
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Die Entwicklung der artenreichen Wiesen im Hunsrück.....	3
2.2	Die Funktion der Leguminosen im Grünland	5
2.3	Höhe der N ₂ -Fixierungsleistung von Grünland-Leguminosen	6
2.4	Methoden zur Bestimmung der symbiotischen N ₂ -Fixierung.....	8
2.4.1	¹⁵ N-Techniken.....	9
2.4.1.1	δ ¹⁵ N-Methode, ¹⁵ N natürliche Abundanz-Methode, (¹⁵ N natural abundance method).....	9
2.4.1.2	¹⁵ N-Anreicherungsmethode (enriched ¹⁵ N isotope dilution method).....	10
2.4.1.3	Grundlage beider ¹⁵ N-Methoden	11
2.4.1.4	Vor- und Nachteile der Methoden.....	11
2.4.1.5	¹⁵ N ₂ -Reduktionsmethode (¹⁵ N ₂ reduction method)	12
2.5	Abiotische und biotische Einflüsse auf die Leguminosenverbreitung im Grünland und auf die Höhe der symbiotischen N ₂ -Fixierung.....	13
3	Untersuchungsgebiet und Untersuchungsflächen.....	18
3.1	Naturräumliche Lage.....	18
3.2	Geologie und Böden.....	18
3.3	Klima.....	18
3.4	Auswahl und Lage der Untersuchungsflächen.....	19
3.5	Pflanzensoziologisch - ökologische Betrachtung der Wiesen	21
4	Material und Methoden	23
4.1	Pflanzenprobenahme	23
4.1.1	Flächenbezogene quantitative Ernte	23
4.1.2	Untersuchung ausgewählter Arten.....	24
4.2	Bestimmung der Pflanzenerträge	24
4.2.1	Ermittlung der Trockenmassen	24
4.2.2	Schätzung des Massenanteils der Leguminosen	25
4.3	Stickstoffanalysen des Pflanzenmaterials	25

4.3.1	Gesamtstickstoff	25
4.3.2	Stabile Stickstoffisotope	26
4.4	Phosphor-, Kalium-, Magnesium-, Calcium-, Mangan- und Eisengehalte in der Sprossmasse	26
4.5	Kulturversuch zur Ermittlung der N-Isotopenfraktionierung bei der N ₂ -Fixierung	26
4.6	Schätzung der N ₂ -Fixierungsleistung der Leguminosen.....	27
4.6.1	Berechnung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge	27
4.7	Vegetationsaufnahmen.....	29
4.8	Test auf VA-Mykorrhiza in Wurzeln ausgewählter Wiesenpflanzen.....	29
4.9	Bodenuntersuchungen.....	30
4.9.1	Termine	30
4.9.2	pH-Werte.....	30
4.9.3	Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalte	30
4.9.4	Austauschbare Phosphor- und Kaliumgehalte	30
4.9.5	Austauschbare Kationen	30
4.9.6	Nitrat- und Ammoniumgehalte (N _{min})	31
4.9.7	Bodentypen und Gründigkeit.....	31
4.10	Statistische Auswertung.....	31
5	Ergebnisse	32
5.1	Gesamterträge der Wiesen	32
5.1.1	Hauptuntersuchungsflächen.....	32
5.1.2	Nebenuntersuchungsflächen	33
5.2	Massenanteile der funktionellen Gruppen	34
5.2.1	Hauptuntersuchungsflächen.....	34
5.2.2	Nebenuntersuchungsflächen	37
5.3	Stickstoffmengen im Wiesenschnitt.....	39
5.3.1	Gesamte N-Menge in der oberirdischen Pflanzenmasse.....	39
5.3.1.1	Hauptuntersuchungsflächen	39
5.3.1.2	Nebenuntersuchungsflächen.....	41
5.3.2	N-Anteile der funktionellen Gruppen an der gesamten N-Menge in der oberirdischen Pflanzenmasse	42
5.3.2.1	Hauptuntersuchungsflächen	42

5.3.2.2	Nebenuntersuchungsflächen.....	43
5.3.3	Beziehung zwischen der Leguminosenmasse und der N-Menge im Aufwuchs.....	43
5.4	Stickstoff-Isotopensignaturen und Stickstoff-Gehalte in Leguminosen und Nicht-Leguminosen.....	44
5.4.1	N-Isotopensignaturen in Leguminosen und Nicht-Leguminosen im Freiland	44
5.4.2	Zeitliche und innerpflanzliche Variabilität der N-Isotopensignatur	47
5.4.3	N-Isotopensignaturen verschiedener funktioneller Gruppen	49
5.4.4	N-Isotopensignaturen und N-Gehalte in Leguminosenarten bei N ₂ -Ernährung im Kulturversuch.....	53
5.4.4.1	Vergleich der N-Gehalte der Leguminosen im Kulturversuch mit den N-Gehalten der Leguminosen auf den Versuchsflächen.....	56
5.4.5	Berechnung der Korrekturgröße für die N-Isotopenfraktionierung bei der N ₂ -Fixierung (B-Wert).....	57
5.4.6	Prozentualer N-Gehalt und Beziehung zum δ ¹⁵ N-Wert.....	58
5.4.6.1	Freilandpflanzen (Leguminosenarten und Nicht-Fixierer).....	58
5.4.6.2	Funktionelle Gruppen (Leguminosen, Kräuter, Gräser).....	59
5.4.6.3	Kulturversuchspflanzen (Leguminosenarten).....	60
5.5	Symbiotisch fixierte Stickstoffmengen in den Wiesen	61
5.5.1	Quantifizierung und Berechnungsvarianten.....	61
5.5.2	Hauptuntersuchungsflächen	62
5.5.2.1	Fixierte N-Anteile (Ndfa) in der Leguminosenmasse	62
5.5.2.2	Fixierte N-Anteile (Ndfa) in der gesamten Erntemasse	63
5.5.2.3	Fixierte N-Mengen (Nfix) in der Gesamtschnittmasse.....	64
5.5.3	Nebenuntersuchungsflächen	65
5.5.4	Einfluss der Referenzpflanze auf das Ergebnis der symbiotischen N ₂ -Fixierung.....	67
5.5.5	Einfluss der symbiotisch fixierten N-Menge (Nfix) auf die N-Mengen in der oberirdischen Biomasse	68
5.5.6	Einfluss des Leguminosenanteils an der oberirdischen Biomasse auf die symbiotisch fixierte N-Menge (Nfix) in der oberirdischen Pflanzenmasse.....	69
5.5.7	Ableitungsmöglichkeiten der fixierten N-Menge aus dem Gesamtertrag und dem Leguminosenanteil	70
5.5.8	Artspezifische symbiotische N ₂ -Fixierung der Leguminosen	73

