

Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys* L.

V. Gehalt an organischem Stickstoff, Nitrat und Asche

Von

Reinhard Bornkamm

I. Einleitung

Im Rahmen der ökologischen Untersuchungen an *Chenopodium botrys* (Einführung bei SUKOPP 1971) wurde ein Kulturversuch mit verschiedenen Bodenarten, Feuchtigkeits- und Lichtverhältnissen angelegt. Bestimmt wurden die Stoffproduktion und die Wuchsform und Verteilung der Trockensubstanz auf die verschiedenen Teile der Pflanze (ZIMMERMANN 1971) sowie Größen des Wasserhaushalts (DE SANTO VIRZO 1971) in den einzelnen Teilgliedern des Versuchs. Um zu prüfen, ob die Versuchsbedingungen auch Änderungen in der chemischen Zusammensetzung bewirken, wurde ein Teil des für die Trockensubstanzbestimmung benutzten Materials auf organischen Stickstoff, Nitrat- und Aschegehalt untersucht. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen soll in der vorliegenden Arbeit berichtet werden.

Fräulein URSULA HENNIG danke ich für die sorgfältige, selbständige Ausführung der Analysen, Frau Dr. S. ZIMMERMANN für Überlassung des Materials.

II. Methodik

Die Anlage des Versuches ist bei ZIMMERMANN beschrieben. Verwendet wurde Material von 1 m² großen Parzellen mit einer Abstufung der Außenfaktoren, die in Tabelle 1 aufgeführt ist. Die Beleuchtungsstärke wurde durch Schattierleinen, die Feuchtigkeit durch mehr oder weniger häufiges Gießen und das Substrat durch Hinzufügen von Mörtel zu einigen der je 1 m² großen Versuchsflächen verändert. Der pH-Wert der Sandflächen betrug $6,53 \pm 0,03$, der mit Mörtel versehenen Flächen $7,53 \pm 0,04$. (Näheres siehe bei ZIMMERMANN 1971.) Das Saatgut stammt von einer großen Pflanze und wurde am 10. April 1968 ausgesät. Die Ernte der Pflanzen erfolgte Mitte August bis Anfang September, zu Beginn der Samenreife.

Zumeist ist es bei Produktionsbestimmungen vor allem bei Wurzeln schwierig, das Material von anhaftendem Schmutz zu befreien. In vorliegendem Falle erwies sich, daß insbesondere die Sprosse — wegen ihres Besatzes mit klebrigen Drüsenhaaren — noch beträchtliche Mengen von Sand enthielten. Alle Proben wurden daher der Sandbestimmung nach HERRMANN (1951, S. 29/30) unterworfen. Die korrigierten, hier als Bezugsgrößen benutzten Werte des Trockengewichts weichen damit etwas von den Werten bei ZIMMERMANN ab, verändern aber nicht die dort beobachteten Tendenzen, die Angaben über statistische Sicherung und die Schlußfolgerungen. Das Material von sechs Parzellen wurde in Sproß und Wurzel aufgeteilt. Bei den übrigen wurde das Sproßmaterial weiter

Tabelle 1
Anlage des Versuches.

Beleuchtungsstärke	Feuchtigkeit	Substrat	Flächen Zahl der	Abkürzung
100 %	feucht	Sand	2	B ₀ F ₂ S
100 %	mittel	Sand	1	B ₀ F ₁ S
100 %	trocken	Sand	1	B ₀ F ₀ S
100 %	feucht	Sand + Kalkmörtel	2	B ₀ F ₂ K
100 %	mittel	Sand + Kalkmörtel	1	B ₀ F ₁ K
100 %	trocken	Sand + Kalkmörtel	2	B ₀ F ₀ K
40,5 %	(mittel)	Sand	2	B ₁ S
40,5 %	(mittel)	Sand + Kalkmörtel	2	B ₁ K
18,6 %	(mittel)	Sand	2	B ₂ S
18,6 %	(mittel)	Sand + Kalkmörtel	2	B ₂ K

untergliedert: In sieben Fällen in Blätter und Sproßachse im vegetativen Bereich sowie Fruchtstände, in vier Fällen in Hauptsprosse und Seitensprosse (in zwei Fällen fehlten die Fruchtstände als Material für die Analyse).

