Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 76 (1985)

Heft: 2

Artikel: Untersuchungen über den Einfluss von NTA auf Wachstum und Metallionenresorption von Gerste = Investigations on the influence of NTA on growth and resorption of metal ions in barley plants

Autor: Zehringer, M. / Seiler, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982362

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 156–167 (1985)
Eingegangen 19. Februar 1985. Angenommen 1. März 1985

Untersuchungen über den Einfluss von NTA auf Wachstum und Metallionenresorption von Gerste

Investigations on the Influence of NTA on Growth and Resorption of Metal Ions in Barley Plants

M. Zehringer und *H. Seiler*
Institut für Anorganische Chemie der Universität Basel

Einleitung

Unter den wichtigsten Nährstoffen für die Pflanze: N, P, K, spielt der Stickstoff heute die Hauptrolle. Dies zeigt sich am parallelen Verlauf von Ertragssteigerungen und Stickstoffdüngerverbrauch seit 1956. Der Stickstoffdüngerverbrauch betrug beispielsweise 1974 weltweit 40 Mio Tonnen (1). Als Stickstoffquellen spielen Nitrate, Ammoniumsalze und Harnstoff die Hauptrolle. Auch organische Amine und stickstoffhaltige Chelatoren wie EDTA (Ethylendiamintetraacetat) und NTA (Nitrilotriacetat) sind zu potentiellen Nährstoffen geworden (2). Letzteres ist als Ersatz für Phosphate in Waschmitteln aktuell geworden, die bekanntlich Hauptverursacher der Eutrophierung unserer Gewässer sind (3). In Kanada und Schweden schon vollzogen, in den USA wieder gestoppt, wird auch bereits in der BRD und der Schweiz begonnen, die Polyphosphate wenigstens teilweise durch NTA zu ersetzen. In der BRD halten Wissenschaftler einen NTA-Verbrauch von 1,17 g pro Person und Tag für tolerierbar. Dies entspricht einem ca. 17%igen Ersatz des Phosphates. Ab 1. Januar 1984 wurde in der BRD für eine Wasserhärte von 4 °dH eine obere Grenze von 1,25 g P/l Waschlauge festgelegt (4).

Toxizitätsstudien ergaben eine LD_{50} von 5 g NTA/kg KG für Hund und Affe sowie 1 g NTA/kg KG für die Ratte. Bei Fischen beträgt die LD_{50} 750 mg NTA/kg KG, jedoch konnten bei Konzentrationen von 200 mg NTA/l Wasser keine toxischen Erscheinungen festgestellt werden. NTA soll sogar die Schwermetallresorption bei Fischen senken (5).

Der Mensch resorbiert 12% des oral aufgenommenen NTA. Der Rest wird innerhalb von zwei bis drei Tagen unverändert ausgeschieden. Mutagene Wirkungen konnten bei Na_3NTA nicht nachgewiesen werden (6).

Schon 1972 wiesen *Warren* und *Malec* (7) den totalen Abbau von NTA zu NH_4^+, NO_3^-, CO_2 und H_2O in Gewässern nach. Zwischenprodukte konnten nicht nachgewiesen werden. Hingegen zeigten *Huber* und *Popp* (8), dass der Cd-NTA-Komplex schwer abbaubar ist: 4 mg Cd-NTA/l Laborbelebtschlamm waren nicht abbaubar. Ein Überschuss an Ca-Ionen verdrängte jedoch Cadmium aus der Koordinationssphäre, wodurch das Chelat abbaubar wurde. Schwer abbaubar sollen auch die Komplexe von Cr, Ni, Hg und Zn sein (4).

Andere Probleme bringt NTA für die Landwirtschaft. Nicht zuletzt stellt sich hier die Frage, inwiefern durch Bewässerung und Düngung eingebrachtes NTA einen Einfluss auf die Schwermetallresorption und den Mineralstoffhaushalt von Kulturpflanzen hat. In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirkung von NTA auf die Resorption der toxischen Schwermetalle Cadmium und Blei sowie die Nährstoffaufnahme der Pflanze untersucht. Als Modellpflanze diente Saatgerste, die in reiner Hydrokultur gezogen wurde.

