



**Einsatz von Mykorrhizapilzen
und Qualitätskomposten bei der Anzucht
von Jungpflanzen im ökologischen
Gemüse- und Zierpflanzenbau**

- SCHLUSSBERICHT TEIL I -

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.,
Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme
der Universität Kassel,
Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH)

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Inhaltsverzeichnis

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	9
1.1 Planung und Ablauf des Projektes	9
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand	9
2. Material, Methoden und Ergebnisse	12
<i>Experiment 1: Porree, Pelargonie, Poinsettie und Erdbeere mit kommerziellen Inokula im Gewächshaus</i>	12
1. Hypothese und Versuchsziel	12
1.1 Hypothese	12
1.2 Versuchsziel	12
2. Material und Methoden	12
2.1 Versuchsaufbau und Behandlungen	12
2.2 Pflanzenmaterial	14
2.3 Mykorrhiza Inokula	14
2.4 Substrat	14
2.5 Düngung	15
2.6 Ernte und Analyse	16
2.7 Zusatzversuche	16
2.8 Statistik	17
3. Ergebnisse	17
3.1 Porree	17
3.2 Pelargonie	21
3.3 Poinsettie	25
3.4 Erdbeere	31
<i>Experiment 2: Porree, Poinsettie und Pelargonie in der Klimakammer mit kommerziellen Inokula</i>	32
1. Hypothese und Versuchsziel	32
1.1 Hypothese	32
1.2 Versuchsziel	32
2. Material und Methoden	32
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	32
2.2 Pflanzenmaterial	33
2.3 Mykorrhiza Inokula	33
2.4. Substrat	33
2.5 Düngung	34
2.6 Ernte und Analyse	34
2.7 Statistik	34
3. Ergebnisse	34
3.1 Porree	34
3.2 Pelargonie	39
3.3 Poinsettie	44
<i>Experiment 3: Poinsettie im Gewächshaus inokuliert mit kommerziellen Inokula</i>	45
1. Hypothese und Versuchsziel	45
1.1 Hypothese	45

1.2 Versuchsziel	45
2. Material und Methoden	45
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	45
2.2 Pflanzenmaterial	46
2.3. Mykorrhiza Inokula	46
2.4 Substrat	46
2.5 Düngung	46
2.6 Ernte und Analyse	46
2.7 Statistik	47
3. Ergebnisse	47
<i>Experiment 4: Porree und Pelargonie in der Klimakammer mit 13 Inokula aus Basel und kommerziellen Inokula</i>	50
1. Hypothese und Versuchsziel	50
1.1 Hypothese	50
1.2 Versuchsziel	50
2. Material und Methoden	50
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	50
2.2 Pflanzenmaterial	51
2.3 Mykorrhiza Inokula	51
2.4 Substrat	51
2.5 Düngung	52
2.6 Ernte und Analyse	52
2.7 Statistik	53
3. Ergebnisse	53
3.1 Mykorrhizierung	53
3.2 Trockenmasse	53
3.3 P-Gehalt	53
<i>Experiment 5: Salat im Gewächshaus mit Inokula von Basel und kommerziellen Inokula auf zwei Kompost-Substraten</i>	54
1. Hypothese und Versuchsziel	54
1.1 Hypothese	54
1.2 Versuchsziel	54
2. Material und Methoden	54
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	54
2.2 Pflanzenmaterial	55
2.3 Mykorrhiza Inokula	55
2.4 Substrat	55
2.5 Düngung	55
2.6 Ernte und Analyse	55
2.7 Statistik	56
3. Ergebnisse	56
3.1 Trockenmasse	56
3.2 Geschmackstest	56
<i>Experiment 6: Salat im Gewächshaus mit kommerziellen Inokula auf einem Torf Substrat mit unterschiedlicher P-Düngung</i>	57

1.1 Hypothese und Versuchsziel	57
1.1 Hypothese	57
1.2 Versuchsziel	57
2. Material und Methoden	57
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	57
2.2 Pflanzenmaterial	58
2.3 Mykorrhiza Inokula	58
2.4. Substrat	58
2.5 Düngung	58
2.6 Ernte und Analyse	59
2.7 Statistik	59
3. Ergebnisse	59
3.1 Mykorrhizierung	59
3.2 Trockenmasse	60
3.3. Geschmackstest	60
<i>Experiment 7: Porree in der Klimakammer mit einem kommerziellen Inokula und 13 Inokula aus Basel auf Vermikulit-Sand Substrat</i>	61
1. Hypothese und Versuchsziel	61
1.1 Hypothese	61
1.2 Versuchsziel	61
2. Material und Methoden	61
2.1 Versuchsaufbau und Behandlung	61
2.2 Pflanzenmaterial	62
2.3 Mykorrhiza Inokula	62
2.4 Substrat	62
2.5 Düngung	62
2.6 Ernte und Analyse	63
2.7 Statistik	63
3. Ergebnisse	63
3.1 Mykorrhizierung	63
3.2 Trockenmasse	64
3.3 Nährstoffgehalte	64
3.4. Nährstoffgesamtgehalt	65
3.5. Sprosslänge und Sprossbreite	65
3. Diskussion	66
3.1 Mykorrhizierung	66
3.2 Wachstum, Trockenmasse	67
3.3 Nährstoffkonzentrationen und -gehalte	69
3.4 Knospenanzahl, Sprosslänge und Sprossdicke	71
3.5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau	72
4. Zusammenfassung	73
5. Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Zielen	75
6. Literaturverzeichnis	76

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)	17
Abb. 2: Sprosstrockenmasse bei Porree unter dem Einfluss der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,11 Myk j/n: 0,11) (Expt. 1)	18
Abb. 3: N-Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,99) (Expt. 1)	19
Abb. 4: K-Gehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 8,38) (Expt. 1)	19
Abb. 5: N-Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 1,7) (Expt. 1)	20
Abb. 6: Höhe der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und unterschiedlicher P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 3,51 Myk j/n: 3,51) (Expt. 1)	20
Abb. 7: Wurzellängenkolonisierung von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)	21
Abb. 8: Spross- und Wurzeltrockenmasse bei Pelargonie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Myk j/n: 0,17 Wurzel Myc j/n: 0,03) (Expt. 1)	21
Abb. 9: P-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,15 Inokulum: 0,29) (Expt. 1)	22
Abb. 10: K-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 3,25) (Expt. 1)	23
Abb. 11: P-Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,33 Inokulum: 0,63) (Expt. 1)	23
Abb. 12: K-Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 6,34) (Expt. 1)	24
Abb. 14: Wurzellängenkolonisierung von Poinsettie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)	25
Abb. 15: Spross- und Wurzeltrockenmasse bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Substrat: 0,2 Inokulum: 0,39 Wurzel Substrat: n.s. Inokulum: 0,07) (Expt. 1)	25
Abb. 16: Spross- und Wurzeltrockenmasse bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und einer nicht inokulierten Variante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Myk j/n: 0,18) (Expt. 1)	26
Abb. 17: P-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,31 Inokulum: 0,6) (Expt. 1)	27
Abb. 18: P-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks, einer nicht inokulierten Variante und einer P-Düngevariante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,24 Myk j/n: 0,24) (Expt. 1)	27

Abb. 19: K-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 1,4 Inokulum: 2,65) (Expt. 1)	28
Abb. 20: P-Gesamtgehalte bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,41 Inokulum: 0,78) (Expt. 1)	29
Abb. 21: P-Gesamtgehalte bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und einer nicht inokulierten Variante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,35) (Expt. 1)	29
Abb. 22: K-Gesamtgehalte bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 2,2 Inokulum: 4,17) (Expt. 1)	30
Abb. 23: Höhe bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 1,22) (Expt. 1)	31
Abb. 24: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)	34
Abb. 25: Sprosstrockenmasse bei Porree unter dem Einfluss der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,24) (Expt. 2)	35
Abb. 26: N - Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 1,0) (Expt. 2)	35
Abb. 27: P - Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss von 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,08) (Expt. 2)	36
Abb. 28: Zn - Gehalt von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 5,6) (Expt. 2)	36
Abb. 28: Zn - Gehalt bei Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 1,39 Myk j/n: 1,39) (Expt. 2)	37
Abb. 29: N-Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung Grenzdifferenz P-Düngung 0,003 Myk j/n: 0,003) (Expt. 2)	37
Abb. 30: P - Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,0007 Inokulum: 0,001) (Expt. 2)	38
Abb. 31: Zn-Gesamtgehalte von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 0,04) (Expt. 2)	39
Abb. 32: Zn-Gesamtgehalte bei Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,004) (Expt. 2)	39
Abb. 33: Wurzellängenkolonisierung von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)	40
Abb. 34: Sprosstrockenmasse von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,8 Inokulum: 1,6) (Expt. 2)	40
Abb. 35: Sprosstrockenmasse bei Pelargonie unter dem Einfluss der P - Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,94) (Expt. 2)	41

Abb. 36: P-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,1 Inokulum: 0,2) (Expt. 2)	41
Abb. 37: P - Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,007 Inokulum: 0,01)	42
Abb. 38: Trockenmasse der Knospen von Pelargonie unter dem Einfluss von 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,2 Inokulum: 0,4) (Expt. 2)	43
Abb. 39: Wurzellängenkolonisierung von Poinsettie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)	44
Abb. 40: Wurzellängenkolonisierung von Poinsettie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann und 20% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 3)	47
Abb. 41: K-Gehalten der Sprosse von Poinsettie unter dem Einfluss von Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 2,8 Inokulum: 3,6) (Expt. 3)	48
Abb. 42: K-Gesamtgehalte der Sprosse von Poinsettie unter dem Einfluss von Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz: 0,05) (Expt. 3)	48
Abb. 43: Anzahl der Knospen von Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf Klasmann Substrats nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 4,9) (Expt. 3)	49
Abb. 44: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch das Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante Vermikulit - Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Expt. 4)	53
Abb. 44: Die Sprosstrockenmasse von Salat unter dem Einfluss der Inokulums der Firma Plantworks und der Inokula der Universität Basel 14 und 19 auf Klasmann und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,3 Inokulum: 0,5) (Expt. 5)	56
Abb. 45: Die Wurzellängenkolonisation von Salat unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und drei P-Düngevarianten, ohne P (-P), mit löslichem P (IP) und Rohphosphat (RohP) auf Archut Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 6)	59
Abb. 46: Die Sprosstrockenmasse von Salat unter dem Einfluss dreier P-Düngevarianten, ohne P (-P), mit löslichem P (IP) und Rohphosphat (RohP) auf Archut Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum IGZ: 0,9 Inokulum HU: 1,8 Standort: 0,6) (Expt. 6)	60
Abb. 47: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch das Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Expt. 7)	63
Abb. 48: Sprosstrockenmasse von Porree unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 1,1) (Expt. 7)	64
Abb. 49: Wurzeltrockenmasse von Porree unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 0,6) (Expt. 7)	64
Abb. 50: Bonitur der Breite des Spross unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit - Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 1,6) (Expt. 7)	65

