

Biochemische Anpassung von Gundermann (*Glechoma hederacea* L.) an variable Ernährung mit Ammonium und Nitrat

Horst SCHULZ

2 Abbildungen und 4 Tabellen

Abstract

SCHULZ, H.: Biochemical adaption of Ground Ivy (*Glechoma hederacea* L.) on variable nutrition with ammonium and nitrate. - Hercynia N. F. 54/1(2021): 65 – 75.

A pot experiment with ¹⁵N-labelled ammonium chloride or potassium nitrate fertilizer was carried out with *Glechoma hederacea* and *Urtica dioica* plants of a floodplain under controlled greenhouse conditions. Both plants were tested using characteristics of nitrogen metabolism to identify differences in uptake rates of ammonium and nitrate, turnover rates of amino acids and protein-N. In addition, dry matter of various plant parts was examined. The results show that *G. hederacea* and *U. dioica* responded with comparable uptake rates of ammonium or nitrate, however differ in their turnover rates of glutamine and arginine. While *G. hederacea* responded with preferred high turnover rates of glutamine, *U. dioica* exhibited moderate turnover rates of the amino acid as well as of protein upon of nitrate uptake in all plant parts. It is of importance for the adaption strategy of *G. hederacea* that *G. hederacea* unlike *U. dioica* accumulates surplus nitrogen in form of glutamine in tillers in order to produce new shoots. Subsequently, cover ratios, shoot length, dry matter and contents of glutamine, arginine as well as protein-N were compared of *G. hederacea* in presence of various nitrophile plant species of herb layer in floodplains.

Key words: Ammonium, Nitrat, N-Aufnahme, Aminosäuren, Protein-N, Biomasse

1 Einleitung

Gundermann (*Glechoma hederacea*) ist eine krautige Pflanze, die in Gemeinschaft mit anderen Krautpflanzen besonders auf feuchten, nährstoffreichen und kalkhaltigen Böden in Flussniederungen anzutreffen ist (HUTCHINGS & PRICE, 1999). Durch oberirdische Ausläufer kann sich *Glechoma hederacea* leicht in Pflanzengesellschaften ausbreiten, wenn gleich der Hauptspross durch eine geringe Wuchshöhe und damit einem geringeren Lichtangebot gegenüber höher wachsenden Konkurrenten eher benachteiligt zu sein scheint. An solche Umweltbedingungen kann sich das Kraut aber anpassen, indem es das Wachstum von Blättern länger anhält, wobei die Blattflächen größer und die Blattstiele kleiner ausgebildet werden. Dennoch stellt sich die Frage, inwieweit *Glechoma hederacea* trotz dieser morphologischen Anpassungsstrategien noch über weitere Fähigkeiten verfügt, wodurch sie sich so erfolgreich gegenüber anderen Pflanzen der Krautschicht behaupten und fortpflanzen kann. Neben den bereits erwähnten morphologischen Besonderheiten sollte das Kraut noch über weitere Merkmale, zum Beispiel in der Aufnahme von Stickstoff (N) und im N-Stoffwechsel verfügen, die zu ihrer

Anpassungsfähigkeit an wechselnde Nährstoffbedingungen in Form von Ammonium und/oder Nitrat beitragen. Ziel dieser Untersuchungen war es daher, nach Merkmalen auf biochemischer Ebene zu suchen, die diese Pflanze so anpassungsfähig in Gesellschaft mit anderen Pflanzenarten der Krautschicht macht. Auch aus medizinischer Sicht macht sich Gundermann einen Namen durch wertvolle Inhaltsstoffe, die u.a. antibakterielle, antioxidative (KUMARASAMY et al. 2002) und entzündungshemmende Wirkungen haben (AN et al. 2006).

Die biochemischen Untersuchungen zur N-Aufnahme und N-Verwertung wurden im Gewächshaus mit kultivierten Stecklingen durchgeführt. Einbezogen wurde auch Brennnessel (*Urtica dioica*) sowie Untersuchungen an verschiedenen nitrophilen Pflanzenarten im Freiland, um charakteristische Merkmale von *Glechoma hederacea* zu vergleichen.



Abb. 1 Stecklinge von Gundermann (*Glechoma hederacea* L.) kultiviert im Gewächshaus auf Quarzsand in Kick-Brauckmann Gefäßen. Oben links: Dünger-Stufe: 211,08 mg N im NH_4Cl . Oben rechts: 211,08 mg N im KNO_3 . Unten: Spross: Stängel (Hauptachse), Blätter, Wurzelansätze und Ausläufer).

Fig. 1 *Glechoma hederacea* L. plants cultivated in greenhouse on quartz sand in Kick-Brauckmann pots. Above left: Fertilizer variant: 211.08 mg N in NH_4Cl . Above right: 211.08 mg N in KNO_3 . Below: Shoot: stem, leaves, small roots and tiller.