In einem ersten Versuch (A) wurde der Einfluss von NTA auf die oben erwähnten Resorptionen untersucht, indem der Stickstoff der Nährlösung stufenweise durch NTA ersetzt wurde. Aufgrund der hierbei beobachteten Änderungen der Kulturen in Abhängigkeit der NTA-Konzentration stellte sich die Frage, ob die veränderte Aufnahme an Spurenelementen und Nährstoffen nicht lediglich auf das verminderte Stickstoffangebot der Nährlösungen zurückzuführen sei. Daher wurden in einem zweiten Versuch (B) bei Pflanzungen mit konstantem Stickstoffangebot, und zwar in Form von Ammoniumionen, Nitrationen und Harnstoff, unter Zusatz von steigenden Konzentrationen an NTA, die beim Versuch A festgestellten Befunde nochmals untersucht.

Material und Methoden

Pflanzenzucht

Saatgerstenkörner wurden mit dest. Wasser benetzt, desinfiziert und gut abgespült. Unter Belüften wurde die Gerste dann während 24 Stunden in dest. Wasser vorgequollen. Das Wachstum der so vorgekeimten Gerste wurde auf 10 Tage begrenzt, wobei sie während den beiden ersten Tagen zur besseren Keimentwicklung im Dunkeln belassen wurde.

Als Nährmedium für alle Pflanzungen diente eine Nährlösung nach *Hoagland* und *Aaron* (9). Die Konzentration der toxischen Schwermetalle betrug 50 *m*M $Pb(NO_3)_2$ bzw. 10,4 ppm Pb und 5 *m*M $CdSO_4$ bzw. 0,6 ppm Cd. (Abb. 1).

Der Stickstoff wurde in unterschiedlicher Form und Menge je nach Versuch zugesetzt. Die Nährlösungen wurden mit NaOH auf pH = 7 eingestellt. Die Züchtung der Gerste fand im Laboratorium bei ca 20 °C und Tageslicht statt.

Saat- und Erntedaten: Versuch A: 13. 12. 1983 bis 24. 12. 1983
Versuch B: 02. 03. 1984 bis 13. 03. 1984 und
17. 03. 1984 bis 28. 03. 1984

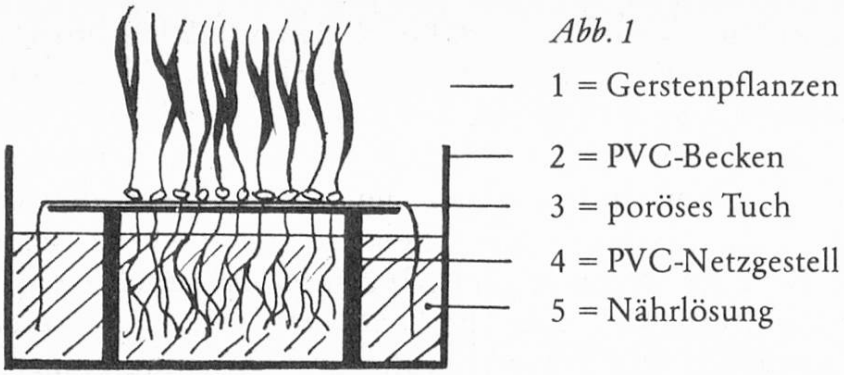

Abb. 1

Versuchsanordnung

Der Flüssigkeitsverlust der Nährmedien wurde während den Versuchen nicht ergänzt. Am 11. Tag wurden die Pflanzungen morphologisch charakterisiert sowie Sprosslänge und Erträge bestimmt. Dann wurde die Gerste in Spross und Wurzeln separiert und für die späteren Analysen tiefgefroren. Die Wurzeln wurden zuvor noch mit dest. Wasser gespült.

Versuch A: In sechs Pflanzungen wurde die Stickstoffabgabe wie folgt variiert:

Nitrat in mM	6,25	5,00	3,75	2,50	1,25	0
NTA in mM	0	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25

Versuch B: In drei Versuchsreihen, in denen alle Nährlösungen 6,25 mM Stickstoff in Form von a) Ammonium, b) Nitrat und c) Harnstoff enthielten, wurde die NTA-Gabe von 0 bis 5 mM variiert.

1 l Nährlösung enthielt 0,128 g KCH_3COO, 0,430 g $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, 0,028 g $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$, 0,126 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 1,48 mg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,14 mg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0,51 mg $MnSO_4 \cdot H_2O$, 3,70 mg KCl, 1,57 mg H_3BO_3, 0,017 mg Na_2MoO_4, 1,4 mg Fe in Form von Sequestren Fe-Ethylendiamindi(orthohydroxyphenylacetat).