N wurde nach der Mikro-Kjeldahl-Methode bestimmt. Es wurde unterschieden zwischen in 17,5 % Trichloressigsäure (TES) löslichem Stickstoff (Protein-N). Nitrat wurde nach HAAR (1961) mit Xylenol bestimmt, jedoch wurden auch einige Kontrollbestimmungen nach STÖCKER (1968) vorgenommen. Der Rohaschegehalt wurde durch zweistündiges Erhitzen der Proben bei 500 °C ermittelt.

Mittels Varianzanalyse bzw. durch Vergleich von Mittelwerten wurde geprüft, ob sich zwischen den Feuchtigkeitsstufen, Lichtstufen und Substraten gesicherte Unterschiede ergeben und ob sich verschiedene Teile der Pflanzen unterschiedlich verhalten.

III. Ergebnisse

1. Stickstoffgehalt

a) Pflanzenteile

Beim Vergleich der einzelnen Teile der Pflanzen (Tab. 2) fällt zunächst auf, daß der Sproß wesentlich mehr N enthält als die Wurzeln. Beim Protein-N liegen die Werte nahezu doppelt so hoch, beim löslichen N sogar mehr als doppelt so hoch. Bei näherer Analyse der Sprosse zeigt sich, daß in den Blättern der lösliche N sehr gut gesichert, der Gesamt-N gut gesichert und der Protein-N schwach gesichert höher liegt als in den Sproßachsen. Der lösliche N liegt in den Blättern auch gut gesichert höher als in den Fruchtständen, jedoch enthalten die Fruchtstände sehr gut gesichert mehr Protein-N und Gesamt-N als die Blätter. Alle drei Fraktionen sind in den Fruchtständen sehr gut gesichert stärker vertreten als in den Sproßachsen. Zwischen den Hauptsprossen und den Seitensprossen bestehen keine nachweisbaren Unterschiede. Somit erweisen sich die Fruchtstände mit den Samen als N-reichste Teile, gefolgt von den Blättern sowie den Sproßachsen, die aber noch deutlich mehr N enthalten als die Wurzeln.

Der Anteil des löslichen Stickstoffs am Gesamt-N ist hoch in Blättern und Sproßachsen, niedriger in den Fruchtständen und besonders niedrig in den Wurzeln.

Tabelle 2

Vergleich des N-Gehaltes einzelner Teile der Pflanzen.

a) Vergleich von Sproß und Wurzel (17 Proben); b) Vergleich von Blättern und Sproßachsen (7 Proben); c) Vergleich von Blättern und Fruchtständen (5 Proben); d) Vergleich von Fruchtständen und Sproßachsen (5 Proben); e) Vergleich von Haupt- und Seitensprossen (4 Proben).

nPN = Nichtprotein-N, PN = Protein-N, GN = Gesamt-N, jeweils in Prozent des Trockengewichtes; %nPN = Nichtprotein-N in Prozent des Gesamt-N.

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

N-Gehalte								Statistische Sicherung der Differenz		
nPN	PN	GN	% nPN	nPN	PN	GN	% nPN	nPN	PN	GN
a) Sproß				Wurzel						
0,052	0,241	0,293	17,6	0,022	0,135	0,157	13,7	***	***	***
b) Blätter				Sproßachsen						
0,085	0,285	0,370	23,1	0,049	0,175	0,224	21,8	***	**	**
c) Blätter				Fruchtstände						
0,087	0,298	0,385	22,5	0,074	0,356	0,430	17,3	**	*	*
d) Fruchtstände				Sproßachsen						
0,074	0,356	0,430	17,3	0,050	0,176	0,226	22,1	***	***	***
e) Hauptspresse				Seitensprosse						
0,046	0,212	0,258	17,7	0,050	0,231	0,281	17,9	—	—	—

b) Feuchtigkeitsstufen

Mittelwerte für die drei Feuchtigkeitsstufen sind in Tabelle 3A angeführt. Die Unterschiede, die in einzelnen Fällen auftreten, lassen sich nicht statistisch sichern. Daraus ist zu schließen, daß die Feuchtigkeitsbehandlungen des Versuchs sich nicht auf den N-Gehalt der Pflanzen ausgewirkt haben.