2 Material und Methoden

2.1 Anzucht der Versuchspflanzen

Für die experimentellen Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen im Kaltgewächshaus wurden Stecklinge von Gundermann (*Glechoma hederacea* L.) und Brennessel (*Urtica dioica* L.) im Biosphärenreservat Mittlere Elbe aus einem Eichen-Auenwald an der Einmündung der Saale in die Elbe (51°57'15"N, 11°54'57"E) entnommen. Weitere Angaben zum Testgebiet sind bei FROHNE & RINKLEBE (2013) zu finden. Die Kultivierung der Stecklinge erfolgte auf Quarzsand in Kick-Brauckmann Gefäßen (9,5 kg pro Gefäß) bei 12,5 % Wassergehalt (Abb. 1). In jedes Gefäß wurden 5 Stecklinge in 3-facher Wiederholung eingesetzt. Zur Kultivierung der Pflanzen wurden als Grunddüngung 200 mg Ammoniumnitrat-N (NH_4NO_3) mit 9500 g Quarzsand vermischt und 3 ml A-Z-Lösung nach Hoagland (HOGLAND and SNYDER 1934) gegeben. Der Wassergehalt in den Gefäßen wurde durch Differenzwägung kontrolliert. Nach Überwinterung und Anwuchs erfolgte im Frühjahr bei Vollentwicklung der Pflanzen die Applikation von Ammoniumchlorid (NH_4Cl) und Kaliumnitrat (KNO_3) mit jeweils 10 Atom-% ^{15}N im Ammonium oder im Nitrat in zwei Versuchsanstellungen: Versuch I: 105,59 und 211,08 mg N_t (einzeln im NH_4Cl oder KNO_3) und Versuch II: 211,08 mg N_t kombiniert NH_4Cl mit KNO_3 im anteiligen Verhältnis zwischen 0,062 bis 0,8 (NH_4N) bzw. 0,199 bis 0,937 (NO_3N). Der Dünger wurde in 50 ml destilliertem Wasser unter Verwendung einer Spritze in den Quarzsand injiziert. Geerntet wurden die Pflanzen 21 Tage nach der Dünger-Gabe getrennt nach Wurzeln, Ausläufern, Stängel (Hauptachsen) und Blättern, wobei die Pflanzenteile pro Gefäß zu einer Mischprobe vereinigt wurden.

2.2 Freilanduntersuchungen

Zum Vergleich der an Gundermann und Brennessel experimentell erzielten Ergebnisse wurden biochemische Merkmale sowohl an Gundermann (*Glechoma hederacea* L.) und Brennessel (*Urtica dioica* L.) als auch an verschiedenen anderen Pflanzenarten der Krautschicht im Freiland erhoben: Knoblauchsrauke (*Alliaria petiolata* M. Bieb.) Großes Springkraut (*Impatiens noli-tangere* L.), Katzenschwanz (*Leonuris marrubiastrum* L.) und Große Klette (*Arctium lappa* L.). Die Deckungsgrade der Pflanzen wurden nach einer prozentualen Deckungsgradskala in Stufen von 0-5, 6-20, 21-40, 41-75 und 76-100% auf einer Fläche von 1 m² geschätzt. Nach Vermessung der Sprosslängen wurden die oberirdischen Biomassen geerntet und die Gesamt-Trockenmassen bestimmt.

2.3 Analytik

Für die Aufarbeitung des Pflanzenfrischmaterials wurde ein Teil der Proben entsprechend der verschiedenen durchzuführenden chemischen und biochemischen Analysen entweder für die Analyse von Gesamtstickstoff (N_t), Tracer-Stickstoff (^{15}N -Häufigkeit) und Nicht-Protein-N (NPN) zur Bestimmung von Protein-N bei $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ getrocknet oder es wurden die frischen Pflanzenteile sofort nach der Ernte in Flüssig-Stickstoff für die Analyse der Aminosäuren Glutamin (Gln), Asparagin (Asn) und Arginin (Arg) eingefroren. Die Bestimmung von N_t und NPN erfolgte nach HUHNS & SCHULZ (1996) und die ^{15}N -Häufigkeiten mit dem Elementaranalysator (Vario EL), gekoppelt mit einem Massenspektrometer (RUSSOW & GOETZ 1998). Die Aminosäuren wurden nach Aufarbeitung des eingefrorenen Frischmaterials mit der Hochleistungs-Flüssig-Chromatographie (HPLC System, Merck) nach HUHNS & SCHULZ (1996) bestimmt. Zur Analyse der Chlorophylla-Gehalte in Blättern wurde Frischmaterialpulver mit Aceton extrahiert und spektralphotometrisch nach LICHTENTHALER & WELLBURN (1983) bestimmt. Die Trockenmassen (TM) der einzelnen Pflanzenteile wurden als Summe aus den Trockenmassen der verschiedenen aufgearbeiteten Teilproben bestimmt.