Desinfektion der Gerstenkörner: 1%ige NaOCl-Lösung (10).

Stickstoffzusätze: Nitrat wurde als HNO_3, Ammonium als NH_4CH_3COO und Harnstoff als solcher zugesetzt. Das NTA wurde stets als freie Säure H_3NTA (Komplexon I) zugesetzt.

Reinigung der Glaswaren und PE-Flaschen: Vorreinigung mit Netzmittel, Reinigung mit 2M HNO_3 und gründliche Nachspülung mit dest. H_2O.

Probennahme und -vorbereitung

Die aufgetauten Proben wurden gut gemixt (während 5 min mit Stabmixer), dann sechsmal je 3–5 g Probenmaterial (Frischgewicht) zur Mineralisierung in Quarzkolben genau eingewogen.

Die nasse Veraschung erfolgte am Büchi-Digestor 445 während ca. 3 Stunden unter Zusatz von 0,1 ml konz. H_2SO_4 (95–97% Merck) und 2–3 ml konz. HNO_3 (mind. 65% Merck). Das klare Mineralisat wurde jeweils mit dest. H_2O auf 10 ml verdünnt und in PE-Flaschen überführt.

Analysenmethoden

FAAS

Die Messung der Mengenelemente Na, K, Ca und Mg sowie Zn erfolgte mittels Flammenatomabsorptionsspektrometrie (Luft/Acetylen). Die Analysenresultate wurden anhand von Eichkurven ermittelt. Verwendetes Gerät: Pye Unicam SP 2900.

DP-ASV

Blei und Cadmium wurden mit inverser Differential-Puls-Polarographie bestimmt. Als Grundelektrolyt diente 0,2M Acetatpuffer. Zu je 1,65 ml Probenlösung wurden ca. 5 ml Pufferlösung gegeben und wie folgt gemessen: Anreicherungszeit: 4 min bei −900 mV für Cd und −750 mV für Pb (gegen Ag/AgCl). Die Bestimmung erfolgte nach dem Standard-Additionsverfahren mit 10^{-3} bzw. 10^{-4}M Standardlösungen von Cd und Pb. Verwendetes Gerät: Polarecord 626 Metrohm, sitzende Hg-Elektrode und vollautomatisches Probengeber- und Spülsystem.

Stickstoff

Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl. Der Aufschluss der Proben (ca. 2–3 g Frischgewicht) erfolgte während ca. 90 min mit je 15 ml konz. H_2SO_4 und ca. 5 g Missourikatalysator. Der Ammoniak wurde durch Titration mit HCl bestimmt (11, 12).

Die tabellierten Werte für die Metallionen sind Mittelwerte aus 6 Einzelmessungen. Die Stickstoffwerte sind Mittelwerte aus zwei Einzelbestimmungen. Die Blindwerte aller Reagenz- und Gerätekontaminationen sind berücksichtigt.

Resultate und Diskussion

Versuch A

Morphologische Charakterisierung

Im Gegensatz zu den übrigen Pflanzungen weist diejenige mit der höchsten NTA-Konzentration Sprosse von blassgrünem, sprödem Habitus auf. Mit zunehmender NTA-Konzentration in der Nährlösung nimmt der Bewuchs (Ertrag) und die Dichte des Wurzelgeflechts ab, jedoch werden die einzelnen Wurzeln deutlich länger. Auch die Ausbildung von Seitenwurzeln ist bei den NTA-Pflanzen ausgeprägter.

Einfluss von NTA auf verschiedene Parameter

Die Erträge von Spross und Wurzel nehmen mit steigender NTA-Konzentration in der Nährlösung deutlich ab (Tabelle 1). Auch die Wassergehalte von Spross und Wurzel nehmen deutlich ab.