c) Beschattung

Deutlichere Unterschiede ergeben sich bei verschiedenen Beleuchtungsstufen. Bei den Sprossen nimmt in den Sandkulturen Gesamt-N und Protein-N sehr gut gesichert, der lösliche Stickstoff schwach gesichert ab (Abb. 1). Diese Abnahme ist in den Kulturen auf Sand mit Kalkmörtelzusatz nicht zu erkennen. Bei den Wurzeln hingegen nehmen alle N-Fractionen (mit Ausnahme des löslichen N bei den Pflanzen mit Kalkzusatz) mit steigender Beleuchtungsstärke ab (Abb. 2).

d) Substrat

Durch die Zugabe von Mörtel zum Sand ergaben sich bei den Pflanzen in vollem Tageslicht erhöhte N-Gehalte der Wurzeln, wie aus Tabelle 3B zu ersehen ist, jedoch keine Unterschiede in den Sprossen. In den Beschattungsversuchen treten aber neue Unterschiede auf (Abb. 1, Abb. 2). Der Anstieg des N-Gehaltes mit der Beschattung war auf Sand markanter als auf Sand und Mörtel.

Tabelle 3

Gesamt-N, Nitrat- und Aschegehalt der Pflanzen in vollem Tageslicht in Abhängigkeit von den übrigen Versuchsbedingungen in Prozent des Trockengewichts (Abkürzungen siehe Tabelle 2, Seite 58). Statistische Sicherung: * $0,01 < p < 0,02$; ** $0,001 < p < 0,002$.

	Sproß : N-Gehalt			Nitrat		Wurzel : N-Gehalt			Nitrat	
	nPN	PN	GN	%nPN	Asche	nPN	PN	GN	%nPN	Asche
A. Feuchtigkeitsstufen										
Feucht	0,050	0,225	0,275	18,3	0,11	0,021	0,117	0,138	15,3	0,04
Mittel	0,045	0,220	0,265	16,8	0,11	0,017	0,112	0,129	13,5	0,035
Trocken	0,051	0,197	0,248	20,5	0,085	0,019	0,114	0,133	14,0	0,025
Statistische Sicherung	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. Substrat										
Sand	0,049	0,211	0,260	18,9	0,10	0,015	0,096	0,111	13,6	0,035
Sand + Kalkmörtel	0,049	0,217	0,266	18,5	0,10	0,023	0,130	0,153	14,8	0,03
Statistische Sicherung	—	—	—	—	—	*	**	**	—	—

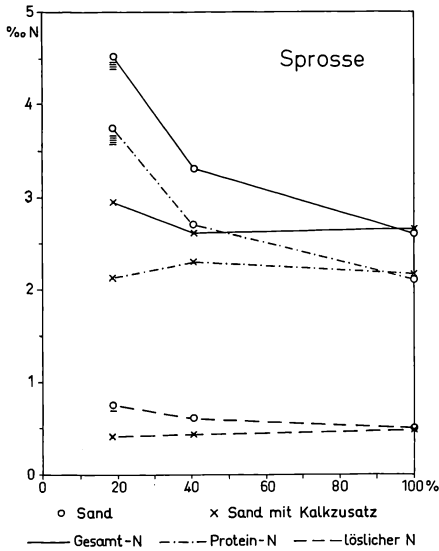


Abb. 1. N-Gehalt der Sprosse von *Chenopodium botrys* in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (statistische Sicherung der Gesamtdifferenz: — $p < 0,05$; = $p < 0,02$; ≡ $p < 0,01$; ≡ $p < 0,002$; ≡ $p < 0,001$).

