

Wirkungen von Chlorcholinchlorid auf das Speicherungsverhalten vegetativer Pflanzenteile

Von

ULRICH KULL

(*Biologisches Institut der Universität Stuttgart*)

(Mit 3 Abbildungen)

(Eingegangen am 24. August 1971)

1. Einleitung

Im Rahmen von Untersuchungen über den Einfluß von Phytohormonen auf die Speicherung in vegetativen Pflanzenteilen haben wir Versuche mit Chlorcholinchlorid = CCC ((2-Chloräthyl)-trimethylammoniumchlorid) ausgeführt. CCC ist als Hemmstoff der Gibberellinbiosynthese anzusehen (NINNEMANN et al. 1964, BRIAN 1966, vgl. aber z. B. REID und CROZIER 1970). Über den Einfluß von CCC auf Speichervorgänge ist nicht sehr viel bekannt. Eine Zusammenfassung der älteren Literatur findet man bei JUNG (1967). Der Einfluß des Hemmstoffes auf die Reservekohlenhydrate ist nur wenig untersucht worden (HALEVY und KESSLER 1963, STODDART 1965, POGOSYAN 1968). Von den Lipiden s. l. vegetativer Pflanzenteile wurde bisher nur das Verhalten von ätherischen Ölen (ABOU-ZIED und SHERBEENY 1971) und der Steroide (BARNES et al. 1969) geprüft. Veränderungen im Stickstoffhaushalt sind verschiedentlich beschrieben worden (z. B. EL-DAMATY et al. 1965, LINSER et al. 1965, STODDART 1965).

Um zu einigermaßen allgemeingültigen Aussagen über die Wirkungen einer CCC-Applikation zu gelangen, ist es erforderlich, Versuchspflanzen verschiedener systematischer Stellung und ökologischer Typen zu untersuchen (vgl. KULL 1970). Außerdem dürfen keine zu hohen Konzentrationen von CCC angewandt werden, da sonst neben dem Effekt auf die Biosynthese von Gibberellinen Hemmwirkungen auf verschiedene Stoffwechselforgänge in Erscheinung treten (vgl. z. B. Diskussion bei KRELLE 1970). Solche unspezifischen Hemmeffekte sind auch *in vitro* nachgewiesen worden, so etwa von FALKNER und MICHL (1969) bezüglich der Glycerinaldehydphosphatdehydrogenase.

2. Material und Methoden

a) Versuchspflanzen

Wie bei unseren sonstigen Versuchen mit Wuchsstoffen (KULL 1970, 1972) wurden folgende Arten zu den Untersuchungen herangezogen: *Coleus blumei* Benth., *Impatiens sultani* Hook., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Populus bal-*

samifera-Bastard (Sorte „Oxford“). Alle Versuchspflanzen wurden im Gewächshaus unter natürlichen Lichtverhältnissen gehalten. Mit *Coleus* und *Populus* wurden je 2 Versuchsserien zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt, um Hinweise auf mögliche jahreszeitlich verschiedene (z. B. durch die Photoperiode bedingte) Wirkungen zu erhalten.

Eine Übersicht der Versuchsreihen und des Einflusses von CCC auf das Längenwachstum der Pflanzen gibt Tabelle 1. In der Regel ist eine Wachstumshemmung festzustellen; diese wurde mit Hilfe des t-Tests auf Signifikanz geprüft (für $\alpha > 1\%$ steht n. s. = nicht signifikant).

Tabelle 1
Übersicht über die Versuchsreihen, den Längenzuwachs der Pflanzen (Kontrollen jeweils = 100 %) und den Signifikanzgrad α der Wachstumshemmung.

Versuchspflanze	Erntezeit	Versuchsreihe	Zahl der Versuchspflanzen bei der Ernte	Zuwachs in %	Signifikanzgrad α
<i>Coleus</i>	Juli	CCC 1	5	75	0,1
		CCC 2	5	70	0,1
		CCC gegoss.	5	62	0,05
	Dezember	CCC 1	8	83	0,5
		CCC 2	7	72	0,1
<i>Impatiens</i>	Dezember	CCC 1	5	86	n. s.
		CCC 2	5	81	n. s.
<i>Lycopersicon</i>	Juli	CCC 1	5	83	0,5
		CCC 2	5	85	0,5
<i>Populus</i>	April	CCC 1	4	nicht gemessen	
		CCC 2	4	"	
	Dezember	CCC 1	4	"	

b) Applikation von CCC

Aufgrund der Befunde von MURASHIGE (1965) schien eine Konzentration von $6 \cdot 10^{-2}$ M CCC überoptimal. Daher verwendeten wir eine um mehr als eine Zehnerpotenz verdünntere Lösung von 500 ppm = $3,16 \cdot 10^{-3}$ M. Das Chlorocholinchlorid stammte von der Firma BASF.