Tabelle 1. Versuch A

NTA mM	Wassergehalt (%)		Erträge (g) FG			Sprosslänge (cm)
	Spross	Wurzel	Spross	Wurzel	Total	
0	92,4	95,1	76	44,5	120,5	16
1,25	92,3	95,2	55	31,5	86,5	16
2,50	92,2	95,1	52,5	30	82,5	15
3,75	91,7	93,6	42	22	64	14
5,00	90,6	94,1	27	17	44	13,5
6,25	89,4	90,4	16,5	11	27,5	12

Zunehmende NTA-Gabe setzt die Stickstoffaufnahme in Spross und Wurzel herab, auch unter Berücksichtigung der Ertragsminderung. Das Verhältnis von Spross zu Wurzel bleibt praktisch konstant. Hieraus lässt sich schliessen, dass der Stickstoff des NTA für die Pflanze nicht verfügbar ist (Tabelle 2).

Tabelle 2. Versuch A: Erträge in g, Trockenmasse und Kjeldahl-Stickstoffgehalte in mg

NTA mM	Kjeldahl-Stickstoff			Ertrag (g)		
	Spross	Wurzel	Total	Spross	Wurzel	Total
0	355,5	93,1	448,6	5,8	2,2	8,0
1,25	276,2	66,4	342,6	4,2	1,5	6,7
2,50	251,3	62,4	313,7	4,1	1,5	5,6
3,75	221,6	52,6	274,2	3,5	1,4	4,9
5,00	142,0	45,6	187,6	2,5	1,0	3,5
6,25	89,4	30,4	119,8	1,7	1,1	2,8

Zunehmende NTA-Konzentration bewirkt eine generelle Abnahme der Calciumgehalte in Spross und Wurzel, wobei das Verhältnis von Spross zu Wurzel nur wenig geändert wird. Die Calciumabnahme ist wesentlich stärker als sie der Ertragsminderung entsprechen würde (Tabelle 3).

Auch beim Magnesium ist in den Wurzeln unter Berücksichtigung des verminderten Ertrages eine deutliche Abnahme der Gehalte zu beobachten.

Tabelle 3. Versuch A: Erträge an Ca, Mg, K

NTA mM	Ca (mg)			Mg (mg)			K (mg)		
	Spross	Wurzel	Total	Spross	Wurzel	Total	Spross	Wurzel	Total
0	6,1	1,3	7,4	6,8	3,9	10,7	213,1	21,3	234,4
1,25	2,7	0,4	3,1	4,2	3,5	7,7	177,8	23,1	200,9
2,50	1,9	0,4	2,3	5,6	2,8	8,4	182,8	23,6	206,4
3,75	1,2	0,3	1,5	3,7	1,1	4,8	150,2	29,4	179,6
5,00	0,6	0,03	0,7	2,0	0,9	2,9	77,1	21,3	98,4
6,25	0,4	0,1	0,5	2,0	0,6	2,6	48,3	21,8	70,1

Im Gegensatz hierzu kann im Spross keine derartige Verminderung festgestellt werden.

Die Kaliumaufnahme wird durch NTA nicht signifikant beeinflusst.

Mit zunehmender NTA-Konzentration in der Nährlösung nimmt die Cadmiumaufnahme stark ab, wobei das Verhältnis der Gehalte in Spross und Wurzel konstant bleibt. Bereits bei der niedrigsten angewendeten NTA-Konzentration nimmt der totale Cd-Gehalt um 66% ab (Tabelle 4).

Tabelle 4. Versuch A: Erträge an Cd, Pb, Zn

NTA mM	Cd (μg)			Pb (μg)			Zn (μg)		
	Spross	Wurzel	Total	Spross	Wurzel	Total	Spross	Wurzel	Total
0	107,4	1021,9	1129,3	13,1	1937,2	1950,3	416,7	220,5	637,2
1,25	42,9	338,7	381,6	40,3	90,6	130,9	239,0	75,3	314,3
2,50	37,3	344,9	382,2	44,9	43,2	88,1	237,3	77,4	314,3
3,75	19,4	132,4	151,8	37,1	27,6	64,7	186,9	51,9	238,8
5,00	6,9	81,2	88,1	30,0	21,4	51,4	136,0	42,0	178,0
6,25	5,6	72,9	78,5	20,2	25,2	45,4	77,1	97,7	174,8

Wie im Falle von Cadmium wird die totale Bleiaufnahme der Pflanzen mit steigender NTA-Gabe stark herabgesetzt. Betrachtet man jedoch Spross und Wurzel getrennt, so zeigt sich, dass die Gehalte der Wurzeln auch unter Berücksichtigung der NTA-bedingten Ertragseinbusse drastisch abnehmen, während bei den Sprossen unter gleichen Aspekten eine deutliche Zunahme der Bleigehalte zu beobachten ist. Bereits bei der niedrigsten NTA-Konzentration der Nährlösung wird die totale Bleiaufnahme um 93% erniedrigt.