2.4 Berechnungen der Dünger-Aufnahmeraten und Biomarker-Umsatzraten

Für die Berechnung der Dünger-Aufnahmeraten ($\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$) wurde eine modifizierte Formel nach FAUST et al. (1981) verwendet:

$$\text{N-Aufnahmerate (mg N pro g TM und Tag)} = (((15 * (a - a_0) * \text{N\%} * \text{TM}) / (1400 + a)) * 10 * 9,54) / (\text{TM} * d).$$

a - ^{15}N -Häufigkeit (Atom-%); a_0 - natürliche ^{15}N -Häufigkeit (0,366 Atom-%); d - Tage von Versuchsstart bzw. Dünger-Applikation bis Pflanzenernte; N% - N-Gehalt in Prozent; TM - Trockenmasse (g)

Für die Berechnung der Umsatzraten (Aminosäuren und Protein-N) wurde folgende Formel verwendet:

$$\text{Umsatzrate (\mu g bzw. mg pro g TM und Tag)} = \text{Aminosäure-Gehalt (\mu g) bzw. Protein-N-Gehalt (mg)} \\ \text{im ungedüngten Pflanzenteil (Kontrolle) minus Gehalt bei Ernte/Tage (d) von Versuchsstart bis} \\ \text{Versuchsende.}$$

2.5 Statistik

Die Prüfung signifikanter Unterschiede Gesamt-Trockenmassen und Dünger-Aufnahmeraten, Umsatzraten von Aminosäuren sowie Protein-N zwischen den Dünger-Varianten und Pflanzenarten erfolgte einzeln mittels parameterfreien Mann-Whitney U-Test (Statistica, Vers. 8.0, StatSoft, Hamburg).

3 Ergebnisse

3.1 Trockenmassen von Blättern, Stängeln, Wurzeln und Ausläufern

Die Mittelwerte der Gesamt-Trockenmassen verschiedener Pflanzenteile (Blätter, Stängel, Wurzeln und Ausläufer) von Gundermann und Brennnessel sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Bei Düngung mit Ammoniumchlorid (NH_4Cl) oder Kaliumnitrat (KNO_3) zeigen die Trockenmassen (TM) verschiedener Pflanzenteile signifikante Unterschiede zwischen den Düngerstufen (105,59 bzw. 211,08 mg N und zwischen den beiden Pflanzenarten. Während die TM von Gundermann und Brennnessel bei allen Pflanzenteilen mit ansteigender Düngerstufe von NH_4Cl abnehmen, nehmen diese bei KNO_3 deutlich zu. Das zeigt sich äußerlich bei Gundermann auch in der Ausbildung größerer Blätter mit einer intensiveren Blattfarbe (Abb.1). Entsprechend enthalten die Blätter bei Düngung mit KNO_3 Chlorophylla-Gehalte von $5,17 \pm 0,05 \text{ mg g}^{-1} \text{ TM}$, während bei Düngung mit NH_4Cl nur $3,88 \pm 0,02 \text{ mg g}^{-1} \text{ TM}$ gemessen werden. Interessant ist auch, dass im Gegensatz zu den Blättern die TM der Stängel und Wurzeln beider Pflanzenarten sich signifikant unterscheiden. Die TM von Gundermann sind in beiden Pflanzenteilen immer geringer als in Brennnessel.

Tab. 1 Gesamt-Trockenmassen (Mittelwerte \pm SD) verschiedener Pflanzenteile von *Glechoma hederacea* und *Urtica dioica* bei Applikation von 105,59 mg N im NH_4Cl oder KNO_3 sowie 211,08 mg N im NH_4Cl oder KNO_3 . Unterschiedlich kleine Buchstaben (a, b) zwischen den Zeilen stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Dünger-Stufen. Unterschiedlich große Buchstaben (A, B) zwischen den Spalten stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0,05$).

Table 1 Total dry matter (Means \pm SD) of various plant parts of *Glechoma hederacea* and *Urtica dioica*. Fertilizer application: 105.59 N or 211.08 mg N (NH_4Cl or KNO_3). Different lower case letters (a, b) within the rows represent statistically significant differences between the fertilizer levels. Different upper case letters (A, B) within the columns represent statistically significant differences between the plant species (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0.05$).

Art	Gesamt-Trockenmassen (g)			
	NH_4Cl		KNO_3	
	105,59 mg N		211,08 mg N	
Blatt				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	6,92 \pm 0,6 (a, A)	7,58 \pm 0,4 (a, A)	4,46 \pm 0,4 (b, A)	8,03 \pm 0,7 (a, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	6,07 \pm 0,5 (a, A)	7,10 \pm 0,4 (a, A)	3,80 \pm 0,3 (b, A)	9,30 \pm 0,7 (b, A)
Stängel				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	1,27 \pm 0,2 (a, A)	1,82 \pm 0,3 (a, A)	0,72 \pm 0,1 (b, A)	2,30 \pm 0,2 (b, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	2,61 \pm 0,3 (a, B)	3,36 \pm 0,4 (a, B)	0,95 \pm 0,1 (b, B)	5,39 \pm 0,4 (b, B)
Ausläufer				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	2,90 \pm 0,3 (a)	2,70 \pm 0,3 (a)	1,49 \pm 0,1 (b)	4,90 \pm 0,3 (b)
Wurzel				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	1,80 \pm 0,3 (a, A)	3,10 \pm 0,4 (a, A)	1,78 \pm 0,2 (a, A)	3,23 \pm 0,3 (a, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	4,76 \pm 0,3 (a, B)	4,51 \pm 0,3 (a, B)	1,72 \pm 0,1 (b, A)	7,28 \pm 0,6 (b, B)