CCC wird den Pflanzen häufig über den Boden zugeführt. Daneben ist auch das Besprühen der Blätter wirksam (TOLBERT 1960 u. a.) und kann sogar günstigere Ergebnisse liefern (WILL 1966, JUNG 1967, ADEDIPE et al. 1968). Eine genaue Dosierung der applizierten Stoffmenge ist auf diesem Weg aber nur schwer möglich. Wir haben CCC über den Vegetationspunkt aufgebracht, nachdem sich in Vorversuchen mit *Coleus* auch bei Anwendung dieser Methode Wachstumshemmungen gezeigt hatten. Auf diesem Wege können definierte Mengen leicht appliziert werden. Außerdem entsprachen die Bedingungen dadurch völlig denjenigen der parallel laufenden Versuchsreihen mit verschiedenen Wuchsstoffen, über die an anderer Stelle berichtet wird (KULL 1972). Die Aufbringung der Lösung auf den Sproßvegetationskegel erfolgte mit einer Mikropipette. Die

Applikation fand fünfmal in wöchentlichem Abstand statt, wobei die Pflanzen jeweils 0,01 bzw. 0,02 ml der Lösung erhielten (Kurzbezeichnung CCC 1 und CCC 2). Die Kontrollen erhielten 0,01 ml Aqua. dest. Drei Wochen nach der letzten Behandlung erfolgten Ernte und Aufarbeitung des Materials.

c) Bestimmung der Inhaltsstoffe

Die Bestimmungen der freien Zucker und der Stärke erfolgten nach früher beschriebenen Methoden (JEREMIAS 1958, 1965; KULL 1965; MCCREADY et al. 1950).

Die Extraktion des Rohfettes wurde mit Chloroform-Methanol nach der Methode von WINTER (1963) durchgeführt, die bereits von BERINGER (1966) auf pflanzliches Material angewendet wurde. Bei den Stecklingen von *Populus balsamifera* erhält man allerdings mit dieser Methode infolge des Gehaltes harzartiger Stoffe außerordentlich hohe Rohfettwerte. Das Rohfett enthält hier auch flüchtige Substanzen. Die Angaben über Rohfettgehalte bei *Populus* sind daher mit Unsicherheit behaftet.

In einigen der Versuchsreihen wurde der verseifbare Anteil des Rohfettes zunächst qualitativ auf seine Fettsäurezusammensetzung durch Gaschromatographie untersucht. Verseifung und Herstellung der Methylester (0,5 M H_2SO_4 /Methanol) erfolgten analog zu der Methode von STÖFFEL et al. (1959). Daten der Gaschromatographie: Gerät Varian-Aerograph 1840-4; Säule: 20' \times 1/8" Stahl, 10% EGSS-X auf 60–80 Chrom WAW-DMCS, Temperatur 185 °C; Detektor: FID, 270 °C; Injektionstemperatur 200 °C; Trägergas: Stickstoff.

Die Identifizierung und quantitative Bestimmung der freien Aminosäuren erfolgte nach der schon früher von uns verwendeten Methode von PORTER et al. (1957; vgl. KULL und HENTSCHEL 1966).

3. Ergebnisse

a) Kohlenhydratgehalte

Die Ernten der *Coleus*-Versuche erfolgten im Juli und Dezember (vgl. Abb. 1a u. b). Untersucht wurden Blätter und Stengel, beim Winterversuch auch die Wurzeln. Im Sommer wurden einige Pflanzen mit CCC-Lösung gegossen, von diesen aber nur die Blätter untersucht. CCC führt in den Blättern zur Zunahme der Mono- wie der Oligosaccharide. Am Anstieg des Gehaltes der letzteren sind Raffinosezucker vor allem im Sommer erheblich beteiligt. Die Stärkemenge wird im Juli nur wenig verändert, im Winter aber stark herabgesetzt. Bei Applikation des CCC über den Boden ist die Wirkung auf die Zuckerspeicherung deutlicher ausgeprägt. Dies dürfte seine Ursache in der wesentlich größeren Menge haben, die in diesem Fall den Pflanzen zugeführt wird. Bemerkenswert ist das Auftreten von Stachyose in meßbarer Menge. Der Gesamtgehalt an Reservekohlenhydraten (berechnet in Monosaccharid-Einheiten) nimmt im Sommer und Winter in etwa gleichem Ausmaß zu. Die Abnahme der Stärkemenge im Dezember wird also durch eine intensivere Zunahme der freien Zucker kompensiert. Stengel und Wurzeln zeigen ein prinzipiell gleichartiges Verhalten, wie aus Abbildung 1 hervorgeht.

