wirkung der Ammonsalze in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta *12,* 603, 1931.

RIPPEL K.: Quantitative Untersuchungen über die Abhängigkeit der Stickstoffassimilation von der Wasserstoffionenkonzentration bei einigen Pilzen. Arch. Mikrobiol. *2,* 72, 1931.

ROBBINS W. J.: Isoelectric points for the mycelium of fungi. J. gen. Physiol. *6,* 259, 1924.

ROEMER A.: Umsch. 1940. Zit. in Fortschr. Bot. *10,* 193, 1941.

RUSSEL E. J.: Boden und Pflanze. Dresden und Leipzig 1936.

SCHMUCK A.: Chemie des Tabaks und Rohtabaks. Krasnodar 1930.

SMIRNOW A. I.: Ueber die biochemischen Eigentümlichkeiten des Alters der Laubblätter. Planta *6,* 687, 1928.

— Biochemie des Tabaks. den Haag 1940.

STALÉ J.: Contribution a l'étude du tabac indigène. Landw. Jahrb. 1940, S. 55.

VLADESCU I.: La vérification par voie chimique des differentes qualités des tabacs roumains, caracterisé par la classification industrielle. Acta Nicotiana, Berlin *1,* 599, 1939.

VLADIMOROW A. V.: C. r. Acad. Sci. URSS *23,* 699, 1939. Zit. in Fortschr. Bot. *9,* 169, 1940.

WENUSCH A.: Die Chemie des Tabakblattes. Bremen 1940.

WIEGNER G. u. GESSNER: Die Bedeutung der pH-Bestimmung in der Bodenkunde. Kolloid. Z. *40,* 209, 1926.

WUHRMANN K.: Die Ionenaufnahme der Pflanzen und ihre morphogenetische Wirkung. Diplomarbeit aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der E. T. H. Zürich 1935, S. 67.

ZÖLLER W.: Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers. Berlin 1935.

Lebenslauf

1911:	2. Februar in Domodossola (Italien) geboren. Bürger von Uznach (St. Gallen).
1917—1921:	Primarschule in Vacallo und Coldrerio.
1921—1923:	Kantonsschule in Mendrisio.
1924—1926:	Landwirtschaftliche Mittelschule St. Eufemia in Brescia (Italien).
1927—1928:	Landwirtschaftliche Jahresschule Rütti (Zollikofen).
1929—1930:	Assistent auf dem Gutsbetrieb Schoppenwihr bei Bennwihr (Colmar).
1931:	Aufnahmeprüfung an die Abteilung für Landwirtschaft der Eidg. Technischen Hochschule.
1934:	Diplom als ingenieur agronom.
1934—1936:	Assistent beim Bauernsekretariat in Brugg (Rentabilitätserhebungen).
1936—1940:	Gutsverwalter in Casvegno (Mendrisio).
seit 1941:	Leiter der Forschungs- und Beratungsstelle der SOTA für die Verbesserung des Inlandtabakes.