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Poinsettie, Pelargonie und Erdbeere auf Sand (Expt. 1)	5
Tab. 2: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Pelargonie, Erdbeere und Poinsettie auf Klasmann und 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 1)	5
Tab. 3: Die Pflanzenspezies wurden als bewurzelte Stecklinge verwendet (Expt. 1)	6
Tab. 4: Verwendete Substrate (Expt. 1)	6
Tab. 5: Nährstoffgehalte im Mineralboden aus Thyrow (Expt. 1)6
Tab. 6: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (Expt. 1)	7
Tab. 7: Düngung des sandigen Bodens aus Thyrow (Expt. 1)	7
Tab. 8: Stickstoffdüngung und -verfügbarkeit im Kompostsubstrat von C. Bruns (Expt. 1)	7
Tab. 9: Maximale Wasserhaltekapazität verschiedener Substrate (Expt. 1)	8
Tab. 10: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Poinsettie, Pelargonie und Erdbeere auf Sand (Expt. 2)	23
Tab. 11: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Pelargonie und Poinsettie auf 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 2)	24
Tab. 12: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (errechnet) (Expt. 2)	24
Tab. 13: Versuchsaufbau und Behandlung von Poinsettien auf Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 3)	36
Tab. 14: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (errechnet) (Expt. 3)	37
Tab. 15: N-Düngung und Verfügbarkeit in den Kompost-Substraten von C. Bruns (Expt. 3)	37
Tab. 16: Versuchsaufbau und Behandlung von Poree und Pelargonie auf Vermikulit -Sand Substrat (Expt. 4)	41
Tab. 17: Nährlösung (Expt. 4)	42
Tab. 18: Versuchsaufbau und Behandlung von Salat auf Klasmannsubstrat und 40%Kompost-Substrat (Expt. 5)	44
Tab. 19: Pflanzenspezies aus Samen gekeimt (Expt. 5)	45
Tab. 20: Versuchsaufbau und Behandlung des Salats auf dem Archut Substrat (Expt. 6)	47
Tab. 21: Verfügbare Nährstoffe in dem Archut Substrat (Expt. 6)	48
Tab. 22: Stickstoffdüngung und Stickstoffverfügbarkeit im Archut Substrat (Expt. 6)	48
Tab. 23: Nährlösung (Expt. 7)	51

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Das Gesamtprojekt stand unter der Zielstellung, die Jungpflanzenanzucht im ökologischen Gartenbau zu optimieren. Dazu gehörte insbesondere eine verbesserte Nährstoffversorgung, der Schutz vor Krankheiten und die Produktion robuster Jungpflanzen. Dazu waren im Teilprojekt unter der Verantwortung des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau in Großbeeren Untersuchungen zur Nährstoffaufnahme, zum Pflanzenwachstum und zum Blühverhalten nach Einsatz von Kompost-Substraten und vesikulär-arbuskulären Mykorrhizastämmen vorgesehen.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt startete später als geplant, folgte dann aber dem Ablauf des im Antrag aufgestellten Zeitplanes.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Im ökologischen Gartenbau stellt die Jungpflanzenanzucht hohe Anforderungen an den Gärtner, da die Palette der erlaubten Dünger stark eingeschränkt ist. Auf leichtlösliche Mineraldünger und chemisch-synthetische Pestizide wird im ökologischen Anbau ganz verzichtet (Bruns, 2001). Dies birgt ein hohes Anbaurisiko, da gerade Jungpflanzen einen hohen Bedarf an Nährstoffen haben und einem hohen Krankheitsdruck unterliegen. Tatsächlich wird mit Maßnahmen wie Sortenwahl, Fruchtfolge und organischer Düngung versucht, die Ertragsverluste so gering wie möglich zu halten, jedoch sind diesen Maßnahmen Grenzen gesetzt. Gleichzeitig wird im ökologischen Anbau auf eine Reduktion des Torfanteils in den Kompost-Substraten gedrängt. Dies birgt Probleme, insbesondere bei der Samenproduktion. Deshalb ist eine Nutzung von Qualitätskompost von großem Interesse, der sowohl als Dünger als auch als Ersatz für Torf fungieren kann. Versuche in dieser Richtung wurden bisher jedoch nur in geringem Maße durchgeführt (Raviv, 1998).

Eine verstärkte Ausnutzung der Nährstoffe für Pflanzen bietet die Mykorrhiza. Ihr Einfluss hinsichtlich einer Verbesserung der Nährstoffaufnahme der Pflanzen ist aus wissenschaftlichen Untersuchungen schon seit vielen Jahren bekannt (George, 2000; Gianinazzi und Schüepp, 1994). Die Mykorrhiza ist eine Symbiose zwischen Wurzeln höherer Pflanzen und Pilzen, die bei mehr als 90% aller Landpflanzen vorkommt (ZALF, 1998). Je nach Pflanzenart, Bodenart, Klima und Bewirtschaftungsweise treten unterschiedliche Mykorrhizatypen auf. Die Stämme, die in diesem Projekt untersucht werden, gehören zum Typ der Endomykorrhiza. Besonderheit dieses Pilztyps

ist das Wachstum von Pilzhypen innerhalb der Wurzel, wo sie in Zellen eindringen, um sich dort fein zu verzweigen (Arbuskel) oder auch um Vesikel zu bilden (Maldonado-Mendoza et al., 2001). Deswegen heißt dieser Pilztyp auch arbuskulär-vesikuläre Mykorrhiza (VAM bzw. AM). Außerhalb der Wurzel penetrieren feine Pilzhypen den Boden und stellen so Kontakt zwischen Boden, Mikroorganismen und den Wurzeln her. Die Hypen transportieren Nährstoffe aus für die Wurzel unerreichbaren Bodenregionen zur Pflanze und bekommen im Austausch kohlenstoffhaltige Photosyntheseprodukte von der Pflanze.

Eine Mykorrhizierung führt im wesentlichen zu (ZALF, 1998):

- einer erhöhten Nährstoffversorgung der Pflanze durch eine Vergrößerung des Einzugsbereichs der Wurzeln. Oft wird dies beobachtet für Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Zink (Zn) und Kupfer (Cu).
- einer erhöhten Trockenstresstoleranz durch eine engere Haftung der Bodenpartikel an die Wurzeloberfläche
- einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegenüber Schaderregern
- einer veränderten Phytohormonproduktion der Pflanze (z.B. verändertes Blühverhalten)
- eine Verbesserung der Bodenstruktur (Durchlüftung, Wasserdurchlässigkeit).

Eine gute Mykorrhizierung der Pflanzen trägt zur umweltschonenden und nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen des Bodens bei. Diesen Anspruch erheben Mykorrhiza-Produkte, die verschiedene Firmen auf dem Markt anbieten. In Deutschland gehören z.B. Triton (Bitterfeld) MykoMax (Krefeld) und INOQ (Erfurt) zu diesen Anbietern. Mit den kommerziellen Produkten existieren bereits einige Erfahrungen. Die optimalen Einsatzbedingungen für diese Inokula sind aber noch nicht ausreichend bekannt, so dass ein großflächiger Einsatz in Gartenbau oder Landwirtschaft noch nicht erfolgt. Es gibt deutliche Hinweise, dass es für gewisse Anwendungen günstig ist, je nach Kulturart spezifische Mykorrhizastämme zu verwenden, da je nach beteiligter Pilzart bzw. -isolat die Eigenschaften variieren können. Daher sollten im vorliegenden Projekt drei verschiedene kommerzielle Produkte untersucht werden.

Untersuchungen zur Anwendung von Mykorrhizapilzen in organischen Substraten oder bei Verwendung von organischen Düngern gibt es kaum. Die wenigen vorliegenden Ergebnisse sind widersprüchlich. So zeigten die mit Mykorrhiza inokulierte Varianten bei einer Düngung mit Knochenmehl eine Steigerung der P-Aufnahme um

62 %. Kahiluoto (1998) zog daraus den Schluss, dass Mykorrhiza eine Schlüsselrolle in der Nutzbarmachung von organischen P spielt. Dagegen gab es bei einer Düngung mit Hofdung keine Unterschiede durch Mykorrhizierung oder sogar eine Reduktion des Pflanzenwachstums in der mykorrhizierten Variante (Joner, 2000). Wachstum und Nährstoffaufnahme waren in diesem Versuch nur in mykorrhizierten Varianten mit mineralischer Düngung erhöht. Bei einer anderen Untersuchung mit verschiedenen organischen Düngern (Schaf-, Kuhmist) bei Kuhbohne zeigte sich, dass die Sporenpopulation und Kolonisation der Wurzel durch Mykorrhiza gegenüber der ungedüngten Variante erhöht war (Muthukumar, 2002). Fazit dieser Arbeit war, dass die Behandlungen, je nach verwendetem organischen Dünger, unterschiedliche Einflüsse auf die Ausbreitung des Pilzes hatten und auch jedes verwendete Mykorrhizaisolat unterschiedliches Wachstum und Ertrag hervorrief.