5.6	Einfluss der Höhenlage der Flächen auf die Pflanzenerträge und die Stickstoffmengen in der oberirdischen Pflanzenmasse.....	76
5.6.1	Beziehung zwischen Höhenlage und Gesamtertrag sowie Massenanteilen der funktionellen Gruppen	76
5.6.2	Beziehung zwischen Höhenlage und N-Menge sowie fixiertem N-Anteil.....	77
5.7	Nicht-destruktive Ermittlung des Gesamtertrages und der Massenanteile der funktionellen Gruppen	78
5.7.1	Schätzung des Trockenmassenertrages über die Messung der Bestandeshöhe	78
5.7.2	Schätzung der Massenanteile der funktionellen Gruppen – Vergleich mit den TM-Anteilen.....	79
5.8	Böden der Untersuchungsflächen	82
5.8.1	pH-Werte.....	82
5.8.2	Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehalte	83
5.8.3	Phosphorgehalte	84
5.8.4	Kaliumgehalte	85
5.8.5	Magnesiumgehalte	86
5.8.6	Calciumgehalte.....	86
5.8.7	Aluminiumgehalte.....	87
5.8.8	Eisen- und Mangangehalte.....	88
5.8.9	Basensättigung und effektive Kationenaustauschkapazität der Böden.....	88
5.8.10	Mineralstickstoffgehalte (N_{\min}).....	89
5.8.11	Beziehungen zwischen der Bodenreaktion, wichtigen Pflanzennährstoffen (P, K, Mg) sowie dem Ca/Al-Verhältnis und der symbiotischen N_2 -Fixierung.....	90
5.8.12	Beziehung zwischen den aktuellen N_{\min} -Gehalten der Böden und der symbiotischen N_2 -Fixierung	92
5.9	Mineralstoffgehalte im Sprossmaterial der Leguminosen und Nicht-Leguminosen	93
5.10	VA-Mykorrhiza in Leguminosen und Nicht-Leguminosen.....	97
6	Diskussion	99
6.1	Standortbedingungen und symbiotische N_2 -Fixierung	99
6.1.1	Die Abhängigkeit der N-Fixierungsleistung von den N-Gehalten des Bodens	99
6.1.2	Die Abhängigkeit der N-Fixierungsleistung von der N-Deposition	100
6.1.3	Die Abhängigkeit der N-Fixierungsleistung von den P-Gehalten des Bodens.....	101

6.1.4	Die Abhängigkeit der N-Fixierungsleistung von den Kalium und Magnesium-Gehalten des Bodens.....	102
6.1.5	Die Abhängigkeit der N-Fixierungsleistung von der Bodenreaktion, den Calcium- und den Aluminium-Gehalten des Bodens	102
6.2	Isotopensignaturen und symbiotische N ₂ -Fixierung.....	104
6.2.1	Negative $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im oberirdischen Pflanzenmaterial der halbextensiv genutzten Wiesen.....	104
6.2.2	Einfluss diverser N-Quellen auf die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in den Referenzpflanzen	105
6.2.3	Fixierte N-Anteile (Ndfa) in den Leguminosen.....	109
6.2.4	Bedeutung der fixierten N-Mengen für die Magerwiesen	111
6.3	Methodendiskussion.....	114
6.3.1	Vertrauenswürdigkeit des im Kulturversuch ermittelten B-Wertes.....	114
6.3.2	Einflüsse auf die Berechnung der fixierten N-Menge durch die B-Werte und durch geringe $\delta^{15}\text{N}$ -Differenzen.....	116
6.3.3	Nutzung geeigneter B-Werte zur Quantifizierung der N ₂ -Fixierung.....	122
6.3.4	Eignung der ausgewählten Nicht-Fixierer als Referenzpflanzen und Einfluss der Referenzpflanze auf die Schätzung der fixierten N-Menge.....	124
6.3.5	Transfer-Stickstoff	125
6.3.6	Beurteilung der Eignung der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode für Untersuchungen in artenreichen Wiesen.....	126
6.3.7	Ausblick	127
7	Zusammenfassung.....	129
8	Summary	133
9	Literatur.....	136
	Anhang.....	148