Die totale Zinkaufnahme wird mit steigender NTA-Konzentration herabgesetzt. Berücksichtigt man die Ertragsminderung, so nehmen die Zinkgehalte der Sprosse stärker ab als die der Wurzeln.

Versuch B

Morphologische Charakterisierung

Im allgemeinen sind alle Pflanzungen von saftiggrünem Bewuchs mit Ausnahme der beiden Pflanzungen des Harnstoff- und Nitratversuchs mit der grössten NTA-Konzentration. Bei letzteren sind blassgrüne, spröde Sprosse zu beobachten. Die Zahl der Seitenwurzeln nimmt mit steigender NTA-Gabe in allen drei Versuchsreihen deutlich zu. Die Ammonium- und Harnstoffpflanzen besitzen einen lockeren Wurzelbewuchs mit langen, ineinander verflochtenen Wurzelbüscheln. Hingegen zeigen alle Nitratpflanzen ein dichtes Wurzelgeflecht mit relativ kurzen Wurzeln.

Einfluss von NTA auf verschiedene Parameter

Die Erträge von Spross und Wurzel nehmen erst bei der höchsten NTA-Konzentration in der Nährlösung merklich ab (Tabelle 5). Die Wassergehalte zeigen mit steigender NTA-Gabe abnehmende Tendenz.

Tabelle 5. Versuch B: a) Ammonium-, b) Nitrat- und c) Harnstoffdüngung

NTA mM		Wassergehalt % Spross	Wurzel	Ertrag (g) FG Spross	Wurzel	Total	Sprosslänge (cm)
0	a	90,7	94,8	66	59	125	18
	b	92,1	96,9	78	85,5	163,5	18
	c	90,8	95,2	82	75	157	19
1,25	a	90,7	94,8	69	63,5	132,5	18,5
	b	90,1	96,6	78	83	161	17
	c	91,3	95,2	84	83	167	18,5
2,50	a	90,5	94,6	69	55	124	19
	b	92,7	95,4	103	73	176	19
	c	90,7	94,4	78	71	149	18
5,00	a	90,5	94,1	58	40	98	18
	b	91	93,4	66	33	99	17
	c	89,8	93,8	54	53	107	16,5

Die totale *Stickstoffaufnahme* der Pflanzungen wird bei Nitrat- und Ammoniumdüngung durch NTA nicht signifikant beeinflusst. Bei Harnstoffdüngung wird hingegen die totale Stickstoffaufnahme etwas reduziert, wobei unter Berücksichtigung der Ertragsminderung zu beobachten ist, dass die Gehalte der Wurzeln mit steigender NTA-Konzentration zunehmen, die der Sprosse jedoch vermindert werden (Tabelle 6).

Tabelle 6. Versuch B: Erträge in g, Trockenmasse und Kjeldahl-Stickstoffgehalte in mg; a) Ammonium-, b) Nitrat-, c) Harnstoffdüngung

NTA mM		Kjeldahl-Stickstoff Spross	Wurzel	Total	Ertrag (g) Spross	Wurzel	Total
0	a	394,0	98,5	492,5	6,1	3,1	9,2
	b	365,0	94,0	459,0	6,2	2,7	8,9
	c	541,2	102,7	643,9	7,6	3,6	11,2
1,25	a	457,5	97,2	554,7	6,4	3,0	9,4
	b	363,5	99,6	463,1	7,7	2,8	10,5
	c	494,8	132,0	626,8	7,3	4,0	11,3
2,50	a	424,4	109,5	553,9	6,5	2,9	9,4
	b	425,2	109,5	534,7	7,5	3,4	10,9
	c	513,2	89,5	602,7	7,3	4,0	11,3
5,00	a	395,0	86,4	481,4	5,5	2,4	7,9
	b	361,0	85,1	446,1	5,9	2,2	8,1
	c	341,8	112,9	454,7	5,5	3,3	8,8

In allen drei Versuchen nimmt mit steigender NTA-Gabe der totale *Calciumgehalt* der Pflanzen ab, gleichermassen in Spross und Wurzel. Diese Tendenz ist im Falle der Ammoniumnährlösungen bei den Wurzeln weniger ausgeprägt, jedoch nimmt der prozentuale Calciumanteil im Spross leicht ab. Wird in den Nährlösungen Nitrat bzw. Harnstoff als Stickstofflieferant verwendet, so kann keine Veränderung des Verhältnisses zwischen Spross- und Wurzelkonzentrationen festgestellt werden. In allen drei Versuchen ist die Calciumabnahme grösser als sie der Ertragsminderung entsprechen würde (Tabelle 7).