Tab. 2 Dünger-Aufnahmeraten (Mittelwert \pm SD) in verschiedenen Pflanzenteilen von *Glechoma hederacea* und *Urtica dioica* bei Applikation von 105,59 mg N im NH_4Cl und KNO_3 sowie 211,08 mg N im NH_4Cl und KNO_3 . Unterschiedlich kleine Buchstaben (a, b) zwischen den Zeilen stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Dünger-Stufen. Unterschiedlich große Buchstaben (A, B) zwischen den Spalten stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0,05$).

Table 2 Uptake rates of fertilizer (Means \pm SD) of various plant parts of *Glechoma hederacea* and *Urtica dioica*. Fertilizer application: 105.59 N or 211.08 mg N (NH_4Cl or KNO_3). Different lower case letters (a, b) within the rows represent statistically significant differences between the fertilizer levels. Different upper case letters (A, B) within the columns represent statistically significant differences between the plant species (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0.05$).

Art	Dünger-Aufnahmeraten (mg N _i pro g TM * Tag)			
	NH_4Cl		KNO_3	
	105,59 mg N		211,08 mg N	
Blatt				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,59 \pm 0,026 (a, A)	0,48 \pm 0,032 (a, A)	1,10 \pm 0,041 (b, A)	0,88 \pm 0,036 (b, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	0,51 \pm 0,028 (a, B)	0,34 \pm 0,031 (a, B)	1,28 \pm 0,036 (b, B)	0,64 \pm 0,034 (b, B)
Stängel				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,27 \pm 0,021 (a, A)	0,25 \pm 0,023 (a, A)	0,81 \pm 0,043 (b, A)	0,47 \pm 0,025 (b, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	0,28 \pm 0,028 (a, A)	0,22 \pm 0,034 (a, A)	0,87 \pm 0,034 (b, A)	0,42 \pm 0,044 (b, A)
Ausläufer				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,29 \pm 0,022	0,24 \pm 0,019	0,94 \pm 0,036	0,37 \pm 0,023
Wurzel				
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,22 \pm 0,023 (a, A)	0,15 \pm 0,017 (a, A)	0,40 \pm 0,045 (b, A)	0,28 \pm 0,021 (b, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	0,31 \pm 0,026 (a, B)	0,23 \pm 0,021 (a, B)	0,85 \pm 0,044 (b, B)	0,35 \pm 0,023 (b, B)

3.2 N-Aufnahme in Blättern, Stängel, Wurzeln und Ausläufer

Die Mittelwerte der Dünger-Aufnahmeraten in verschiedenen Pflanzenteilen (Blätter, Stängel, Wurzeln und Ausläufer) von Gundermann sind zusammen mit Brennnessel in Tabelle 2 zusammengestellt. Vergleichbar zu den Trockenmassen zeigen sich auch bei Düngung mit Ammoniumchlorid (NH_4Cl) oder Kaliumnitrat (KNO_3) in Abhängigkeit von der Düngerstufe und zwischen den beiden Pflanzenarten signifikante Unterschiede in den Dünger-Aufnahmeraten. Dabei ist die N-Aufnahme in Blättern von Gundermann deutlich höher als bei Brennnessel, nicht aber in Stängel und in Wurzeln. Bei der höheren Düngerstufe von 211,08 mg N beider Düngerformen ist die N-Aufnahmerate sowohl bei Gundermann als auch bei Brennnessel teilweise mehr als doppelt so hoch. Werden beide Düngerformen zusammen appliziert, steigt die N-Aufnahmerate bezogen auf den Anteil von NH_4N - als auch von NO_3N -Anteil bezogen auf Gesamt-N linear an (Abb. 2). Dabei erreichen die Aufnahmeraten in Blättern und Stängel von Gundermann optimale Werte um $1,0 \text{ mg N g}^{-1} \text{ TM}^* \text{ Tag}$ bei einem relativen N-Anteil bis 0,8, fallen aber bei gleichen N-Anteilen von 1,0 im Gesamtdünger wieder auf ein Niveau um $0,4$ bis $0,2 \text{ mg N g}^{-1} \text{ TM}^* \text{ Tag}$ ab. Eine ähnliche Tendenz zeigen auch die N-Aufnahmeraten in den Ausläufern und Wurzeln. Allerdings bei geringeren Optima um $0,6$ bzw. $0,4 \text{ mg N g}^{-1} \text{ TM}^* \text{ Tag}$.