Die Ergebnisse der mit *Impatiens* ausgeführten Versuchsreihe sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Zuckermengen nehmen in allen Pflanzenteilen zu. Die Stärkegehalte werden in den Blättern verringert; in den Stengeln und Wurzeln ist ihre Veränderung unbedeutend. Die Zunahme der freien Zucker ist in den

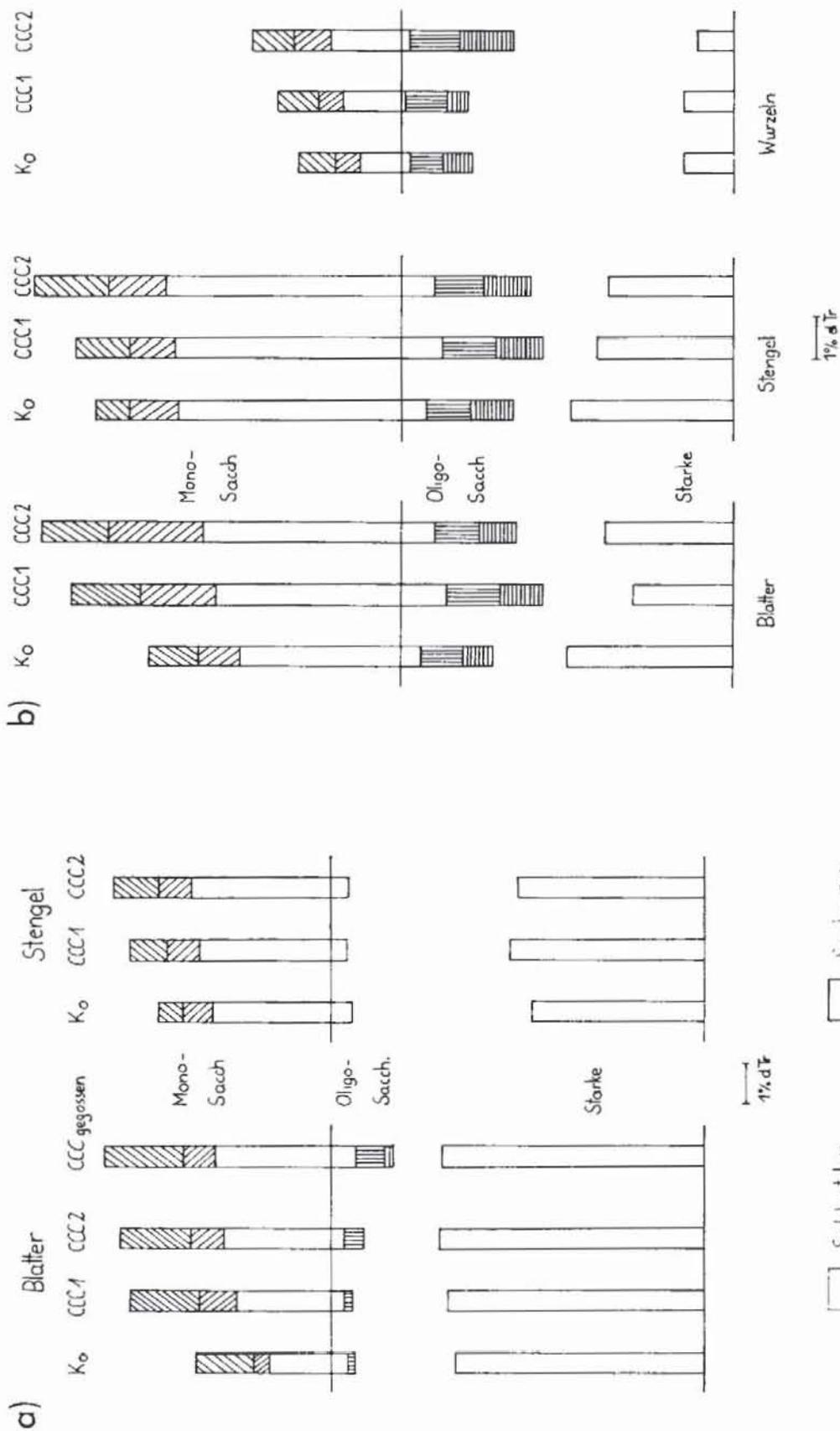


Abb. 1. Verhalten der Kohlenhydrate in vegetativen Teilen von *Coleus blumei* bei Behandlung der Pflanzen mit Chloroäthylchlorid. a) Ernte im Juli; b) Ernte im Dezember. Erläuterungen: Ko = Kontrollpflanzen, CCC 1 = je 0,01 ml CCC-Lösung (500 ppm) appliziert, CCC 2 = je 0,02 ml CCC-Lösung (500 ppm) appliziert, CCC gegessen = Lösung über den Boden zugeführt.