Beim *Magnesium* ist bei den Versuchen mit Nitrat und Ammonium erst bei der höchsten NTA-Konzentration eine Verminderung des totalen Gehalts feststellbar, jedoch zeigen die Gehalte der Wurzeln abnehmende Tendenz mit steigender NTA-Konzentration. Beim Versuch mit Harnstoff wird hingegen eine deutliche Abnahme des totalen Magnesiumgehalts erhalten. Auch unter Berücksichtigung der Ertragseinbussen ist eine Abnahme der Magnesiumkonzentration in den Wurzeln feststellbar.

Kalium zeigt in den Pflanzungen mit Nitrat- und Harnstoffdüngung keine signifikante Beeinflussung der Gehalte in Wurzel und Spross durch NTA. Lediglich in den Wurzeln der Ammoniumpflanzungen ist eine deutliche Zunahme des Kaliumgehaltes festzustellen. Die im totalen Kaliumgehalt zu beobachtende Abnahme mit steigender NTA-Gabe ist im wesentlichen auf den verminderten Ertrag zurückzuführen.

Tabelle 7. Versuch B: Erträge an Ca, Mg, K
a) Ammonium-, b) Nitrat-, c) Harnstoffdüngung

NTA mM		Ca (mg) Spross	Wurzel	Total	Mg (mg) Spross	Wurzel	Total	K (mg) Spross	Wurzel	Total
0	a	14,6	2,1	16,7	10,3	3,1	13,4	190,2	23,3	213,5
	b	9,1	5,1	14,2	9,6	4,6	14,2	210,1	20,5	230,6
	c	29,3	3,7	33,0	16,6	5,0	21,6	230,1	22,0	252,1
1,25	a	13,4	2,4	15,8	10,8	1,7	12,5	201,4	22,9	224,3
	b	4,9	3,3	8,2	9,7	4,9	14,6	202,9	22,7	225,6
	c	19,3	4,1	23,4	15,0	2,7	17,7	216,2	24,7	240,9
2,50	a	5,1	2,2	7,3	12,9	1,7	14,6	206,2	24,0	230,2
	b	7,5	2,9	10,4	12,3	2,8	15,1	184,5	20,2	204,7
	c	19,8	3,5	23,3	14,5	2,0	16,5	226,4	21,0	247,4
5,00	a	3,4	1,4	4,8	10,5	1,3	11,8	173,4	28,1	201,5
	b	2,1	1,6	3,7	8,3	1,4	9,7	158,1	14,6	172,7
	c	9,9	2,3	12,2	10,0	1,6	11,6	198,0	21,7	219,7

Die Aufnahme von *Cadmium* wird im allgemeinen durch NTA schon bei kleiner Konzentration, unabhängig von der Form des angebotenen Stickstoffs, stark gehemmt (Wurzel, Spross und total). Das Verhältnis der Gehalte Spross/Wurzel zeigt dabei eine leicht zunehmende Tendenz bei Stickstoffgaben in Form von Ammonium und Harnstoff mit steigender NTA-Konzentration, während im Fall der Nitratdüngung eine derartige Tendenz nicht zu beobachten ist (Tabelle 8).

Ein von der Cadmiumaufnahme vollkommen verschiedenes Verhalten ist hingegen bei *Blei* zu beobachten. Obgleich die totale Aufnahme der Pflanze an Blei in Anwesenheit von NTA drastisch vermindert wird, nehmen die Gehalte im Spross mit steigender NTA-Gabe zu. Eine Ausnahme zeigt sich beim Versuch mit Harnstoff als Stickstofflieferant: Hier ist auch im Spross eine drastische Abnahme der Pb-Gehalte mit zunehmender NTA-Konzentration zu beobachten, wobei das Verhältnis der Gehalte von Spross zu Wurzel praktisch unverändert bleibt.