Ein weiterer Teil des Projektes beschäftigt sich mit Mykorrhizaisolaten der Universität Basel, die aus unterschiedlichen Ökosystemen isoliert wurden. Für die vorliegende Fragestellung ist von besonderem Interesse, ob eines dieser Isolate besondere Eigenschaften entwickelt haben. Dies könnte der Fall sein, da sich die Pilzisolat über verschieden lange Zeiträume hinweg ihren jeweiligen Umweltbedingungen adaptiert haben könnten. So könnten sich z.B. Pilze von konventionell bearbeiteten Flächen an die gut verfügbaren Phosphor-Quellen aus mineralischen Düngern angepasst haben. Dagegen könnten Pilze von ökologisch bewirtschafteten Flächen eventuell eine besondere Fähigkeit zum Aufschluss von schwer verfügbarem Phosphor, z.B. Rohphosphat, entwickelt haben. Diese recht kurzfristigen Anpassungsvorgänge (Jahrzehnte) sind sehr wahrscheinlich überlagert durch langfristige Anpassungsvorgänge an z.B. den pH-Wert oder die Struktur des Bodens. Dazu wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes der Universität Basel im Grenzgebiet Schweiz-Deutschland-Frankreich in Böden verschiedener Nutzungsintensität über 40 Mykorrhizaisolate gesammelt und in Kultur genommen. Diese Sammlung ist damit weltweit eine der Größten. Ausgewählte, kultivierte Mykorrhizaisolate dieser Kollektion wurden an der Universität Basel in einem umfangreichen Screening bezüglich des Wachstums von Erdbeere, Lauch, Weizen und Soja selektiert.

2. Material, Methoden und Ergebnisse

Experiment 1: Porree, Pelargonie, Poinsettie und Erdbeere mit kommerziellen Inokula im Gewächshaus

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Mykorrhiza induziert eine höhere Trockenmasse, eine höhere Nährstoffaufnahme und bei den Zierpflanzen verstärktes Blühverhalten. Die Pflanzen auf -P Düngevariante mit Mykorrhiza auf Sand werden die gleiche oder eine höhere Trockenmasse haben als auf der -P Düngevariante und die +P Düngevariante ohne Mykorrhiza (Smith und Reads, 1997). Durch die höhere Kompostgabe und damit höhere Nährstoffgehalte im Kompost wird die Trockenmasse der Pflanzen erhöht.

1.2 Versuchsziel

- Infektion der Pflanzen auf Kompost-Substraten mit Mykorrhiza
- Überprüfung der gelieferten Substrate auf infizierende Mykorrhizapilze
- Kultivierung von mykorrhizierten Pflanzen mit höherer Trockenmasse, höheren Gehalte und Gesamtgehalten an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Zink (Zn) und Kupfer (Cu) und eine vermehrte Knospensbildung der Pelargonie
- Untersuchung, ob ein höherer Anteil Kompost einen positiven Einfluss auf das Wachstum von Pflanzen und die Kolonisation der Wurzeln hat.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlungen

Die vier Pflanzenspezies Porree, Pelargonie, Poinsettie und Erdbeere wurden auf einem Sandboden, der mit Plantworks - Inokulum (Pla) gemischt wurde (vgl. 2.3), kultiviert. Da Mykorrhiza dafür bekannt ist auf einem Boden mit wenig P Effekte in Nährstoffgehalt und Wachstum zu erzeugen, wurde der Sand mit einer niedrigen (-P) und einer hohen (+P) P-Düngung versorgt. (Tab. 1)

Als weitere Substrate wurden Kompostsubstrate verwendet, die jeweils mit drei verschiedenen Inokula der Firmen Plantworks (Pla), Biorize (Bio) und Triton (Tri) gemischt wurden. Die Pelargonie und die Poinsettien wurden als Einzelpflanzen pro Topf in Sand, 20 % und 40 % Kompost-Substrat (-P, +P, 20%, 40%) kultiviert. Der Porree wurde jeweils mit zwei Pflanzen pro Topf und die Erdbeere mit Einzelpflanzen in Sand (-P, +P) und Klasmann Substrat (Klas) kultiviert (Tab.2). Die Pflanzen wurden 8 Wochen lang in 250 ml Töpfen mit fünf Wiederholungen pro Variante im Ge-

wächshaus gezogen. Ausnahme bildeten die Pelargonien, die auf Kompost-Substrat nur mit vier Wiederholungen wuchsen. Jede Pflanzenspezies stand in einer vollständig randomisierten Anlage.

Zu Versuchsbeginn wurde das Substrat auf eine Bodenfeuchte von 60 % gebracht. Da die Wasserhaltekapazität der Kompost-Substrate höher war als von Sand wurden die Varianten auf Sand öfter bewässert. Es wurde täglich mit Leitungswasser über eine Tropfbewässerung (40 ml min^{-1}) gegossen. Zusätzlich wurden alle 3 bis 4 Tage die Unterschiede in der Wasseraufnahme durch Wiegen und Gießen der Töpfe ausgeglichen. Die Temperaturen im Gewächshaus lagen zwischen 21-24 (max. 30)/17-20 °C (Tag/Nacht) und die Luftfeuchte betrug durchschnittlich 70 %.

Tab. 1: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Poinsettie, Pelargonie und Erdbeere auf Sand (Expt. 1)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der Wiederholungen	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
P-	Plantworks	-P Pla	5	5
	Ohne	-P -Inoc	5	-
P+	Plantworks	+P Pla	5	5
	Ohne	+P -Inoc	5	-

Tab. 2: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Pelargonie, Erdbeere und Poinsettie auf Klasmann und 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 1)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der Wiederholungen	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
Porree & Erdbeere				
Klas	Plantworks	Klas Pla	5	5
	Biorize	Klas Bio	5	5
	Triton	Klas Tri	5	3
	ohne	Klas -Inoc	5	-
Pelargonie				
20%	Plantworks	20% Pla	4	5
	Biorize	20% Bio	4	5
	Triton	20% Tri	4	3
	ohne	20% -Inoc	4	-
40%	Plantworks	40% Pla	4	5
	Biorize	40% Bio	4	5
	Triton	40% Tri	4	3
	ohne	40% -Inoc	4	-
Poinsettie				
20%	Plantworks	20% Pla	5	5
	Biorize	20% Bio	5	5
	Triton	20% Tri	5	3
	ohne	20% -Inoc	5	-
40%	Plantworks	40% Pla	5	5
	Biorize	40% Bio	5	5
	Triton	40% Tri	5	3
	ohne	40% -Inoc	5	-

2.2 Pflanzenmaterial

Tab. 3: Die Pflanzenspezies wurden als bewurzelte Stecklinge verwendet (Expt. 1)

Spezies	Botanischer Name	Sorte	Vertreiber
Erdbeere	<i>Fragaria</i>	“Elsanta“	Gossens Flevo Plant
Poinsettie	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	“Cortez Red“	Witzenhausen C. Bruns (bewurzelt im IGZ Erfurt)
Pelargonie	<i>Pelargonium peltatum</i>	“Balcon Imperial Compact“	Silze
Porree	<i>Allium ampeloprasum</i> L. var. <i>porrum</i>	“Prelina“, Sommersorte, ungebeizt	Syngenta Seeds GmbH (gekeimt am IGZ Großbeeren)

2.3 Mykorrhiza Inokula

Drei kommerzielle Inokula wurden ausgewählt und nach Herstellerangaben in das Substrat gemischt: Triton 3 % v/v, Plantworks 5 % v/v, Biorize 5 % v/v.

2.4 Substrat

Tab.4: Verwendete Substrate (Expt. 1)

Substrat	Abkürzung	Zusammensetzung	Herkunft
Mineralboden	-P & +P	Sand	Thyrow
Klasmann Substrat	Klas	20% Grünkompost + Torf	Fa. Klasmann – Deilmann
20% Kompost-Substrat	20%	20% Grünkompost + Torf	Univ. Kassel
40% Kompost-Substrat	40%	40% Grünkompost + Torf	Univ. Kassel

2.4.1 Mineralboden

Sand vom Oberboden der Versuchsstation Thyrow der Humboldt Universität Berlin.

Tab.5: Nährstoffgehalte im Mineralboden aus Thyrow (Expt. 1)

Gesamt-N	P	K	Mg	C
mg kg ⁻¹				
320	85	73	17	340

Der Boden wurde mit Granukal (80 % CaCO₃, 5 % MgCO₃) auf pH 5.5 aufgekalkt und auf 5 mm gesiebt.

2.4.2 Klasmann Substrat

KKS® Bio-Potgrond; Fa. Klasmann – Deilmann GmbH (Angaben des Herstellers) (80 Vol. - % Schwarztorf aus Deutschland, 20 Vol. - % Grünkompost); Pflanzen verfügbare Nährstoffe: 300 – 400 mg l⁻¹ N, 109 – 153 mg l⁻¹P, 290 – 415 mg l⁻¹ K. N wurde je nach Feuchtigkeit und Temperatur des Substrats freigesetzt. Der Salzgehalt betrug 1.0 – 2.0 g l⁻¹ Substrat und der pH-Wert (CaCl₂) lag bei 5.0 – 6.0.

2.4.3 20 % und 40 % Kompost-Substrat

Das Kompost-Substrat wurde von C. Bruns an der Universität Kassel in Witzenhausen hergestellt. 20 % und 40 % Kompost wurde jeweils mit 80 % und 60 % Weißtorf vom Baltikum gemischt und auf 10 mm gesiebt.

Tab. 6: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (Expt. 1)

Anteil des Komposts im Substrat	N [mg l ⁻¹]	P [mg l ⁻¹]	K [mg l ⁻¹]	pH CaCl ₂
20%	30	70	309	6 – 6.5
40%	60	143	614	6 – 6.5

Die Nährstoffanalyse wurde von der LUFA Kassel durchgeführt.

2.5. Düngung

2.5.1 Mineralischer Boden

Tab. 7: Düngung des sandigen Bodens aus Thyrow (Expt. 1)

Nährstoffkonzentrationen [mg kg ⁻¹]	+P [mg kg ⁻¹]	-P [mg kg ⁻¹]
140 N	250 Ca(NO ₃) ₂	250 Ca(NO ₃) ₂
100 K	100 KNO ₃	120 KNO ₃
		230 K ₂ SO ₄
50 P	220 KH ₂ PO ₄	
50 Mg	500 Mg(NO ₃) ₂	500 Mg(NO ₃) ₂

Nach 40 Tagen erhielten die Poinsettien eine Zusatzdüngung von 40 ml Calcinit™ superior soluble, Hydro Agri, 15.5 % Gesamt-N, 14.4 % Nitrate - N und 1.1 % Ammonium – N, 19 % Ca (30g Calcinit*10 l⁻¹ H₂O).