Daher waren die N-Gehalte der Sprosse bei beiden Beschattungsversuchen, die der Wurzeln wenigstens bei der stärksten Beschattungsstufe auf Sand höher als bei Zusatz von Kalkmörtel.

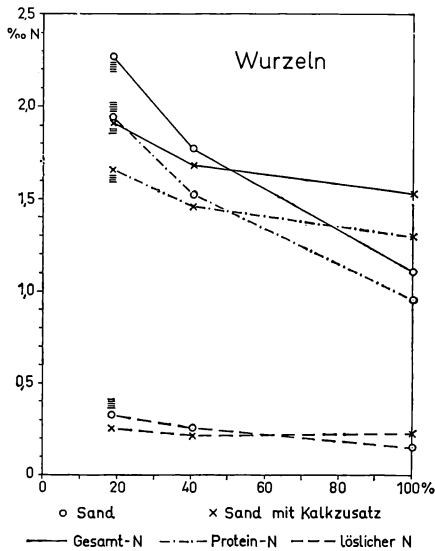


Abb. 2. N-Gehalt der Wurzeln von *Chenopodium botrys* in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (zur Angabe der statistischen Sicherung siehe Abbildung 1).

2. Nitratgehalt

a) Pflanzenteile

Alle Teile der *Chenopodium*-Pflanzen enthalten gewisse Mengen von Nitrat. Wie beim Gehalt an organischem Stickstoff war der Gehalt der Sprosse höher als der der Wurzeln. Scheinbare Unterschiede zwischen den oberirdischen Fraktionen ließen sich nicht statistisch sichern.

b) Versuchsbedingungen

Zwischen den Feuchtigkeitsstufen (Tab. 3A) und den beiden Substraten (Tab. 3B) treten keine Unterschiede auf. Beschattung steigerte den Nitratgehalt der Sandkulturen. Die Steigerung ist für die Wurzeln sehr gut, für die Sprosse schwach gesichert und verläuft damit parallel zur Steigerung des Gehalts an organischem Stickstoff (Abb. 3).

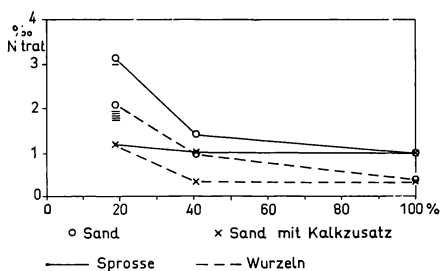


Abb. 3. Nitratgehalt von *Chenopodium botrys* in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (zur Angabe der statistischen Sicherung siehe Abbildung 1).

3. Aschegehalt

a) Pflanzenteile

Beim Gehalt an Rohasche waren die Unterschiede zwischen Sprossen und Wurzeln noch bedeutend größer als beim Gesamt-N- und Nitrat-Gehalt. Den höchsten Gehalt wiesen die Blätter auf, die sich von den Sproßachsen signifikant unterscheiden. Das entspricht der Erwartung. Auch der Wert für die Seitensprosse ist dank ihres großen Blattanteils relativ hoch.

b) Versuchsbedingungen

Keine der angewandten Versuchsbedingungen wirkte sich signifikant auf den Gehalt an Rohasche aus. Das ist für die Feuchtigkeitsstufen aus Tabelle 3A und für die Substrate aus Tabelle 3B zu entnehmen. Für die Beleuchtungsstufen ergaben sich bei 100 %, 41 % bzw. 19 % des Tageslichts für die Sprosse 18,9 %, 14,6 % bzw. 19,9 % Asche und für die Wurzeln 6,1 %, 6,8 % bzw. 5,7 % Asche. Auch hier bestehen keine deutlichen Unterschiede.