Blättern besonders ausgeprägt, so nimmt etwa die Saccharosemenge von 1,6 % in der Kontrolle auf 4,6 % des Trockengewichts, also nahezu das Dreifache, bei CCC 2 zu.

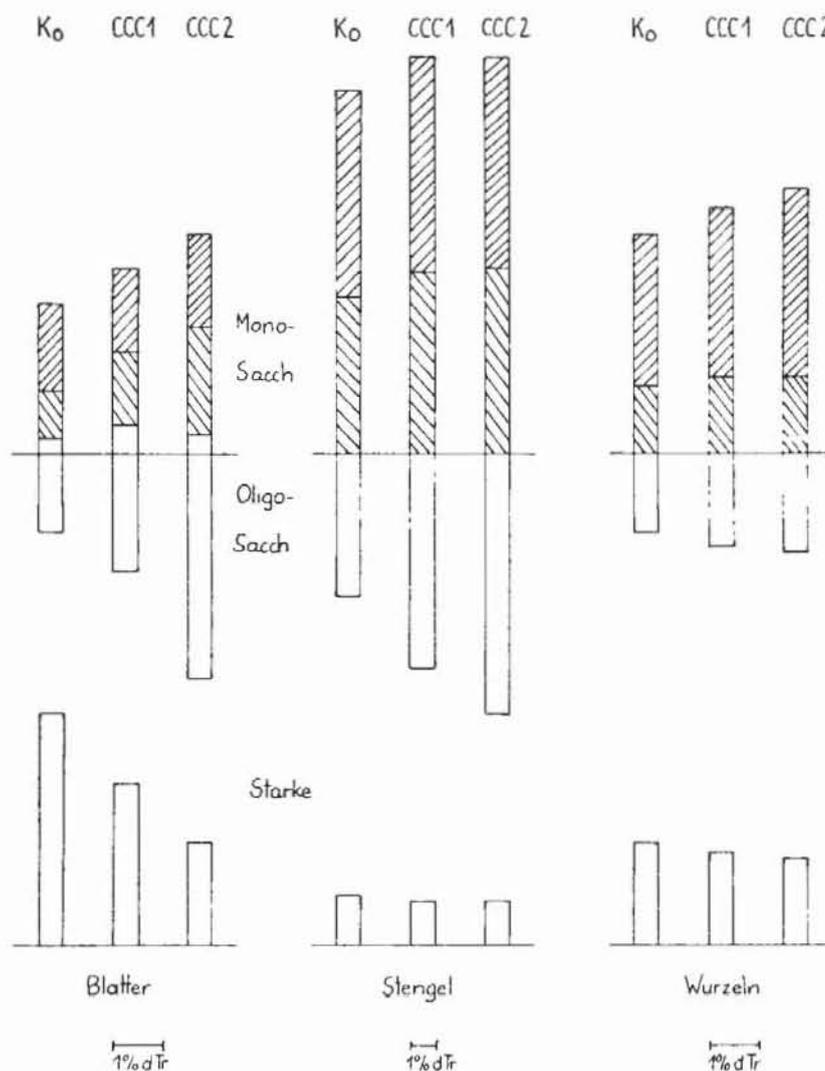


Abb. 2. Verhalten der Kohlenhydrate in vegetativen Teilen von *Impatiens sultani* bei Behandlung der Pflanzen mit Chlorcholinchlorid. Ernte im Dezember. Erläuterungen vgl. Abbildung 1.

Eine Versuchsreihe mit Tomaten (Ernte im Juli) soll nur kurz erwähnt werden. In den Blättern nimmt bei dieser Art der Gehalt an Oligosacchariden, vor allem Saccharose, ab, die Stärkemenge schwach zu. Der Gesamtkohlenhydratgehalt verändert sich dadurch kaum. In den Stengeln steigt dieser dagegen infolge einer starken Mengenzunahme der Zucker an. Die Ergebnisse werden nur im Zusammenhang mit den gleichzeitig ausgeführten Gibberellin-Versuchen voll verständlich und daher an anderer Stelle genauer besprochen (KULL 1972).