2.5.2 Substrat von C. Bruns

Eine Mischung aus 33 % Hornmehl 0-2mm mit 10 % N, und 66 % Horngries 2-6mm mit 14 % N wurden dem Substrat beigemischt (Fa. Oscorna). Aus diesem wurden während einer Zeitspanne von zwei Wochen 21 % N und nach sechs bis acht Wochen 85 % N pflanzenverfügbar (Mitteilung von C. Bruns) (Tab. 7)

Tab. 8: Stickstoffdüngung und -verfügbarkeit im Kompostsubstrat von C. Bruns (Expt. 1)

	20 % Kompost mg N l ⁻¹	40 % Kompost mg N l ⁻¹
Verfügbar N im Substrat	30	60
Gesamt N im Horndünger	800	658
Nach 2 Wochen (21%)	170	140
Nach 6-8 Wochen (85%)	680	560
Hornzugabe	6.7 g l ⁻¹	5.5 g l ⁻¹

Zusammen mit dem pflanzenverfügbaren N im Substrat, konnte die Pflanze in den ersten zwei Wochen bis zu 200 mg N l⁻¹ (50 mg Topf⁻¹) aufnehmen. Die N Mineralisation aus dem Kompostsubstrat erfolgte linear über die Zeit.

2.6 Ernte und Analyse

2.6.1 Bonitur

Während des Experiments wurden die Knospenanzahl der Pelargonie und die Jungblätter der Erdbeere und die Sprosslänge von Porree und Poinsettie erfasst.

2.6.2 Frisch- und Trockenmasse

Bei Versuchsende wurde der Spross von den Wurzeln getrennt, gereinigt, die Frischmasse (FM) gewogen, zwei Tage bei 80 °C getrocknet und die Trockenmasse (TM) bestimmt. Der Spross wurde in einer Zentrifugalmühle 0.25 mm zerkleinert.

Von den Wurzeln wurden ebenfalls nach dem Waschen die FM und TM erfasst und eine repräsentative Unterproben aus dem Wurzelsystem genommen und für die Prüfung einer Mykorrhizainfektion in 10 % Isopropanollösung konserviert

2.6.3. Pflanzenanalyse

Der gemahlene Spross wurde zur Bestimmung von P-, K-, und Zn-Konzentrationen bei 500-525 °C für 3-4 h verascht. Zur Kupferbestimmung wurde das Pflanzenmaterial bei 625 °C verascht. Anschließend wird die Asche mit 18,5 % HCl aufgenommen. K, Cu und Zn wurden am Atom-Absorptions-Spektrometer (AAS) gemessen. P wurde durch Zugabe von Isoploymolybdansäure in einer Reaktion zu Phosphomolybdänblau reduziert und am EPOS – Analyser (Spectral Photometer) P detektiert. N wurde durch eine trockene Oxidation nach DUMAS aufgeschlossen.

2.6.4. Wurzellängenkolonisation

Sie wurde nach der Methode von Koske und Gemma (1989) durchgeführt.

2.6.5 Bodenanalyse

Vor der Analyse wurde der Boden bei 80 °C drei Tage getrocknet. Der pH-Wert wurde in $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bestimmt. Gesamt N und C wurden wie bei den Pflanzenproben auch durch eine trockene Oxidation nach DUMAS aufgeschlossen. Pflanzenverfügbares P und K wurde in einer salzsauren Calciumlaktatlösung ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) aufgeschlossen und wie bei den Pflanzenproben bestimmt. Das pflanzenverfügbare Mg wurde mit einer CaCl_2 extrahiert, welches mit einer Xylidylblau-Lösung einen Farbkomplex bildet und am EPOS – Analyser photometrisch bestimmt wird.

2.7 Zusatzversuche

Es wurde der Mineralboden auf vorhandene Mykorrhizen im Boden über vier Monate hinweg getestet und nach der Methode von Schaller (1988) die maximale Wasserhaltekapazität in geschüttelten Substraten ermittelt (Tab. 8)

Tab. 9: Maximale Wasserhaltekapazität verschiedener Substrate (Expt. 1)

	WKmax%
Klasmann Substrat	480
20% Kompost-Substrat	420
40% Kompost-Substrat	550
Sand aus Thyrow	20

2.8 Statistik

Das Experiment auf Sand wurde unabhängig von den Kompost-Substraten getestet. Auf Sand wurde der Einfluss von Mykorrhiza und P-Düngung auf die Trockenmasse, Nährstoffgehalt, Nährstoffgesamtgehalt und Boniturobjekte in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit der "Statistica"-Software untersucht und mit dem Newman Keuls Test die Grenzdifferenz bestimmt. Danach wurden dieselben Meßgrößen auf Kompostsubstrat untersucht, jedoch hier unter dem Einfluss des jeweiligen Inokulums und des Kompost-Substrats.

3. Ergebnisse

Es wurde die nicht inokulierten Variante (-Inoc) mit den verschiedenen Behandlungen verglichen und nur die signifikanten Unterschiede beschrieben. Bei den Gehalten wurden nur die graphisch dargestellt, die auch in ihren Gesamtgehalten Unterschiede zeigten. Ausgenommen die Porree K-Gehalte die keine signifikanten Unterschiede zeigten. Die Grunddaten wurden im Anhang aufgeführt.

3.1 Porree

3.1.1 Mykorrhizierung

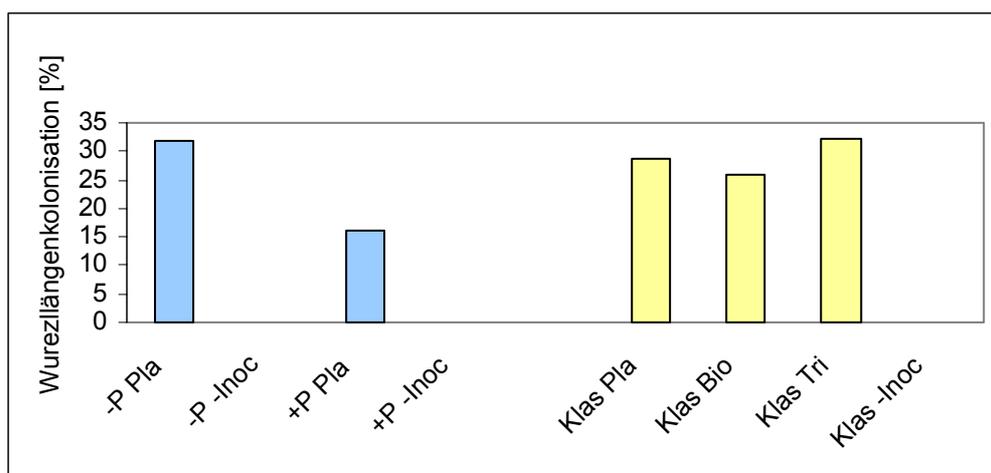


Abb. 1: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)

Die in Abb. 1 dargestellte Wurzellängenkolonisation der Porreewurzeln durch Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton lag mit 25-32 % in einem guten Bereich. In der nicht inokulierten Variante konnte keine Kolonisation gefunden werden. Auffällig ist die Reduzierung der Kolonisation um die Hälfte auf dem mit P aufgedüngten Sandboden.

3.1.2 Trockenmasse

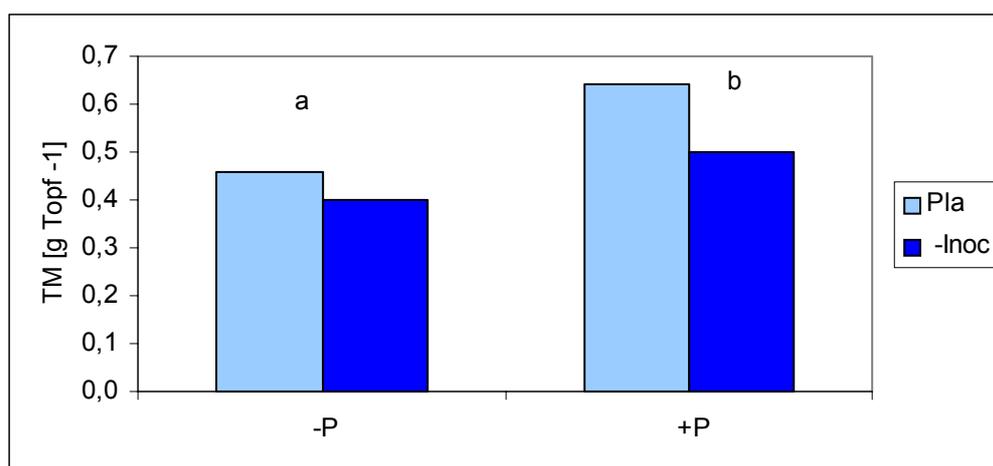


Abb. 2: Sprosstrockenmasse bei Porree unter dem Einfluss der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,11 Myk j/n: 0,11) (Expt. 1)

Die Trockenmassen der beiden Porreesprosse pro Topf betrug auf der höheren P-Düngevariante mit dem Plantworks-Inokulum 0,6 g wogegen die niedrige P-Düngevariante ohne Inokulum nur 0,4 g erreichte (Abb. 2).

3.1.3 Nährstoffgehalt

Die Nährstoffgehalte zeigen nur bei den N-Gehalten auf Sand und beiden K-Gehalten auf dem Klasmannsubstrat signifikante Unterschiede zu der nicht inokulierten Variante (Abb. 3, 4). Auf allen anderen Substraten zeigten sich bei den P- und Zn-Gehalten keine Unterschiede.

Die Versorgung der Pflanzen mit P, K, und Zn ist beim Vergleich mit den optimalen Werten einer ausgewachsenen Zwiebel von Bergmann (1993) ausreichend. Die N-Gehalten sind jedoch auf Grund von Auswaschung niedriger als erwartet.