IV. Diskussion

Zur Beurteilung des ökologischen Verhaltens einer Art wird häufig die Substanzproduktion einer Art als Trockengewicht oder Frischgewicht gemessen. Um etwas weitergehende Aussagen machen zu können, wurde *Chenopodium botrys* auf seinen Gehalt an organischem N (Protein-N und löslichem N) sowie an Nitrat und Rohasche untersucht. Zwei Fragen standen dabei im Vordergrund

des Interesses: 1. Die Verteilung der Substanzen auf die verschiedenen Teile der Pflanze, 2. die Auswirkungen verschiedener Beschattungsstadien, Feuchtigkeitsstufen und Substrate in dem bereits von DE SANTO (1971) und ZIMMERMANN (1971) dargestellten Versuch.

Zwischen den Pflanzenteilen ergaben sich wesentliche Unterschiede, die weitgehend der Erwartung entsprechen. Sowohl für den löslichen N als auch den Protein-N und Gesamt-N ergibt sich folgende Reihenfolge:

Blätter > Fruchtstände > Sprossachsen > Wurzeln. Daß bei den Blättern der Anteil des löslichen Stickstoffs relativ hoch war, könnte darauf zurückzuführen sein, daß die Pflanzen erst zum Zeitpunkt der beginnenden Samenreife geerntet wurden. Im Herbst pflegt auch sonst der Anteil des Nicht-Protein-N zuzunehmen (z. B. BORNKAMM & BENNERT 1971), und der Protein-N abzunehmen (TAVANT 1967). Alle N-Gehalte liegen im übrigen bei dieser Pflanze relativ niedrig. Auch der Gehalt an Nitrat und Rohasche war in den Sprossen wesentlich höher als in den Wurzeln. Auch hier entspricht es der Erwartung, daß sich die Blätter durch einen besonders hohen Aschegehalt auszeichnen.

Von den Versuchsbedingungen wirkten sich die Feuchtigkeitsstufen auf keinen der gemessenen Werte aus. Die drei Behandlungen waren einander offenbar zu ähnlich bzw. nicht repräsentativ für die Wasserbedingungen, da Beziehungen zwischen Wasserhaushalt und N-Gehalt durchaus bestehen (siehe BORNKAMM & SUKOPP 1971). Auch andere Versuche mit Unkräutern bei sehr stark abgestuften Wasserabgaben hatten erhebliche Unterschiede gebracht (BORNKAMM 1970). Deutlicher waren die Einwirkungen der Beleuchtungsstärke. In den Wurzeln nahmen fast alle N-Faktoren mit zunehmender Beleuchtung auf beiden Substraten ab. In den Sprossen nahmen sie nur auf Sand ab, doch war dort zugleich auch eine Abnahme des Nitratgehaltes zu beobachten. In dieser Frage gibt es in der Literatur unterschiedliche Befunde. Bei Mais hat man ein Abnehmen des Proteingehaltes (und der Nitratreduktase-Aktivität) mit zunehmender Beschattung gefunden (ZIESERL, RIVENBARK & HAGEMAN 1963, HAGEMAN, FLESHER & GITTER 1961). Bei *Trifolium repens* nahm der Gesamt-N und der wasserunlösliche N mit der Beschattung ab, der wasserlösliche Stickstoff zu; bei mehreren Weidegräsern Neuseelands und weiteren Leguminosen lagen alle N-Fractionen im Schatten meist höher (BATHURST & MITCHELL 1958). Bei diesen Pflanzen war der Anteil des löslichen N am Gesamt-N im Schatten höher. Das trifft für *Chenopodium botrys* nicht zu. Die Zahlen lauten für 100 %, 41 % bzw. 19 % des Tageslichtes 18,4 %, 17,3 % bzw. 16,2 % bei den Sprossen und 14,1 %, 13,0 % bzw. 13,8 % bei den Wurzeln. Eine Einhelligkeit ist kaum zu erwarten, da der N-Gehalt zweifellos nicht von einem einzelnen Faktor gesteuert wird. Solange noch zu wenig über Zusammenhänge zwischen Außenfaktoren und chemischer Zusammensetzung bekannt ist, muß auf eine spekulative Deutung der Ergebnisse verzichtet werden.