Bei den beiden Versuchsserien mit *Populus* im April und Dezember wurden jeweils die Rinden untersucht (vgl. Abb. 3). In beiden Fällen nehmen alle freien Zucker bei CCC-Applikation zu. Der Effekt ist im April und hier bei den Oligosacchariden besonders ausgeprägt. Im Frühjahr kommt es durch CCC zu einer prozentual viel höheren Zunahme der Raffinosezucker als bei der Winterserie. Offenbar führt die Hemmstoffgabe zu Beginn der Hauptwachstumsphase im Zusammenhang mit der Hemmung des Wachstums zu einer Anreicherung der Raffinosezucker. Im November/Dezember, einer Zeit, in der kein Wachstum

erfolgt, bleibt die Wirkung des Chlorcholinchlorids auf die Raffinosezucker-gehalte geringer. Die Gesamtkohlenhydratgehalte nehmen in allen Fällen zu. Bei den Pflanzen der Winterserie, die während der Zeit der CCC-Applikation noch Blätter trugen, könnten dafür Vorgänge im Zusammenhang mit einem Rücktransport aus diesen Organen verantwortlich sein. Die Pflanzen der Aprilserie besaßen während der Applikation jedoch keine Blätter, so daß die Vermehrung der Kohlenhydrate in der Rinde vermutlich mit einer Abnahme anderer, unbekannter Stoffe korreliert ist. Andere Möglichkeiten wären eine verstärkte Photosynthese in den bei den Stecklingen chlorophyllführenden Rinden oder eine merkliche Zufuhr von Kohlenhydraten aus den Wurzeln. Zumindest letzteres erscheint aber wenig wahrscheinlich.

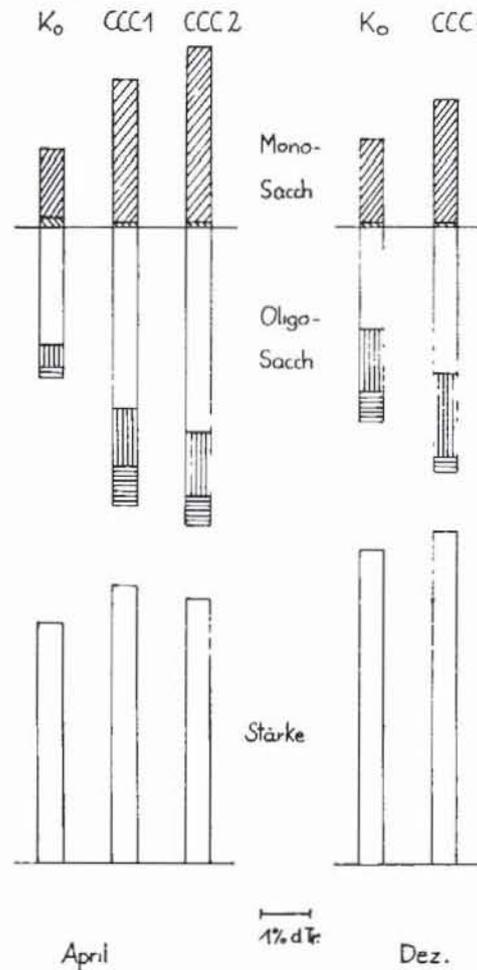


Abb. 3. Verhalten der Kohlenhydrate in Rinden von *Populus balsamifera* bei Behandlung der Pflanzen mit Chlorcholinchlorid. Erläuterungen vgl. Abbildung 1.

b) Rohfettgehalte

Die eben angeführten Überlegungen waren Veranlassung, die Rohfettgehalte zu untersuchen, um Anhaltspunkte für eine denkbare Mengenabnahme von Verbindungen der Lipidgruppe zu erhalten. Die Befunde sind in der Tabelle 2 wiedergegeben.

Bei *Coleus* und *Lycopersicon* treten keine signifikanten Mengenveränderungen ein. In den Pappelrinden finden wir im Dezember eine Vermehrung des Rohfettgehaltes. Im April ist nur bei CCC 2 ein geringer Effekt zu bemerken. Allerdings haben gerade die Versuchsreihen mit *Populus* wegen des hohen Harzgehaltes der Rinden (vgl. bei Methoden) nur beschränkte Aussagekraft. Insoweit

Tabelle 2
Rohfettgehalte nach Applikation von Chlorcholinchlorid
(in Prozent des Trockengewichts)

		Ko	CCC 1	CCC 2
Coleus	Blätter Juli	6,8	7,1	6,9
Lycopersicon	Blätter Juli	5,6	5,7	5,6
Populus	Rinden April	9,0	8,9	9,3
Populus	Rinden Dez.	15,3	17,5	-

die nur stichprobenhaften Daten Schlußfolgerungen zulassen, ist anzunehmen, daß CCC keinen merklichen Einfluß auf den Rohfettgehalt der Pflanzen hat.

