

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	4
2.1	Pflanzliche Sekundärmetabolite – grundsätzliche Aspekte.....	4
2.2	Alkaloide	6
2.2.1	Nicotin.....	6
2.2.2	Pyrrolizidinalkaloide	7
2.2.3	Purinalkaloide	8
2.2.4	Farbstoffe – natürliche Pigmente aus Rote Bete	9
2.3	Exogene Ursachen der Alkaloid-Kontaminationen – Übertragungswege.....	10
2.3.1	Ausschwemmung in den Boden – Quelle der Alkaloide	10
2.3.2	Ernte von Beikräutern im Falle der Pyrrolizidinalkaloide	11
2.3.3	Verbreitung von Pollen und Samen über die Luft im Falle der Pyrrolizidinalkaloide..	11
2.3.4	Eintrag über Rauch und Kondensate im Falle des Nicotins	12
2.3.5	Eintrag von Nicotin über Spritzmittel	12
2.4	Endogene Biosynthese als mögliche Ursache.....	13
2.4.1	Die Putrescin-Methyltransferase – das Schlüsselenzym der Nicotin-Biosynthese	13
2.4.2	Die Homospermidin-Synthase – das Schlüsselenzym der Pyrrolizidin-Biosynthese .	15
2.5	Überblick Langstreckentransport innerhalb der Kormophyten	16
2.5.1	Xylemtransport.....	16
2.5.1.1	Guttation	16
2.5.2	Phloemtransport.....	17
2.6	Physikochemische Indikatoren für die Membranpermeabilität pflanzenfremder Naturstoffe	17
3	Ergebnisse.....	19
3.1	Nicotin – Aufnahme und Verlagerung.....	19
3.1.1	Aufnahme und Verlagerung von Nicotin in Pfefferminzpflanzen (<i>Mentha x piperita</i>) .	20
3.1.2	Aufnahme und Verlagerung von Nicotin in Kamillepflanzen (<i>Matricaria chamomilla</i>)	23
3.1.3	Aufnahme und Verlagerung von Nicotin in Erdbeerpflanzen (<i>Fragaria x ananassa</i>) .	27

3.1.4	Aufnahme und Verlagerung von Nicotin in Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>) – Analyse der Guttationsflüssigkeit	32
3.1.5	Aufnahme und Verlagerung von Nicotin in Kaffee- (<i>Coffea arabica</i>) und Teepflanzen (<i>Camellia sinensis</i>) – Besonderheiten bei der Verlagerung	33
3.2	Pyrrolizidinalkaloide – Aufnahme und Transport	37
3.2.1	Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden in Kamillepflanzen (<i>Matricaria chamomilla</i>)	37
3.2.2	Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden in Pfefferminze (<i>Mentha x piperita</i>)	39
3.2.3	Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden in Melisse (<i>Melissa officinalis</i>)	40
3.2.4	Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden in Petersilie (<i>Petroselinum crispum</i>)	40
3.2.5	Nachweis möglicher Ab- und Umbauprodukte von Pyrrolizidinalkaloiden in Kamille- und Petersiliepflanzen	41
3.2.6	Aufnahmeverhältnisse der Pyrrolizidinalkaloide und der PA-N-Oxide in den Akzeptorpflanzen	43
3.2.7	Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden in Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>) – Analyse der Guttationsflüssigkeit	45
3.2.7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen zu Aufnahme und Transport von PA	45
3.3	Purinalkaloide – Aufnahme, Transport, Modifikation in Akzeptorpflanzen	47
3.3.1	Aufnahme und Modifikation der Purinalkaloide in Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>)	47
3.3.2	Aufnahme und Verlagerung von Purinalkaloiden in Sprossabschnitte der Efeutute (<i>Epipremnum aureum</i>)	52
3.4	Aufnahme von Farbstoffen – Visualisierung des horizontalen Naturstofftransfers	53
3.5	Fazit	56
4	Diskussion	57
4.1	Aufnahme und Verlagerung von Naturstoffen in Akzeptorpflanzen	58
4.1.1	Aktive Aufnahme über Transporter	58
4.1.2	Passive Aufnahme über Diffusion	61