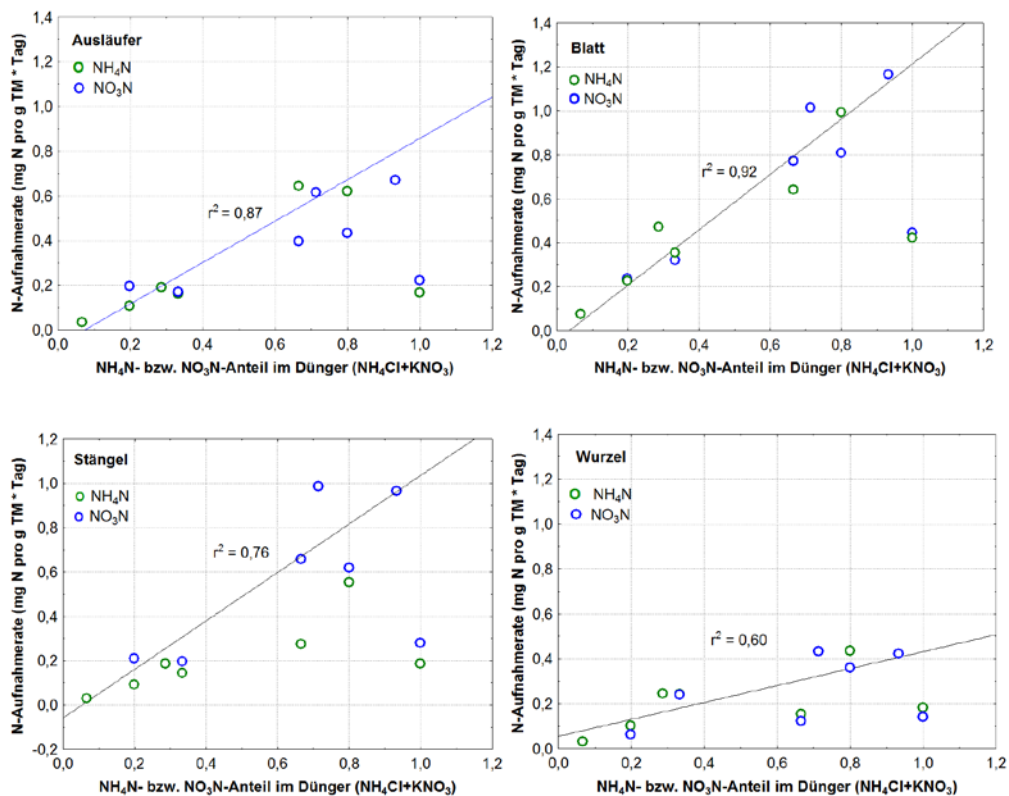


Abb. 2 N-Aufnahmeraten in verschiedenen Pflanzenteilen (Blatt, Stängel, Ausläufer und Wurzel) von *Glechoma hederacea* in Abhängigkeit vom NH₄N- oder NO₃N-Anteil im applizierten Gesamt-Dünger 211,08 mg N (NH₄Cl+KNO₃) mit 10 at% ¹⁵N.

Fig. 2 N-Uptake rates in various plant parts (leaves, stem, roots, tiller) of *Glechoma hederacea* in dependence of NH₄N- or NO₃N-ratio of total fertilizer 211.08 mg N (NH₄Cl+KNO₃) with 10 at% ¹⁵N applied.

3.3 Umsatzraten von Glutamin, Arginin und Protein-N in Blättern, Stängel, Wurzeln und Ausläufern

Die Mittelwerte der Umsatzraten von Glutamin (Gln), Arginin (Arg) und Protein-N (PROTN) in verschiedenen Pflanzenteilen (Blätter, Stängel, Ausläufer, Wurzel) von Gundermann und Brennnessel sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Bei der Düngerstufe von 211,08 mg N zeigen die Umsatzraten der o.g. Merkmale in Blättern signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Düngerformen NH₄Cl und KNO₃ als auch zwischen beiden Pflanzenarten. Allerdings verlaufen die Umsatzraten von Gln, Arg und PROTN in den Pflanzenteilen von Gundermann und Brennnessel nicht immer in die gleiche Richtung oder reagieren auf Düngung mit KNO₃ sogar mit negativen Umsatzraten in den Pflanzenteilen von Brennnessel. Die Gln-Werte in allen Pflanzenteilen von Gundermann sind höher als in Brennnessel, die Arg-Werte immer niedriger und die PROTN-Werte in Blättern und Wurzeln von Gundermann sind

höher als in Brennnessel, aber nicht in den Stielen. Interessant sind auch die hohen Umsatzraten von Gln in den Ausläufern von Gundermann bei vergleichsweise geringen Arg- und PROT-N-Werten.

Tab. 3 Umsatzraten (Mittelwerte \pm SD) von Glutamin, Arginin und Protein-N in verschiedenen Pflanzenteilen von *Glechoma hederacea* und *Urtica dioica* bei Düngung mit 211,08 mg N enthalten im NH_4Cl oder KNO_3 . Unterschiedlich kleine Buchstaben (a, b) innerhalb der Zeilen stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Düngerformen. Unterschiedlich große Buchstaben (A, B) zwischen den Spalten stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0,05$).