Die Beurteilung der *Zinkaufnahme* muss in differenzierter Weise erfolgen. In den Wurzeln ist generell eine Verminderung der Zinkaufnahme mit steigender NTA-Konzentration zu beobachten. Es zeigt sich, dass bei der Ammoniumdüngung die stärkste Beeinflussung bereits bei 1,25 mM NTA, bei Harnstoff bei 2,5 mM NTA und bei Nitrat bei 5 mM NTA erfolgt. Berücksichtigt man die Erträge, so kann festgestellt werden, dass durch die höchste NTA-Konzentration die Zinkaufnahme in den Wurzeln in allen drei Zuchtversuchen um einen Faktor zwei vermindert wird. Bei den Versuchen mit Ammonium und Nitrat als Stickstofflieferanten sind mit steigender NTA-Konzentration zunehmende Zinkgehalte im

Tabelle 8. Versuch B: Erträge an Cd, Pb, Zn
a) Ammonium-, b) Nitrat-, c) Harnstoffdüngung

NTA mM		Cd (µg) Spross	Wurzel	Total	Pb (µg) Spross	Wurzel	Total	Zn (µg) Spross	Wurzel	Total
0	a	79,3	609,0	688,3	44,7	1393,1	1437,8	232,1	186,7	418,8
	b	76,3	743,0	819,3	13,3	2197,8	2211,1	364,5	264,1	628,6
	c	65,6	743,8	809,4	45,4	1386,5	1431,9	501,2	327,7	828,9
1,25	a	13,4	136,2	149,6	71,4	178,1	249,5	194,9	111,5	306,4
	b	30,5	354,7	385,2	61,2	303,3	364,5	326,9	238,2	565,1
	c	39,2	357,1	396,3	10,2	514,9	525,1	518,4	514,9	1033,3
2,50	a	19,8	109,4	129,2	112,6	170,6	283,2	299,5	90,3	389,8
	b	49,2	459,0	508,2	101,3	251,2	325,5	502,3	251,7	754,0
	c	22,1	136,2	158,3	11,2	214,5	225,7	476,2	199,6	675,8
5,00	a	20,5	89,4	109,9	55,9	70,1	126,0	355,2	75,5	430,7
	b	14,8	129,3	144,1	90,3	214,4	314,7	404,5	116,0	520,5
	c	24,6	133,6	158,2	8,1	209,4	217,5	353,8	152,8	506,6

Spross zu beobachten. Im Gegensatz dazu steht die Zinkaufnahme bei der Harnstoffdüngung, bei welcher der Zinkgehalt im Spross abnimmt. Berücksichtigt man die Erträge der Pflanzungen, so zeigt es sich, dass der Gehalt an Zink im Spross im Falle von Harnstoff von der niedrigsten zur höchsten NTA-Gabe praktisch unverändert bleibt, während bei den Versuchen mit Ammonium und Nitrat mit steigender NTA-Konzentration eine Zunahme der Zinkgehalte festgestellt wird.

Zusammenfassung

Aus diesen Untersuchungen wird ersichtlich, dass bereits relativ niedrige Konzentrationen an NTA in Nährlösungen zur Aufzucht von Gerste sowohl das Wachstum als auch die Aufnahme verschiedener Metallionen beeinflussen.

Versuch A zeigt, dass der Stickstoff aus NTA für die Pflanzen nicht verfügbar ist. Bereits substöchiometrische Konzentrationen an NTA reduzieren die Aufnahme von Calcium erheblich. Schon bei niedriger NTA-Konzentration wird die Aufnahme von Cadmium in Wurzel und Spross stark vermindert, hingegen ist unter gleichen Bedingungen bei Blei eine deutliche Zunahme der Gehalte im Spross festzustellen, obwohl die Gehalte in den Wurzeln ebenfalls abnehmen.

Versuchsreihe B zeigt, dass auch bei ausreichendem Stickstoffangebot die in Versuchsreihe A festgestellten Effekte von NTA wirksam sind, d. h. dass diese nicht auf ungenügen-

des Nährstoffangebot und damit verbundene Schwächung der Pflanzen zurückzuführen sind. Bezüglich der Beeinflussung der Aufnahme von Ca und Cd durch NTA konnte keine Abhängigkeit von der Art der Stickstoffverbindungen in den Nährlösungen festgestellt werden. Hingegen zeigte sich, dass die Aufnahme von Pb im Spross bei Harnstoff als N-Lieferant deutlich erniedrigt wird.