Der verseifbare Anteil des Rohfettes von *Populus* wurde gaschromatographisch auf seine Fettsäurezusammensetzung untersucht. Die auftretenden Peaks konnten durch Mitchromatographieren von Bezugssubstanzen nahezu alle zugeordnet werden. Bemerkenswert ist das Vorkommen beträchtlicher Mengen von Margarinsäure (?) (KULL und JEREMIAS, in Vorbereitung). Qualitative Veränderungen treten weder zwischen April und Dezember noch innerhalb der Serien unter dem Einfluß von CCC auf. Die quantitativen Veränderungen unter der Einwirkung des Hemmstoffes, bezogen auf gleiche Gesamtmenge an Verseifbarem, sind relativ gering und sollen noch im einzelnen überprüft werden.

c) Gehalte freier Aminosäuren

Den Einfluß von Chlorcholinchlorid auf Aminosäuregehalte haben wir bei den beiden *Coleus*-Serien untersucht. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3
Gehalte an freien Aminosäuren in Blättern von *Coleus* nach Applikation von Chlorcholinchlorid (in Prozent des Trockengewichts; Sp = Menge < 0,01 %).

Aminosäure	Juli			Dezember		
	Ko	CCC 1	CCC 2	Ko	CCC 1	CCC 2
Alanin	0,12	0,04	0,03	0,10	0,09	0,03
- Aminobuttersäure	0,06	0,02	0,03	0,05	0,03	Sp
Asparaginsäure	0,08	0,03	0,01	0,03	0,04	0,05
Asparagin	-	-	Sp	-	-	-
Glutaminsäure	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02
Glutamin	0,09	0,08	0,09	0,03	0,03	0,01
Leucin/Isoleucin	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03
Lysin/Arginin	Sp	Sp	?	0,02	Sp	0,02
Serin/Glycin	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Threonin	Sp	-	-	Sp	Sp	-
Tyrosin	0,02	Sp	Sp	Sp	Sp	-
Valin	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
Summe:	0,47	0,30	0,24	0,33	0,27	0,20

In beiden Versuchsreihen nimmt die Menge freier Aminosäuren ab. Im Sommer ist der Effekt stärker ausgeprägt. An der Gehaltsverringerung sind Alanin und γ -Aminobuttersäure führend beteiligt.

4. Diskussion

Die Applikation von Chlorcholinchlorid führt in der Regel zu einer Zunahme der Menge löslicher Zucker und des Gesamtkohlenhydratgehaltes. Ähnliches hatten schon STODDART (1965) an *Lolium* und POGOSYAN (1968) an *Vitis* gefunden; diese Autoren hatten jedoch nicht die Mengenveränderungen aller einzelnen Zucker untersucht. Der Effekt des CCC auf die Kohlenhydratspeicherung ist demjenigen von Gibberellin entgegengesetzt. Auf diese Verhältnisse wird an anderer Stelle näher eingegangen (KULL 1972). Die Stärke zeigt in Blättern verschiedentlich erhebliche Gehaltsabnahmen. Dies steht in Einklang mit Daten, die MACCHIA (1967) an Erbsen erhalten hatte. Die Anhäufung von Speicherkohlenhydraten nach Zufuhr von CCC steht sicher in engem Zusammenhang mit der Wachstumshemmung, wie schon STODDART (1965) vermutete. Daneben könnten die Erhöhung des Chlorophyllgehaltes und eine infolgedessen verstärkte Photosynthese von Bedeutung sein (EL-FOULY und ASHOUR 1970).

Die bei *Coleus* und *Populus* untersuchten jahreszeitlichen Unterschiede der CCC-Wirkungen sind gering. Die prozentuale Vermehrung der Zucker ist bei der Pappelrinde im April und bei *Coleus* im Juli höher als im Dezember, d. h. während stärkeren Wachstums der Pflanzen deutlicher ausgeprägt. Da die Versuche im Gewächshaus stattfanden, kann der Temperatur als Faktor keine entscheidende Bedeutung zukommen. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit der Wirkungsintensität von CCC hatten schon CATHEY und STUART (1961) gefunden. Nach CATHEY (1964) soll dabei nicht die Photoperiode, sondern die Lichtintensität ausschlaggebend sein.