3.1.3.1 N-Gehalt

Die mit Plantworks Inokulum kolonisierten Pflanzen zeigten erhöhte N-Gehalten gegenüber den nicht inokulierten Varianten. Im Mittel lagen die N-Gehalten zwischen 12 und 16 g kg⁻¹ (Abb. 3). Auf Klasmannsubstrat hatte die Mykorrhiza keinen Einfluss.

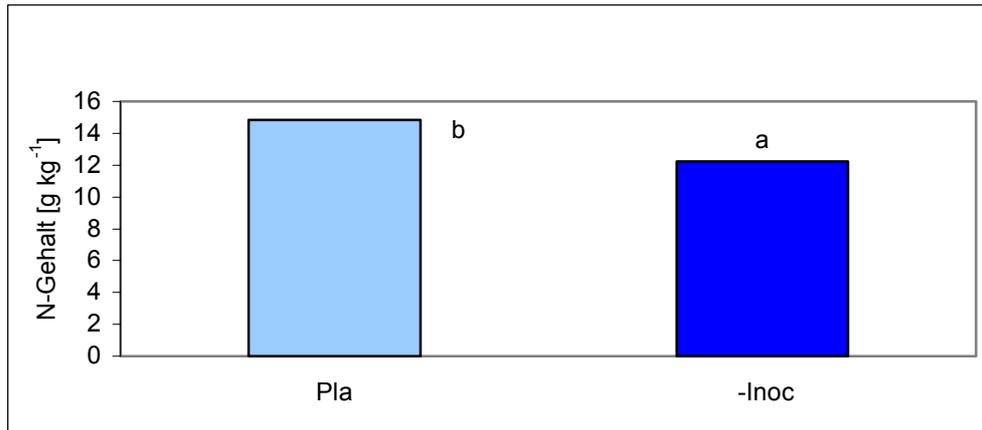


Abb. 3: N-Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,99) (Expt. 1)

3.1.3.2 K-Gehalt

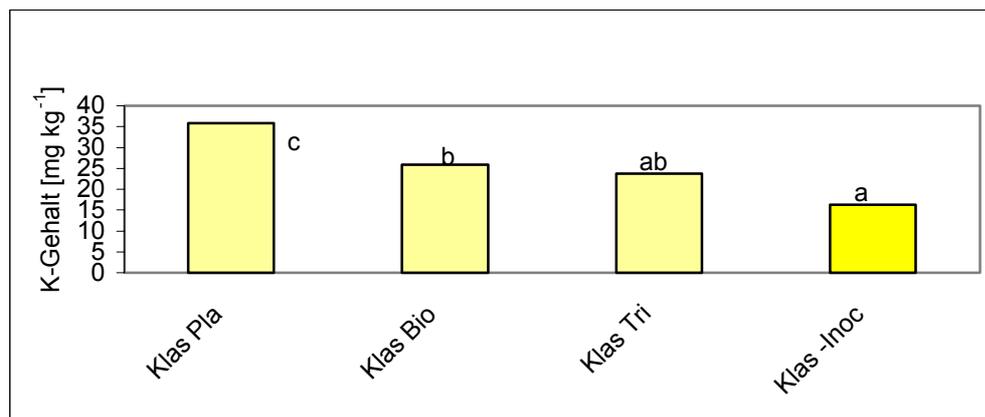


Abb. 4: K-Gehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 8,38) (Expt. 1)

Auf Klasmann Substrat zeigten die Varianten mit dem Inokulum der Firmen Plantworks und Biorize gegenüber der nicht inokulierten Variante erhöhte K-Gehalte, wobei Plantworks mit 35 g kg^{-1} im Gegensatz zur nicht inokulierten Variante mit 15 g kg^{-1} die höchsten Gehalt erreichte (Abb. 4). Auf Sand gab es keine Unterschiede.

3.1.4 Nährstoffgesamtgehalt

3.1.4.1 N-Gesamtgehalte

Wie die N-Gehalten so waren auch die N-Gesamtgehalte unter dem Einfluss des Plantwork-Inokulums um ein Viertel gegenüber der nicht inokulierten Variante gesteigert. Auf dem Klasmannsubstrat hatte die Mykorrhiza keinen Einfluss (Abb. 5).

Die P-, K-, und Zn-Gesamtgehalte waren nicht signifikant unterschiedlich.

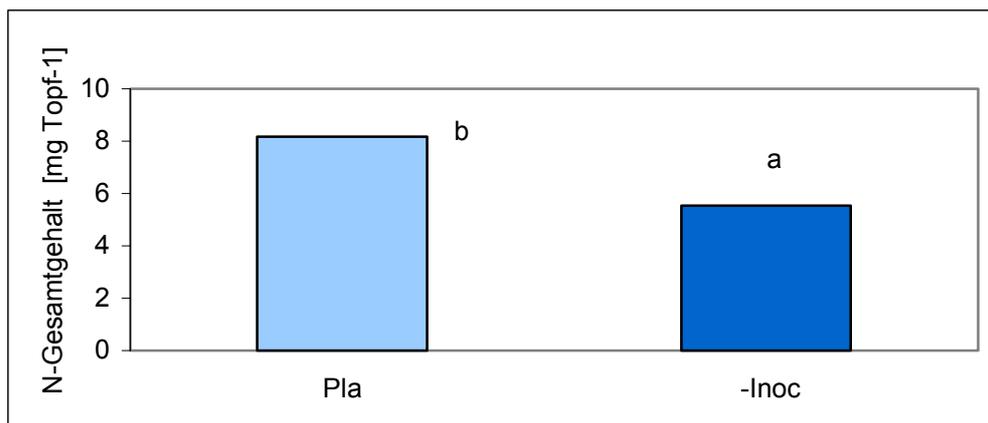


Abb. 5: N-Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 1,7) (Expt. 1)

3.1.5 Sprosslänge

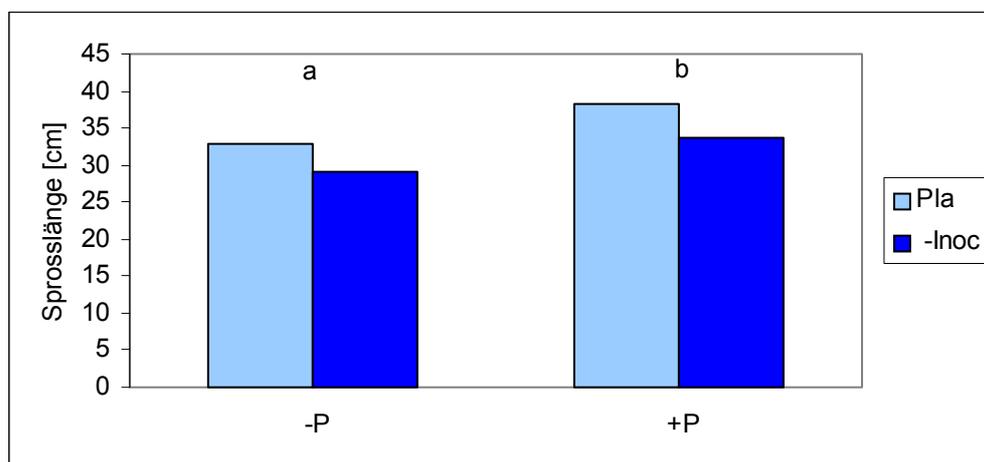


Abb. 6: Sprosslänge von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und unterschiedlicher P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 3,51 Myk j/n: 3,51) (Expt. 1)

Sowohl das Plantworks Inokulum als auch die höhere P-Düngevariante hatten einen nachweisbaren fördernden Einfluss auf die Sprosslänge der Porree Pflanzen gegenüber der nicht inokulierten Variante. Somit hatte die Variante "+P-Inoc" mit 0,38 m die höchste und die Variante "-P-Inoc" mit 0,29 m die niedrigste Höhe (Abb. 6). Auf Klasmann Substrat wurden kein Effekt nachgewiesen.

3.2 Pelargonie

3.2.1 Mykorrhizierung

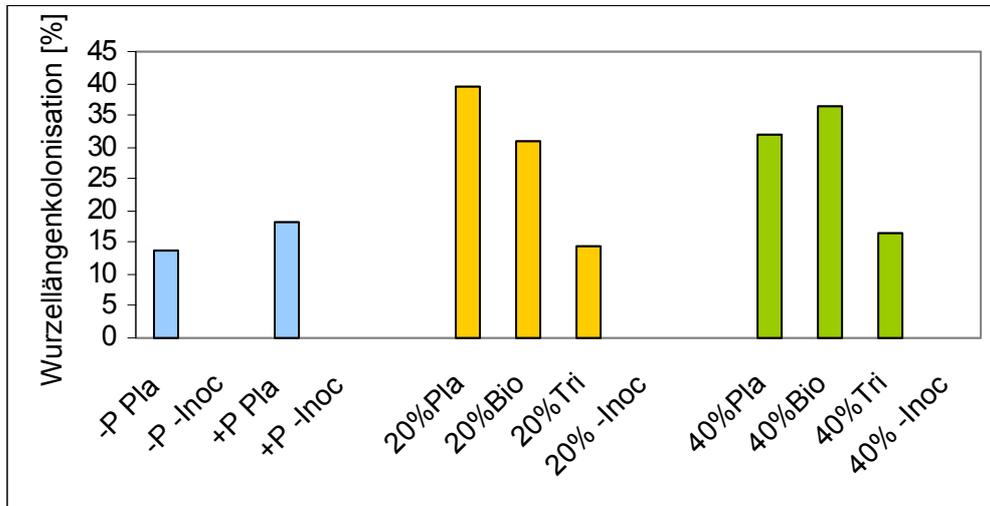


Abb. 7: Wurzellängenkolonisation von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klamann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)

Die in Abb. 7 dargestellte Wurzellängenkolonisation der Pelargonien durch Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf dem Kompost-Substrat ist sehr unterschiedlich. Die niedrigste Kolonisierung lag zwischen 14-18 % auf Sand und bei den mit Triton inokulierten Pflanzen. Auf dem Kompost-Substrat lagen die Kolonisationsraten durch das Plantworks- und Biorize Inokulum zwischen 30 und 40 % höher als beim Porree. Auf Sand waren die mit der höheren P-Düngung stärker kolonisiert. In der nicht inokulierten Variante wurde keine Kolonisierung gefunden.