Diese Untersuchungen zeigen, dass in Anwesenheit von NTA die Aufnahme sowohl von Mengen- als auch Spurenelementen durch Pflanzen beeinflusst werden kann.

Résumé

Les expériences effectuées démontrent que le nitrilotriacetate (NTA), ajouté en petite quantité aux solutions nutritives de cultures d'orge, a une certaine influence sur la croissance des plantes et la résorption des ions métalliques.

Dans une première étude (A) on constate que l'azote provenant du NTA n'est pas disponible pour les plantes. Le même, présent en petite quantité, diminue énormément l'assimilation du calcium. La résorption du cadmium par les racines et les pousses est également très fortement diminuée. Par contre, pour le plomb on constate que sa teneur augmente, quoique dans les racines elle soit aussi réduite considérablement.

L'étude B montre des effets comparables, même lors d'apport en azote suffisant, c'est-à-dire qui ne sont pas le résultat d'une alimentation insuffisante ayant pour conséquence un affaiblissement des plantes. A propos de l'influence du NTA sur l'assimilation du calcium et du cadmium on n'a trouvé aucune relation due à la forme de l'azote offert dans les solutions nutritives. Au contraire, les teneurs en plomb sont réduites dans les pousses, si la source en azote est l'urée.

Les investigations décrites démontrent qu'il y a une certaine relation entre le NTA dans les solutions de nutrition et l'assimilation des éléments nutritifs et des éléments traces.

Summary

These investigations show that even low concentrations of NTA in nutrition solutions for barley cultures influence the plant growth and uptake of several metal ions.

A first study (A) proved that nitrogen from NTA is not available for plants. Already substoichiometrical quantities of NTA lower strongly the uptake of Ca. These low concentrations of NTA also reduce the uptake of Cd in root and shoot. By the same conditions, Pb, however, shows a clear increase in shoot contents, though the contents in roots are reduced.

In the second study (B) it could be proved that there was no obvious change in the influence of NTA on metal ions when nitrogen was given in sufficient quantities. So the effects of NTA are not produced by unsufficient nutrition supply. Ca and Cd uptake by barley didn't show any change related to the form of applied nitrogen. Only urea as nitrogen source lowered the content of Pb in the shoots of barley plants.

These investigations show that NTA in nutrition solutions influence the uptake of macro- as well as micronutrients.

Literatur

1. *Hardy, R. W. F.* and *Havelka, U. D.:* Nitrogen fixation research: A key to world food? Science **188**, 633–643 (1975).
2. *Isermann, K.:* Neuentwicklungen aus der Düngemittelforschung. Chemie in unserer Zeit **13**, 129–138 (1979).
3. *Schindler, D. W.:* Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management. Science **184**, 897–899 (1974).
4. *Kral, W. A.:* NTA – künftiges Waschmittel-Phosphatsubstitut? Chem. Rundschau **37**, Nr. 4 (1984).
5. *Martell, A. E.:* The influence of natural and synthetical ligands on the transport and function of metal ions in the environment, Pure Appl. Chem. **44**, 81–113 (1975).
6. Umweltverhalten von NTA. BASF Techn. Information, Sept. 1982.
7. *Warren, C. B.* and *Malec, E. J.:* Biodegradation of NTAcid and related imino and amino acids in river water. Science **176**, 277–280 (1972).
8. *Huber, W.* und *Popp, K. H.:* Der biologische Abbau der NTA in Gegenwart von Cadmium-Ionen. Fette, Seifen, Anstrichmittel **74**, 166–168 (1972).
9. *Epstein, E.:* Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. John Wiley and Sons, New York 1972.
10. *Lee, R. B.:* Selectivity and kinetics of ion uptake by barley plants following nutrient deficiency. Ann. Botany **50**, 429–451 (1982).
11. Büchi Laboratoriumstechnik AG: Stickstoffinformation Nr. 1.
12. *Ugrinovits, M.:* Kjeldahl-N-determinations with various catalysts. Intern. Laboratory, April 1982.

M. Zehringer
PD. Dr. H. Seiler
Institut für Anorganische Chemie
Universität Basel
Spitalstrasse 51
CH-4056 Basel