Das gilt auch für die Wirkung der beiden Substrate. Die Zugabe von Kalkmörtel zum Sand machte sich in erhöhten Gehalten aller N-Fractionen, aber nur in den Wurzeln bemerkbar. Immerhin scheinen sich reichere Standorte durch höhere N-Gehalte der Pflanzen auszuzeichnen (vgl. HÖHNE 1962, 1963, DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET 1963). Nitrat- und Aschegehalt wurden vom Substrat nicht beeinflusst.

Zusammenfassung

Es wird berichtet über die Auswirkungen, die Veränderungen der Beleuchtungsstärke (19 %, 41 %, 100 %), der Bodenfeuchtigkeit und des Substrats (Sand

mit und ohne Zusatz von Kalkmörtel!) auf den Gehalt TES-löslichen N, Protein-N, Nitrat und Asche in *Chenopodium botrys* hat.

Literatur

- BATHURST, N. O., & K. J. MITCHELL, 1958: The effect of light and temperature on the chemical composition of pasture plants. New Zealand J. Agric. Res. 1, 540—552.
- BORNKAMM, R., 1970: Über den Einfluß der Konkurrenz auf die Substanzproduktion und den N-Gehalt der Wettbewerbspartner. Flora 159, 84—104.
- —, & W. BENNERT, 1971: Chemical composition of plants of the field layer. Preliminary report. Ecological Studies. Analysis and Synthesis. Vol. 2, 57—60.
- —, H. SUKOPP, 1971: Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys*. VI. Die ökologische Konstitution. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 108, 64—74.
- DE SANTO-VIRZO, A., 1971: Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys*. IV. Wasserhaushalt. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 108, 37—55.
- DUVIGNEAUD, P., & S. DENAYER-DE SMET, 1963: Distribution de certains éléments minéraux (K, Ca et N) dans les tapis végétaux naturels. Bull. Soc. Bot. France Physiol. Vég. 8, 1—8.
- HAAR, R., 1961: Ein Beitrag zur Bestimmung des Nitratgehaltes in Pflanzensubstanzen mit 3,4-Xylenol. Gartenbauwiss. 26, 321—330.
- HAGEMAN, R. H., D. FLESHER & A. GITTER, 1961: Diurnal variation and other light effects influencing the activity of nitrate reductase and nitrogen metabolism in corn. Crop Sci. 1, 201—204.
- HERRMANN, R., 1951: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). Radebeul und Berlin.
- HÖHNE, H., 1962: Vergleichende Untersuchungen über Mineralstoff- und Stickstoffgehalt sowie Trockensubstanzproduktion von Waldbodenpflanzen. Arch. Forstwesen 11, 1085—1141.
- —, 1963: Der Mineralstoff- und Stickstoffgehalt von Waldbodenpflanzen in Abhängigkeit vom Standort. Arch. Forstwesen 12, 791—805.
- SUKOPP, H., 1971: Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys* I. Verbreitung und Vergesellschaftung. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 108, 3—25.
- STÖCKER, G., 1968: Zur kombinierten Bestimmung pflanzenverfügbaren NH_4 und NO_3 mit der Mikrodiffusionsmethode bei synökologischen Untersuchungen. Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch. 8, 309—314.
- TAVANT, H., 1967: Modifications chimiques accompagnant la sénescence des végétaux supérieurs. Ann. Sci. Univ. Besançon, 3. Sér. Bot. fasc. 4, 37 bis 43.
- ZIESERL, J. F., W. L. RIVENBARK, & R. H. HAGEMAN, 1963: Nitrate reductase activity, protein content and yield of four maize hybrids at varying plant populations. Crop Science 3, 27—32.
- ZIMMERMANN-JAEGER, S., 1971: Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys*. III. Substanzproduktion und Wuchsform in Abhängigkeit von Beleuchtungsstärke, Feuchtigkeit und Substrat. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 108, 29—36.