3.2.2 Trockenmasse

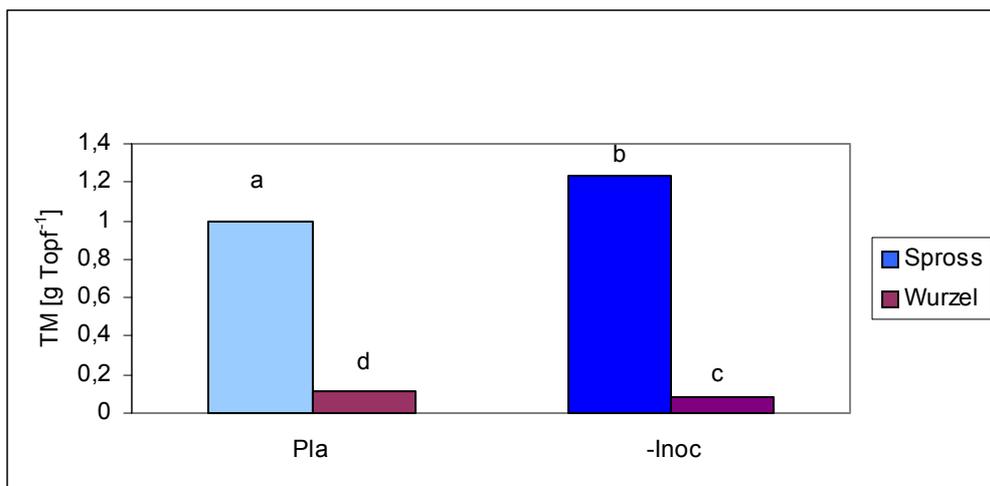


Abb. 8: Spross- und Wurzel trockenmasse bei Pelargonie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Myk j/n: 0,17 Wurzel Myc j/n: 0,03) (Expt. 1)

Gegenüber der nicht inokulierten Variante war die Sprosstrockenmasse mit 1 g pro Pflanze und Topf niedriger. Dagegen war die Wurzelrockenmasse der inokulierten Variante höher. Auf den Kompost-Substraten gab es keine Unterschiede (Abb. 8).

3.2.3 Nährstoffgehalt

Die Pflanzen waren mit den Hauptnährstoffen N, P und K ausreichend versorgt (Bergmann, 1993). Ausnahme war jedoch die niedrige N-Versorgung auf Sand.

3.2.3.1 N-Gehalt

Die N-Gehalten auf Sand waren bei der inokulierten Variante mit 14 g kg^{-1} gegenüber der nicht inokulierten Variante mit 10 g kg^{-1} erhöht. Auf den Kompost-Substraten wurden keine Unterschiede festgestellt.

3.2.3.2 P-Gehalt

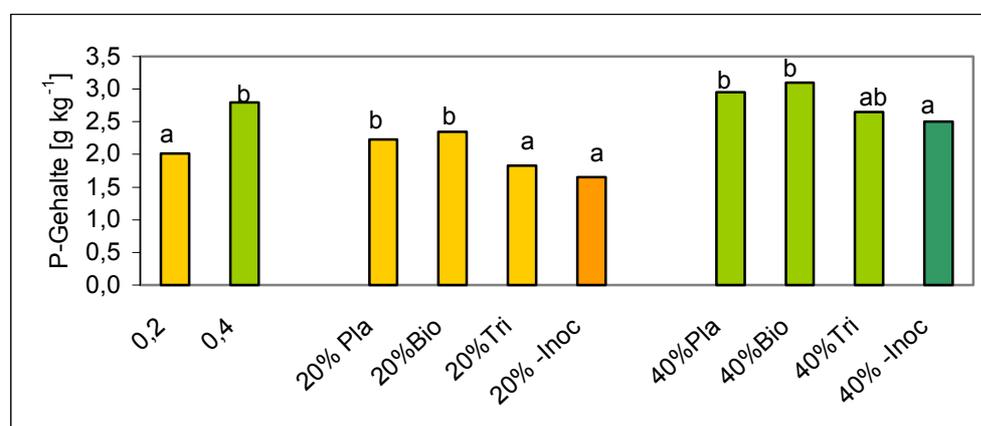


Abb. 9: P-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,15 Inokulum: 0,29) (Expt. 1)

Die P-Gehalten der Sprosse von Pelargonie waren auf 40% Kompost-Substrat mit $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ gegenüber dem 20% Kompost-Substrat mit 2 g kg^{-1} gesteigert. Unter dem Einfluss des Plantworks- und Biorize-Inokulums waren auf beiden Substraten die P-Gehalte um ein Viertel gegenüber der nicht inokulierten Variante erhöht (Abb. 9).

3.2.3.3 K-Gehalt

Die K-Gehalte auf den Kompost-Substraten stiegen im Vergleich zur nicht inokulierten Variante von Triton über Biorize bis Plantworks bis auf mehr als das Doppelte an (Abb. 10). Auf Sand bewirkte die Inokulation mit Plantworks eine Steigerung um 5 g kg^{-1} . Die Zn-Gehalte waren nicht unterschiedlich.

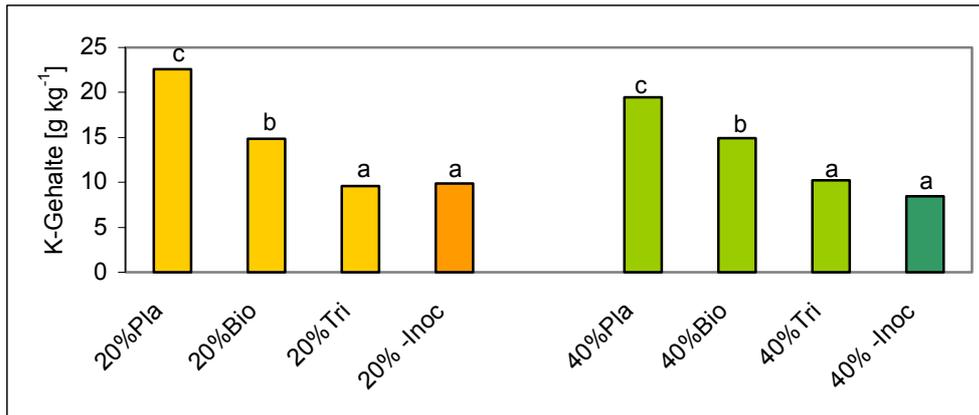


Abb. 10: K-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 3,25) (Expt. 1)

3.2.4. Nährstoffgesamtgehalten

3.2.4.1 P-Gesamtgehalt

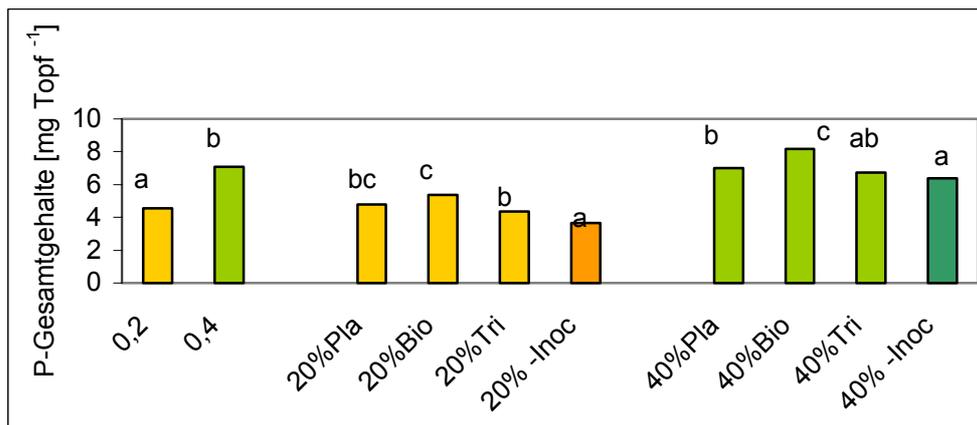


Abb. 11: P-Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,33 Inokulum: 0,63) (Expt. 1)

Wie bei den P-Gehalten enthielten die Pflanzen auf 40 % Kompost-Substrat mit 7 mg pro Topf ein Drittel mehr P als die Pflanzen auf 20 % Kompost-Substrat mit 4,5 mg pro Topf. Beim Vergleich der Inokula auf beiden Substraten zeigte sich, dass das Plantworks- und Biorize-Inokulum die P-Gesamtgehalte gegenüber der nicht inokulierten Variante um drei Viertel erhöhte. Bei 20 % Kompost hatte auch das Triton-Inokulum einen fördernden Einfluss. Auf Sand hatten die mit Plantworks inokulierten Pelargonien mit 3,2 mg pro Topf einen niedrigeren P-Gesamtgehalt in ihren Sprossen als die nicht inokulierten Pflanzen mit 3,8 mg pro Topf (Abb. 11).

3.2.4.2 K-Gesamtgehalt

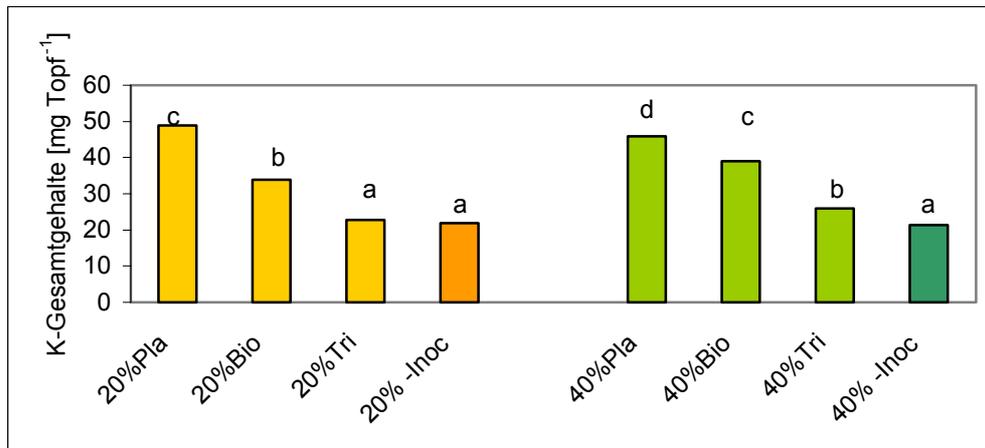


Abb. 12: K-Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 6,34) (Expt. 1)

Die K-Gesamtgehalte auf beiden Kompostsubstraten stiegen im Vergleich zur nicht inokulierten Variante mit 21 mg pro Topf von Triton über Biorize bis Plantworks mit maximal 49 mg pro Topf auf mehr als das Doppelte an (Abb. 12). Auf Sand gab es keine Unterschiede.