Table 3 Turnover rates (Means \pm SD) of glutamine, arginine, protein in various plant parts of *Glechoma hederacea* and *Urtica dioica*. Fertilizer application: 211.08 mg N (NH_4Cl or KNO_3). Different lower case letters (a, b) within the rows represent statistically significant differences between the fertilizer variants. Different upper case letters (A, B) within the columns represent statistically significant differences between the plant species (Mann-Whitney U-Test, $n = 3$, $p = 0.05$).

Art	Umsatzraten					
	Glutamin	Arginin	Protein-N	Glutamin	Arginin	Protein-N
	($\mu\text{g N pro g TM}^* \text{ Tag}$)	NH_4Cl ($\text{mg N pro g TM}^* \text{ Tag}$)	($\text{mg N pro g TM}^* \text{ Tag}$)	($\mu\text{g N pro g TM}^* \text{ Tag}$)	KNO_3 ($\text{mg N pro g TM}^* \text{ Tag}$)	($\text{mg N pro g TM}^* \text{ Tag}$)
Blatt						
<i>Glechoma hederacea</i> L.	70,50 \pm 25 (a, A)	6,19 \pm 0,6 (a, A)	0,75 \pm 0,03 (a, A)	7,71 \pm 3 (b)	0,23 \pm 0,02 (b)	0,64 \pm 0,02 (a)
<i>Urtica dioica</i> L.	50,45 \pm 19 (a, A)	50,28 \pm 12 (a, B)	0,18 \pm 0,03 (a, B)	-4,43	-1,61	-1,61
Stängel						
<i>Glechoma hederacea</i> L.	209,61 \pm 43 (a, A)	7,86 \pm 0,7 (a, A)	0,50 \pm 0,02 (a, A)	30,70 \pm 12 (b)	0,20 \pm 0,02 (b)	0,21 \pm 0,01 (b, A)
<i>Urtica dioica</i> L.	22,62 \pm 13 (a, B)	28,90 \pm 19 (a, B)	0,89 \pm 0,07 (a, B)	-10,55	-1,12	0,43 \pm 0,01 (b, B)
Ausläufer						
<i>Glechoma hederacea</i> L.	496,82 \pm 89 (a)	28,68 \pm 0,3 (a)	0,36 \pm 0,05 (a)	35,46 \pm 11 (b)	0,20 \pm 0,03 (b)	0,11 \pm 0,01 (b)
Wurzel						
<i>Glechoma hederacea</i> L.	45,25 \pm 34 (a, A)	2,99 \pm 0,4 (a, A)	0,42 \pm 0,03 (a, A)	20,26 \pm 10 (b)	0,13 \pm 0,02 (b)	0,24 \pm 0,01 (b)
<i>Urtica dioica</i> L.	23,24 \pm 12 (a, B)	12,74 \pm 5 (a, B)	0,02 \pm 0,004 (a, B)	-7,82	-0,62	-0,65

3.4 Mittelwerte von Merkmalen verschiedener Pflanzenarten der Krautschicht im Freiland

Die Mittelwerte von Deckungsgrad und Sprosslänge sowie Gehalt von Glutamin, Arginin und Protein-N in Blättern einschließlich Gesamt-Trockenmasse verschiedener Pflanzenarten sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Mit 27,8 und 13,0 Prozent zeigen Brennnessel und Gundermann die höchsten Deckungsgrade in Gesellschaft mit anderen Pflanzenarten im Freiland, wobei anzumerken ist, dass Gundermann von allen in Tabelle 4 aufgeführten krautigen Pflanzen mit 7,8 cm die geringste Sprosslänge, aber die höchste oberirdische Trockenmasse aufweist. Beachtenswert ist auch der äußerst geringe Gehalt von Arg in den Blättern von Gundermann, während die Protein-N Gehalte aller anderen Pflanzen über annähernd gleich hohe Blattspiegelwerte verfügen.

Tab. 4 Merkmale (Mittelwerte \pm SD) von verschiedenen Pflanzenarten der Krautschicht. Unterschiedlich kleine Buchstaben (a, b) stehen für signifikante Unterschiede zwischen *Glechoma hederaceae* und jeweils einer anderen Pflanzenart (Mann-Whitney U-Test, $n = 6$, $p = 0,05$).

Table 4 Characteristics (Means \pm SD) of various plant species of herb layer. Different lower case letters (a, b) represent statistically significant differences between the plant species *Glechoma hederaceae* and another plant species (Mann-Whitney U-Test, n = 6, p = 0.05).