In diesem Zusammenhang ist das Verhalten der Raffinosezucker interessant. Es wurde bereits erwähnt, daß deren Anhäufung mit der Wachstumshemmung eng korreliert sein dürfte, da angenommen werden kann, daß diese Galaktosidosaccharosen für Wachstumsvorgänge von besonderer Bedeutung sind (JEREMIAS 1964). Es ist denkbar, daß eine Regulation dabei über die von der Photoperiode abhängige Gibberellinsynthese erfolgt, auf welche das CCC hemmend wirkt. Zur Abklärung dieses Problems sind weitere Versuche erforderlich.

Die Vermehrung der freien Zucker nach Applikation von CCC dürfte mit der mehrfach beobachteten Erhöhung der Dürresistenz (HALEVY und KESSLER 1963, USKOV und PYATYGIN 1969, BADANOVA und LEVINA 1970, ZADONTSEV et al. 1970) und Kälteresistenz (HALEVY und KESSLER 1963, MARTH 1965, MICHNIEWICZ et al. 1965, WUNSCH 1966- ZADONTSEV et al. 1970) in engem Zusammenhang stehen.

Die Veränderungen der Aminosäuregehalte bei *Coleus* stehen in Einklang mit den Literaturangaben über das Verhalten des löslichen Stickstoffs nach CCC-Applikation (EL-DAMATY et al. 1965, LINSER et al. 1965, STODDART 1965). Dagegen finden BOKAREV und IVANOVA (1971) bei Kartoffelblättern eine Zunahme der freien Aminosäuren. Zieht man die zahlreichen Faktoren in Betracht, die auf den Aminosäuregehalt einwirken, so ist das bisher vorliegende Versuchsmaterial zu wenig umfangreich, um daraus allgemeingültige Schlüsse ziehen zu können.

Für die Überlassung von Chlorcholinchlorid danke ich der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Limburger Hof der BASF Ludwigshafen. Ferner habe ich Herrn Regierungsdirektor Dr. G. SCHENKER von der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt für die Überlassung der Pappelstecklinge zu danken.

Zusammenfassung

Jüngeren Pflanzen von *Coleus blumei*, *Impatiens sultani*, *Lycopersicon esculentum* und Stecklingen einer Hybride von *Populus balsamifera* wurde fünfmal in wöchentlichem Abstand eine Lösung (500 ppm) von Chlorcholinchlorid (= (2-Chloräthyl)-trimethylammoniumchlorid) über den Vegetationskegel appliziert. Bei *Coleus* und *Lycopersicon* kam es zu signifikanten Wachstumshemmungen.

Die Mengen der freien Zucker werden in der Regel erhöht. Die Stärkegehalte nehmen in Blättern häufig ab, in anderen Pflanzenteilen werden sie nur wenig beeinflusst. Die Anhäufung von Zuckern steht mit der Wachstumshemmung in Zusammenhang. Dies wird vor allem am Verhalten der Raffinosezucker deutlich. Auf die Gesamtgehalte an Reservekohlenhydraten wirkt CCC in der Regel umgekehrt wie Gibberellin.

Die Gehalte des mit Chloroform-Methanol extrahierbaren Rohfettes der Gewebe ändern sich durch CCC-Applikation nicht wesentlich. Bei Rinden von *Populus* wird die Fettsäurezusammensetzung qualitativ nicht und quantitativ zumindest nicht in erheblichem Maße verändert.

In den Blättern von *Coleus* kommt es nach Applikation von CCC zu einer Abnahme der Gehalte an freien Aminosäuren.

Summary

Chlorocholine chloride (= (2-chloroethyl)-trimethylammonium-chloride) was applied in a solution of 500 ppm to the apex of young plants of *Coleus blumei*, *Impatiens sultani*, *Lycopersicon esculentum*, and cuttings of a hybrid of *Populus balsamifera* in the course of 5 weeks. *Coleus* and *Lycopersicon* showed a significant inhibition of longitudinal growth.

In most cases the application resulted in increasing the contents of all soluble sugars. The amounts of starch in leaves decline, in other parts of the plants there is only little variation. The increase of the contents of storage carbohydrates is suggested to be in close connection with the inhibition of growth. Especially the behaviour of raffinose sugars points to such an explanation.

The contents of crude lipids (extractable with chloroform-methanol) are not altered significantly by CCC. In the bark of *Populus* the composition of the fraction of fatty acids does not change qualitatively.