Die Zn- und N-Gesamtgehalte unterschieden sich nicht signifikant.

3.2.5 Knospenbildung

Die Knospenbildung wurde unter dem Einfluss des Plantworks-Inokulum gegenüber der nicht inokulierten Variante sowohl auf 20 % als auch auf 40 % Kompost-Substrat signifikant im Mittel um die Hälfte erhöht.

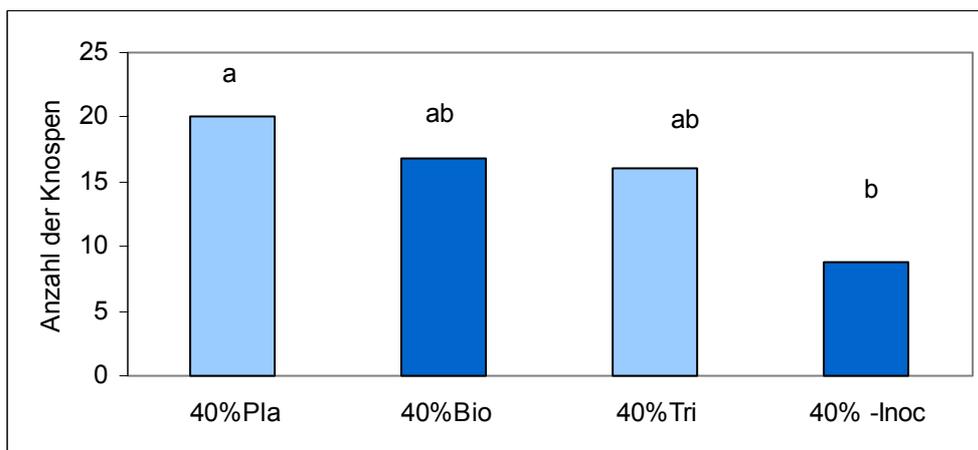


Abb. 13: Anzahl der Knospen von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 8,9) (Expt. 1)

3.3 Poinsettie

3.3.1 Mykorrhizierung

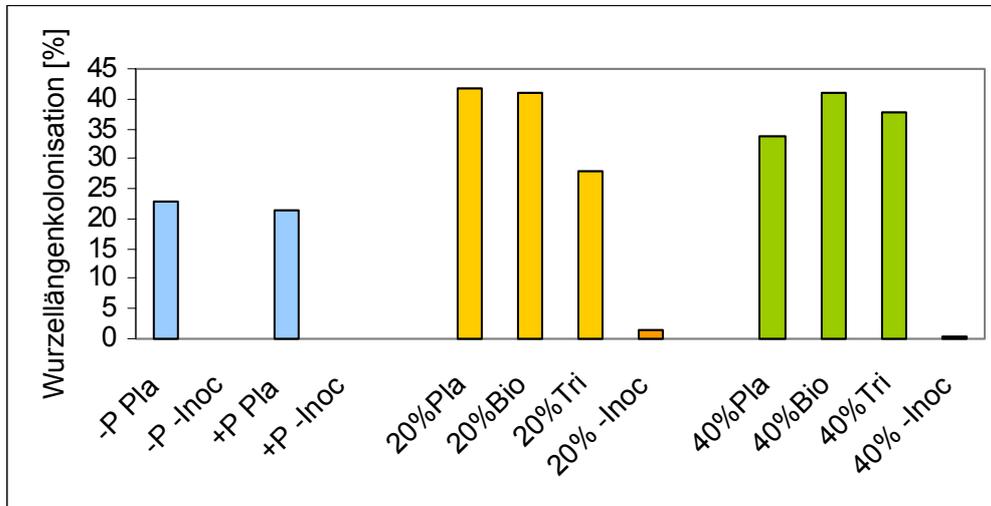


Abb. 14: Wurzellängenkolonisation von Poinsettie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 1)

Die Wurzellängenkolonisation der Poinsettie durch Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf dem Kompost-Substrat lag mit 25-40 % etwas höher als der Porree. Die Kolonisation auf Sand war mit 22 % etwas niedriger. Ein leichter Unterschied war bei den P-Düngevarianten zu sehen, die bei "-P" etwas höher lag als bei der "+P"-Variante. Auf den Kompost-Substraten wurde eine leichte Kolonisation von 0,3-1,3 % gefunden (Abb. 14).

3.3.2 Trockenmasse

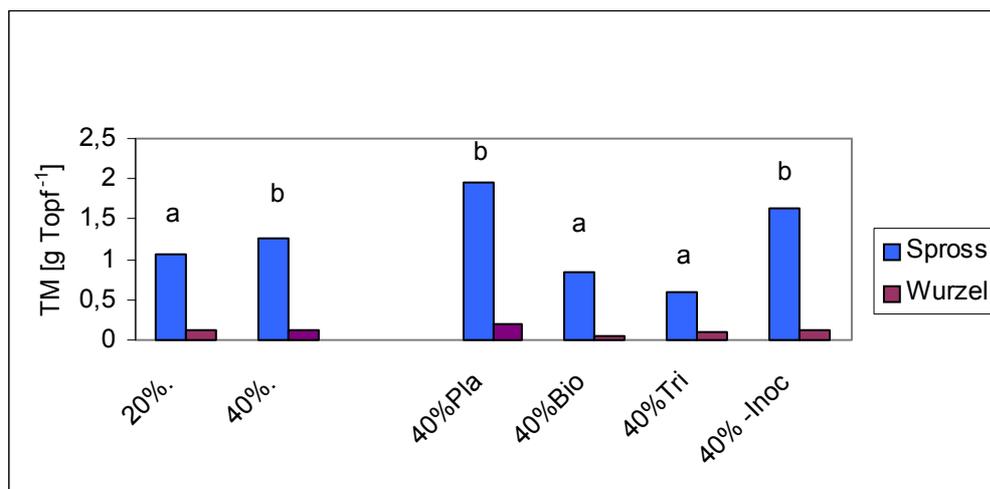


Abb. 15: Spross- und Wurzeltrockenmasse bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Substrat: 0,2 Inokulum: 0,39 Wurzel Substrat: n.s. Inokulum: 0,07) (Expt. 1)

Auf den Kompost-Substraten zeigten sich in der Spross trockenmasse auf 40 % Kompost-Substrat mit 1,3 g pro Topf gegenüber dem 20 % Kompost-Substrat mit 1 g pro Topf signifikant erhöhte Werte (Abb. 15). Am Beispiel des 40 % Kompost-Substrats wurde sichtbar, dass die Spross trockenmasse unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Biorize und Triton um mehr als die Hälfte (0,6 bzw 0,8 g Topf⁻¹) niedriger lagen. Dasselbe galt für die Wurzeltrockenmasse, wobei auf 20 % Kompost-Substrat auch das Plantworks-Inokulum Depressionen erzeugte.

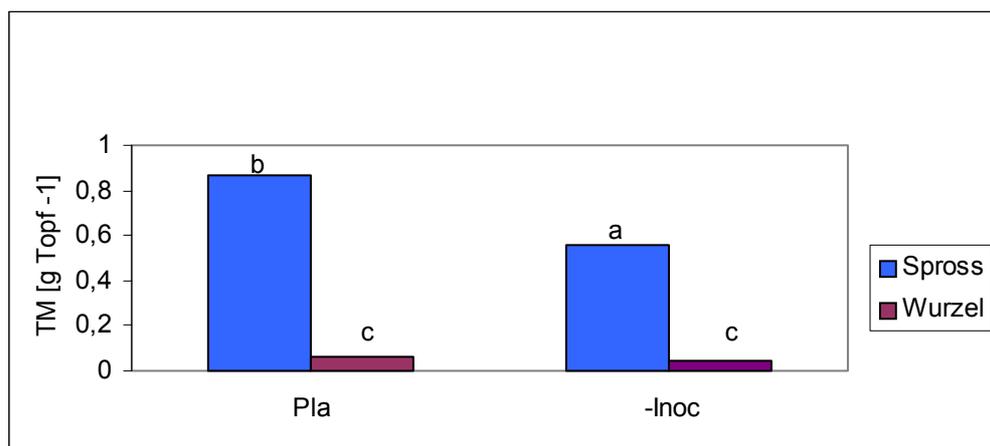


Abb. 16: Spross- und Wurzeltrockenmasse bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und einer nicht inokulierten Variante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Spross Myk j/n: 0,18) (Expt. 1)

Auf Sand war die Spross trockenmasse unter dem Einfluss des Plantworks-Inokulums um 0,3 g pro Topf höher als bei der nicht inokulierten Variante (Abb. 16). Bei den Wurzeln gab es keine Unterschiede in der Trockenmasse.

3.3.3 Nährstoffgehalt

Die Versorgung mit den Nährstoffen P und K insbesondere mit N war niedrig (Bergmann, 1993).

3.3.3.1 P-Gehalt

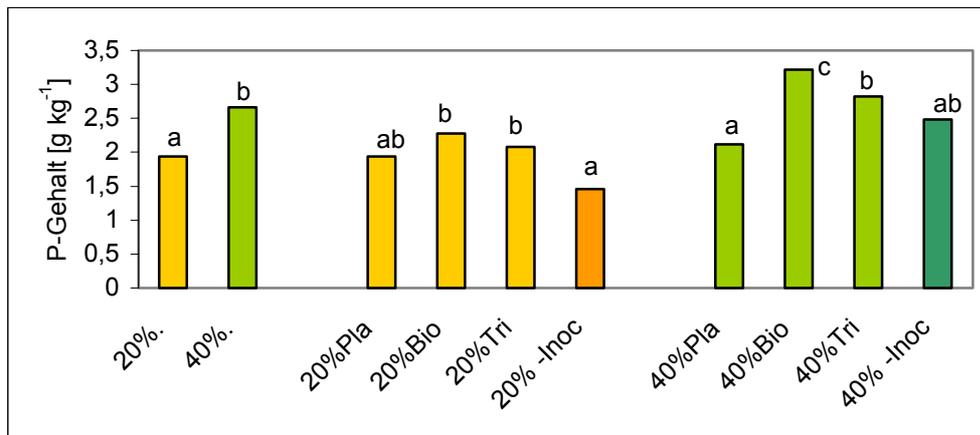


Abb. 17: P-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,31 Inokulum: 0,6) (Expt. 1)

Die P-Gehalt in den Sprossen lag auf 40 % Kompost-Substrat bei 2,6 g kg⁻¹ und war damit höher als auf 20 % Kompost-Substrat mit 2 g kg⁻¹ (Abb. 17).