Art	Pflanzenmerkmale					
	Deckung Pflanze (%)	Sprosslänge Pflanze (cm)	Glutamin Blatt ($\mu\text{g N}^*\text{g}^{-1}\text{TM}$)	Arginin Blatt ($\mu\text{g N}^*\text{g}^{-1}\text{TM}$)	Protein-N Blatt ($\text{mg}^*\text{g}^{-1}\text{TM}$)	Gesamt-Trockenmasse Pflanze (g)
<i>Glechoma hederaceae</i> L.	13,0 \pm 3 (a)	7,8 \pm 2 (a)	139,7 \pm 31 (a)	6,2 \pm 7 (a)	25,2 \pm 4 (a)	20,6 \pm 21 (a)
<i>Urtica dioica</i> L.	27,8 \pm 2 (b)	31,2 \pm 9 (b)	159,5 \pm 21 (a)	17,0 \pm 6 (b)	24,9 \pm 3 (a)	20,0 \pm 17 (a)
<i>Alliaria petiolata</i> M. Bieb.	2,5 \pm 1 (b)	24,5 \pm 2 (b)	182,6 \pm 23 (a)	59,9 \pm 12 (b)	23,2 \pm 3 (a)	2,2 \pm 1 (b)
<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	4,4 \pm 2 (b)	62,3 \pm 10 (b)	91,1 \pm 34 (b)	33,8 \pm 23 (b)	23,3 \pm 1 (a)	11,3 \pm 17(a)
<i>Leonuris marrubiastrum</i> L.	3,4 \pm 1 (b)	9,0 \pm 2 (a)	57,8 \pm 16 (b)	20,0 \pm 11 (b)	30,5 \pm 0 (b)	1,0 \pm 1 (b)
<i>Arctium lappa</i> L.	2,7 \pm 2 (b)	37,0 \pm 12 (b)	8,3 \pm 12 (b)	27,4 \pm 9 (b)	24,5 \pm 1 (a)	15,0 \pm 22 (a)

4 Diskussion

Die hier dargestellten Ergebnisse zur Anpassung von Gundermann an unterschiedliche Düngerformen mit verschiedenen N-Gehalten im Ammoniumchlorid und Kaliumnitrat lassen vermuten, warum sich die krautige Pflanze in der Gemeinschaft mit anderen nitrophilen Pflanzenarten erfolgreich behaupten kann (Tab. 4). Die Ursachen dafür sind wahrscheinlich in der effektiveren Verwertung von Stickstoff zur Produktion von Biomasse begründet. Im Vergleich zur Brennnessel kann Gundermann zum Beispiel Stickstoff aus Ammonium, der nicht in Protein-N metabolisiert wird, in ihre Ausläufer als Glutamin speichern, um neue Sprosse zu bilden und damit letztlich in der Summe mehr oberirdische Biomasse pro Pflanze produzieren (Tab.1, 2, 3). Im Gegensatz dazu, scheint Brennnessel Ammonium-N weniger gut zu verwerten und speichert diesen bei N-Überangebot in Arginin, während Nitrat-N vollständig zu Protein-N umgesetzt wird, was letztlich zu hoher Biomasseproduktion in den Wurzeln führt (Tab.1, 2, 3). Diese Strategie der Anpassung an verschiedene N-Quellen konnte auch an Pflanzen der Krautschicht in Kiefernforsten nachgewiesen werden (SCHULZ 2020). Die effektive Verwertung von Stickstoff, ob als Ammonium-N oder Nitrat-N kommt bei Gundermann auch zum Ausdruck, wenn der Pflanze als N-Quelle beide N-Formen im Gemisch und in unterschiedlich hohen N-Anteilen zur Verfügung stehen (Abb. 2). Offensichtlich ist nicht die angebotene Gesamt-N Menge entscheidend, sondern der relative Anteil der einzelnen N-Formen. Mit zunehmenden relativen Anteil der einen oder anderen N-Form steigt die N-Aufnahmerate linear an und fällt bei gleichen N-Anteilen an der Gesamt-N Menge auf das Niveau der allein applizierten N-Formen von 0,59 bzw. 0,48 mg N g⁻¹TM*Tag wieder ab (Abb. 2). Vermutlich wird die N-Aufnahme von NH₄N in Gegenwart von NO₃N stimuliert, wobei Glutamin eine regulierende Funktion ausübt. Glutamin kann die Aufnahme von NH₄N bei gleichzeitiger Hemmung der Aufnahme von NO₃N fördern (SCHULZ 2011). Wenn diese Annahme auch für Gundermann zutreffen sollte, dann wäre diese Besonderheit im N-Stoffwechsel von Gundermann durchaus eine Erklärung dafür, warum sich die Pflanze so erfolgreich in Gesellschaft mit anderen nitrophilen Pflanzen der Krautschicht behaupten kann. Folglich ist anzunehmen, dass Gundermann auf nährstoffreichen Standorten mit unterschiedlichen Mineralisations-Verhältnissen bzw. einem wechselnden Nährstoffangebot von Ammonium und/oder Nitrat eine bessere Anpassungsstrategie besitzt als

Brennnessel und sich demzufolge auch in Gegenwart anderer nitrophilen Pflanzen der Krautschicht erfolgreich durchsetzen und fortpflanzen kann.

6 Zusammenfassung

SCHULZ, H.: Biochemische Anpassung von Gundermann (*Glechoma hederacea* L.) an variable Ernährung mit Ammonium und Nitrat. - *Hercynia N. F.* 54/1 (2021): 65 – 75.