In leaves of *Coleus* the amounts of free amino acids diminish by application of CCC.

Literatur

- ABOU-ZIED, E. N., and S. S. SHERBEENY, 1971: Z. Pflanzenphysiol. 65, 35.
 ADEDIPE, N. O., D. P. ORMROD, and A. R. MAURER, 1968: Canad. J. Plant Sci. 48, 323.
 BADANOVA, K. A., and V. V. LEVINA, 1970: Fiziol. Rast. 17, 568.
 BARNES, M. F., F. N. LIGHT, and A. LANG, 1969: Planta (Berlin) 88, 172.

- BERINGER, H., 1966: Z. Pflanzenernährg., Düngg., Bodenkde. **114**, 117.
 BOKAREV, K. S., and R. P. IVANOVA, 1971: Fiziol. Rast. **18**, 365.
 BRIAN, P. W., 1966: Intern. Rev. Cytol. **19**, 229.
 CATHEY, H. M., 1964: Ann. Rev. Plant Physiol. **15**, 271.
 — —, and N. W. STUART, 1961: Bot. Gaz. **123**, 51.
 EL-DAMATY, A. H., W. HÖFNER, and K. H. NEUMANN, 1965: Agrochimica (Pisa) **9**, 285.
 EL-FOULY, M. M., and N. I. ASHOUR, 1970: Biochem. Physiol. Pflanzen **161**, 225.
 FALKNER, G., und H. MICHL, 1969: Mh. Chem. **100**, 393.
 HALEVY, A. H., and B. KESSLER, 1963: Nature (London) **197**, 310.
 IEREMIAS, K., 1958: Planta (Berlin) **52**, 195.
 — —, 1964: Bot. Studien (Jena) **15**.
 — —, 1965: Planta (Berlin) **65**, 73.
 JUNG, J., 1967: Naturwissenschaften **54**, 356.
 KRELLF, E., 1970: Biol. Rdsch. (Jena) **8**, 184.
 KULL, U., 1965: Beitr. Biol. Pflanzen **41**, 231.
 — —, 1970: Biochem. Physiol. Pflanzen **161**, 330.
 — —, 1972: Bot. Studien (Jena) **19** (im Druck).
 — —, und G. HENTSCHEL, 1966: Naturwissenschaften **53**, 83.
 LINSER, H., K. H. NEUMANN, and H. EL-DAMATY., 1965: Nature (London) **206**, 893.
 MACCHIA, F., 1967: G. Bot. Ital. **101**, 361.
 MARTH, P. C., 1965: J. Agric. Food Chem. **113**, 331.
 MCCREADY, R. M., J. GUGGOLZ, V. SILVIEIRA, and H. S. OWENS, 1950: Analyt. Chem. **22**, 1156.
 MICHNIEWICZ, M., K. KRIESEL, and B. PURZYCKA, 1965: Acta Soc. Bot. Polon. **34**, 181.
 MURASHIGE, T., 1965: Physiol. Plantarum **18**, 665.
 NINNEMANN, H., J. A. D. ZEEVAART, H. KENDE, and A. LANG, 1964: Planta (Berlin) **61**, 229.
 POGOSYAN, K. S., 1968: Dokl. Akad. Nauk. Arm. SSR **47**, 49; zit. nach C. A. **70**, 76 630 (1969).
 PORTER, A. C., D. MARGOLIS, and P. SHARP, 1957: Contr. Boyce-Thompson Inst. **18**, 465.
 REID, D. M., and A. CROZIER, 1970: Planta (Berlin) **94**, 95.
 STODDART, J. L., 1965: J. exp. Bot. **16**, 604.
 STOFFEL, W., F. CHU, and E. H. AHRENS jr., 1959: Analyt. Chem. **31**, 307.
 TOLBERT, N. E., 1960: Plant Physiol. **35**, 380.
 USKOV, A. I., and A. V. PYATYGIN, 1969: Fiziol. Rast. **16**, 721.
 WILL, H., 1966: Gartenbauwissenschaft **31**, 115.
 WINTER, E., 1963: Z. Lebensmittel-Untersuchg. u. -Forschg. **123**, 205.
 WUNSCH, U., 1966: Naturwissenschaften **53**, 386.
 ZADONTSEV, A. I., G. R. PIKUSH, and A. L. GRINCHENKO, 1970: Nemzetkozi Mezog Szemle **14**, 27; zit. nach C. A. **74**, 75 459 (1971).

Doz. Dr. ULRICH KULL
 Biologisches Institut der Universität
 D 7000 Stuttgart 60
 Ulmer Straße 227