4.1.2.1 Physikochemische Voraussetzungen für eine passive Aufnahme	61
4.1.2.2 Der Einfluss des pH-Wertes	64
4.1.2.3 Differenzierungen der Transportwege von Wasser und darin gelöster Substanzen..	66
4.1.3 Hauptverlagerungswege in höheren Gefäßpflanzen – Phloem und Xylem	66
4.2 Besonderheiten der untersuchten Alkaloide	68
4.2.1 Aufnahme und Verlagerung von Nicotin	68
4.2.2 Aufnahme und Verlagerung von Pyrrolizidinalkaloiden und deren <i>N</i> -Oxiden	70
4.2.3 Aufnahme und Verlagerung von Coffein und anderen Purinalkaloiden	72
4.3 Aufnahme und Verlagerung natürlicher Pigmente aus Rote Bete	73
4.4 Schicksal der Alkaloide in der Akzeptorpflanze	74
4.5 Wo ist der horizontale Naturstofftransfer im Kontext der biochemischen Ökologie einzuordnen?	75
5 Material und Methoden	77
5.1 Verwendete Chemikalien	77
5.2 Sonstige Verbrauchsmittel	79
5.3 Verwendete Kleingeräte	80
5.4 Methoden	81
5.4.1 Mulchversuche mit Nicotin	81
5.4.1.1 Kultur und Behandlung der Pfefferminze (<i>Mentha x piperita</i>)	81
5.4.1.2 Kultur und Behandlung der Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>)	82
5.4.1.3 Kultur und Behandlung der Erdbeere (<i>Fragaria x ananassa</i>)	83
5.4.1.4 Kultur und Behandlung der Tee- (<i>Camellia sinensis</i>) und Kaffeepflanzen (<i>Coffea arabica</i>)	86
5.4.1.5 Kultur und Behandlung von Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>) mit Tabak zur Gewinnung der Guttationsflüssigkeit	86
5.4.1.6 Extraktion der Nicotinproben	87
5.4.1.7 Experimentelle Bestimmung des log <i>P</i> für Nicotin	89
5.4.2 Mulchversuche mit Pyrrolizidinalkaloiden	89
5.4.2.1 Kultur und Behandlung der Kamillepflanzen (<i>Matricaria chamomilla</i>)	89
5.4.2.2 Kultur und Behandlung der Pfefferminzpflanzen (<i>Mentha x piperita</i>)	91

5.4.2.3 Kultur und Behandlung der Melissepflanzen (<i>Melissa officinalis</i>).....	91
5.4.2.4 Kultur und Behandlung der Petersiliepflanzen (<i>Petroselinum crispum</i>)	92
5.4.2.5 Kultur und Behandlung von Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>) mit Pyrrolizidinalkaloiden zur Gewinnung der Guttationsflüssigkeit	93
5.4.2.6 Extraktion der Pyrrolizidinalkaloide mit Einzel-Standardsubstanzen	94
5.4.2.7 Extraktion der Pyrrolizidinalkaloide nach der Summenparameter-Methode	94
5.4.3 Mulchversuche mit Purinalkaloiden	95
5.4.3.1 Kultur und Behandlung von Gerstenkeimlingen (<i>Hordeum vulgare</i>) mit Purinalkaloiden zur Gewinnung der Guttationsflüssigkeit	95
5.4.3.2 Extraktion der Purinalkaloide.....	95
5.4.3.3 Aufnahme von Coffein über Blattmembranen am Beispiel von Efeutute (<i>Epipremnum aureum</i>)	96
5.4.4 Applikation von Farbstoffen aus Rote Bete (<i>Beta vulgaris</i>).....	97
5.4.4.1 Anzucht der etiolierten Keimlinge von Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>) und Erbse (<i>Pisum sativum</i>)	97
5.4.4.2 Erstellung des Rote Bete-Rohextraktes.....	98
5.5 Analyse der applizierten Alkaloide.....	98
5.5.1 Verwendete Großgeräte und Analyseparameter für die Nicotinanalytik.....	98
5.5.2 Verwendete Großgeräte und Analyseparameter für die Pyrrolizidinalkaloidanalytik mit Einzel-Standardsubstanzen.....	99
5.5.3 Verwendete Großgeräte und Analyseparameter für die Pyrrolizidinalkaloidanalytik nach der Summenparameter-Methode	100
5.5.4 Verwendete Großgeräte und Analyseparameter für die Purinalkaloidanalytik	102
6. Zusammenfassung	103
7. Summary	105
8. Literaturverzeichnis	107
A. Anhang	126