Kultivierte Stecklinge von Gundermann (*Glechoma hederacea*) und Brennnessel (*Urtica dioica*) aus dem Freiland wurden unter Gewächshausbedingungen mit ¹⁵N-markiertem Ammoniumchlorid und Kaliumnitrat ernährt und auf Unterschiede verschiedener Merkmale des N-Stoffwechsels untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Pflanzenarten in ihren Pflanzenteilen zwar vergleichbare Mengen von Ammonium und Nitrat aufnehmen, aber sich in der N-Verwertung unterscheiden. Während Gundermann bei Nitrat-Aufnahme hohe Umsatzraten von Glutamin zeigt, indiziert Brennnessel deutlich geringe Umsatzraten von Glutamin sowie auch von Protein-N in allen Pflanzenteilen. Es wird angenommen, dass Gundermann eine effektivere Anpassungsstrategie an eine wechselnde N-Ernährung hat als Brennnessel, da Gundermann Überschuss-Stickstoff in Form von Glutamin in oberirdische Ausläufer speichern kann, um neue Sprosse zu bilden. Zusätzlich wurden biochemische und morphologische Merkmale von Gundermann und Brennnessel im Freiland in Gesellschaft mit anderen Pflanzenarten der Krautschicht untersucht.

7 Danksagung

Für die Betreuung der Pflanzen im Gewächshaus und Unterstützung bei der Probenaufarbeitung sei Frau Dr. Ines Merbach und ihren Mitarbeitern von der Versuchsstation in Bad Lauchstädt des Zentrums für Umweltforschung Leipzig (UFZ) gedankt. Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Rolf Russow und Frau Heidemarie Odrich für die Durchführung der ¹⁵N-Analytik (Department Bodenphysik, UFZ) sowie Sigrid Härtling und Renate Rudloff für ihre exzellente Assistenz (Department Bodenökologie, UFZ). Herrn Prof. Dr. Ingolf Kühn von der Martin-Luther-Universität Halle, Institutsbereich Geobotanik und Botanischer Garten, Lehrstuhl Makroökologie, danke ich für seine hilfreichen Korrekturvorschläge, die zur Verbesserung der Manuskriptfassung beigetragen haben.

8 Literatur

- AN, H. J., JEONG, H. J., UM, J. Y., KIM, H. M., HONG, S. H. (2006): *Glechoma hederacea* inhibits inflammatory mediator release in IFN-gamma and LPS-stimulated mouse peritoneal macrophages. - *J. Ethnopharmacology* 106/3: 418 – 424.
- FAUST, H. (1981): ¹⁵N-Anwendung in der Biochemie, Landwirtschaft und Medizin. In: Schriftenreihe Anwendung von Isotopen und Kernstrahlungen in Wissenschaft und Technik. - Iso-commerz Berlin.
- FROHNE, T., RINKLEBE, J. (2013): Biogeochemical Fractions of Mercury in Soil Profiles of Two Different Floodplain Ecosystems in Germany. - *Water Air Soil Pollution* 224: 1590 – 1607.
- HOAGLAND, D. R., SNYDER, W. C. (1934): Nutrition of strawberry plants under controlled conditions. (a) Effects of

- deficiencies of boron and certain other elements, (b) susceptibility injury from sodium salts. - Proceedings of Am. Soc. Horticultural Sci. 30: 288 – 293.
- HUHN, G., SCHULZ, H. (1996): Contents of free amino acids in Scots pine needles from field sites with different levels of nitrogen deposition. - New Phytol. 134: 95 – 101.
- HUTCHINGS, M. J., PRICE, E. A. C. (1999): Biological Flora of the British Isles. No. 205. *Glechoma hederacea* L. (*Nepeta glechoma* Benth., *N. hederacea* (L.) Trev.). - J. Ecol. 87/2: 347 – 364.
- KUMARASAMY, Y., COX, P. J., JASPARS, M., NAHAR, L., SARKER, S. D. (2002): Biological activity of *Glechoma hederacea*. – Fitoterapia 73/7–8: 721 – 723.
- LICHTENTHALER, H. K., WELLBURN, A. R. (1983): Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. - Biochem. Soc. Trans. 603: 591 – 592.
- RUSSOW, R., GOETZ, A. (1998): Elementaranalysator-MS-Kopplung für die 13C- und 15N-Bestimmung in Boden- und Pflanzenproben. - Arch. Agron. Soil Sci. 42: 349 – 359.
- SCHULZ, H. (2020): Charakterisierung der Stickstoff-Toleranz an ausgewählten Pflanzen der Krautschicht in Kiefernforsten mit Hilfe von Biomarkern. - Hercynia N. F. 53/2: 323 – 335.
- SCHULZ, H., HÄRTLING, S., STANGE, C. F. (2011): Species-specific differences in nitrogen uptake and utilization by six European tree species. - J. Plant Nutr. Soil. Sci. 174: 28 – 37.

Manuskript angenommen: 1. Juni 2021

Anschrift des Autors:

Dr. Horst Schulz

Department Bodenökologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Theodor-Lieser-Strasse 4, 6120 Halle (Saale),

Privat: Tulpenstrasse 3 , 06126 Halle (Saale)

E-Mail: dr.horst.schulz@t-online.de