Beim Vergleich der Inokula untereinander zeigt sich, dass die P-Gehalten auf 20% Kompost unter dem Einfluss der Inokula Biorize und Triton gegenüber der nicht inokulierten Variante mit 1,5 g kg⁻¹ bis auf 2,3 g kg⁻¹ gesteigert wurde. Auf 40 % Kompost-Substrat waren nur die P-Gehalten unter dem Einfluss des Biorize-Inokulums gegenüber der nicht inokulierten Variante um 0,7 g kg⁻¹ erhöht (Abb. 17).

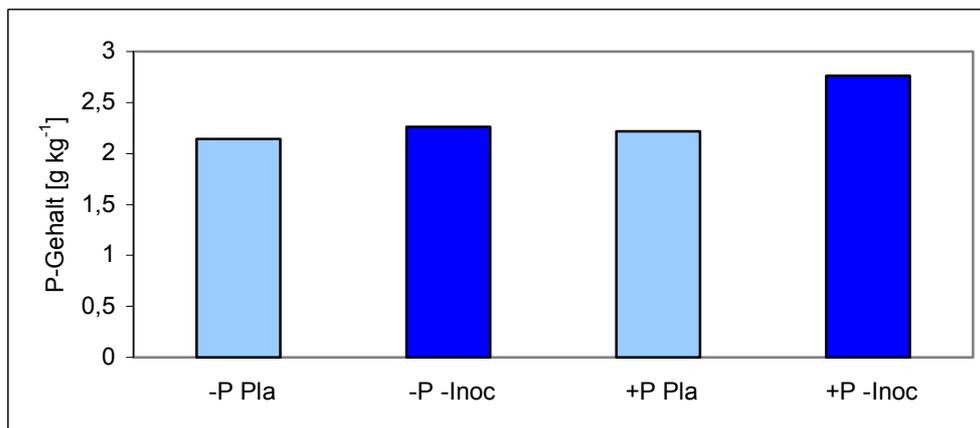


Abb. 18: P-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks, einer nicht inokulierten Variante und einer P-Düngevariante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,24 Myk j/n: 0,24) (Expt. 1)

Auf Sand hatte sowohl die +P-Düngung als auch die Inokulation einen Einfluss auf die P-Gehalt (Abb. 18) Die höchsten Gehalten erreichte die "+P-Inoc"-Variante mit 2,8 g kg⁻¹ und die niedrigsten Werte die "-P Pla"-Variante mit 1,9 g kg⁻¹.

3.3.3.2 K-Gehalt

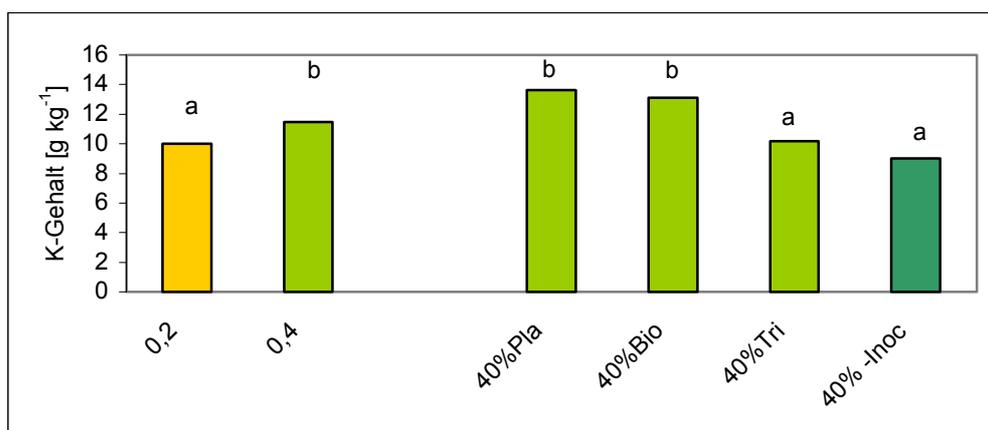


Abb. 19: K-Gehalt bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 1,4 Inokulum: 2,65) (Expt. 1)

Auch bei den K-Gehalten haben die Poinsettien auf 40 % Kompost mit $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ höhere Werte als auf 20 % Kompost-Substrat (Abb. 19). Einen Einfluss haben die Inokula auf die K-Gehalte jedoch nur auf dem 40 % Kompost-Substrat. Die Plantworks- und Biorize-Inokula erhöhten die K-Gehalte signifikant gegenüber der nicht inokulierten Variante.

Auf Sand hatte die P-Düngung eine Steigerung der K-Gehalte um 3 g kg^{-1} verursacht.

3.3.3.1 Zn-Gehalt

Die Mykorrhizierung auf Sand hatte einen erniedrigenden Effekt von $6,5 \text{ g Zn kg}^{-1}$ gegenüber der nicht inokulierten Variante. Die Kompost-Substrate zeigten keine Unterschiede. Die N-Gehalten waren nicht signifikant unterschiedlich.

3.3.4 Nährstoffgesamtgehalt

3.3.4.1 P-Gesamtgehalt

Die P-Gesamtgehalte unterschieden sich auf 40 % Kompost-Substrat mit $3,3 \text{ mg Topf}^{-1}$ von dem 20 % Kompost-Substrat mit $1,9 \text{ mg Topf}^{-1}$.8 (Abb. 20).

Beim Vergleich der Inokula untereinander zeigte sich, dass die P-Gesamtgehalte auf dem 20% Kompost-Substrat unter dem Einfluss des Triton-Inokulums um fast die Hälfte niedriger lagen. Auf 40% Kompost-Substrat hatte neben dem Triton-Inokulum einem fast zwei Drittel geringeren P-Gesamtgehalt auch das Biorize-Inokulum einen fast um die Hälfte geringeren P-Gesamtgehalt als die nicht inokulierte Variante.

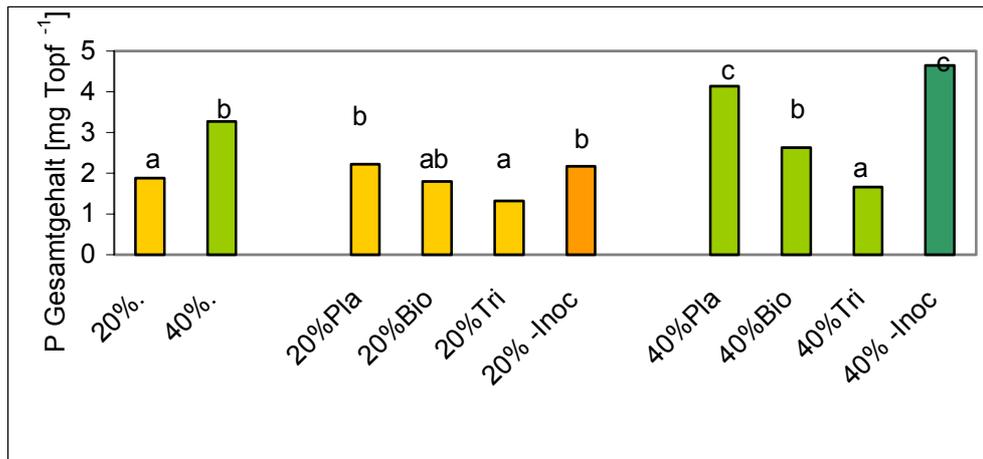


Abb. 20: P-Gesamtgehalte bei Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Bi-orize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,41 Inokulum: 0,78) (Expt. 1)

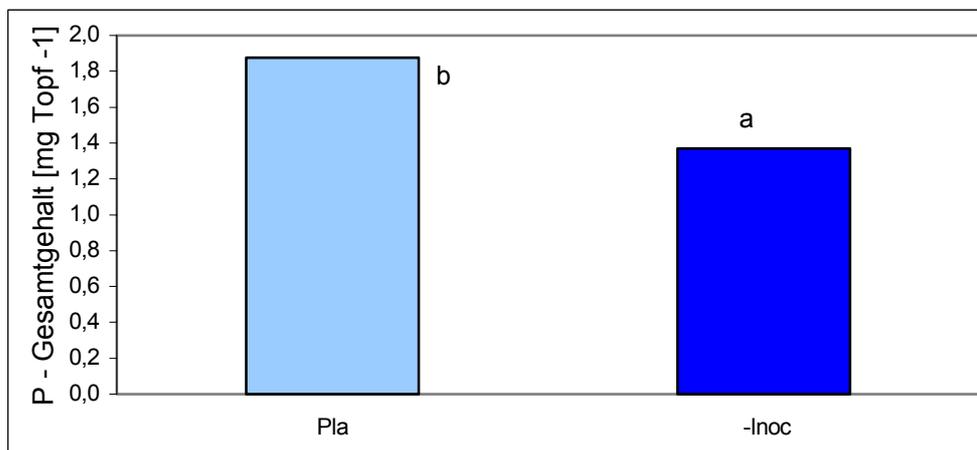


Abb. 21: P-Gesamtgehalte bei Poinsettie unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und einer nicht inokulierten Variante auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,35) (Expt. 1)

Die P-Gesamtgehalte lagen durch die Plantworks-Inokulation bei 1,4 mg Topf¹, während die -Inoc Variante nur einen P-Gehalt von 1,9 mg Topf¹ hatte (Abb. 21).

3.3.4.2 K-Gesamtgehalte

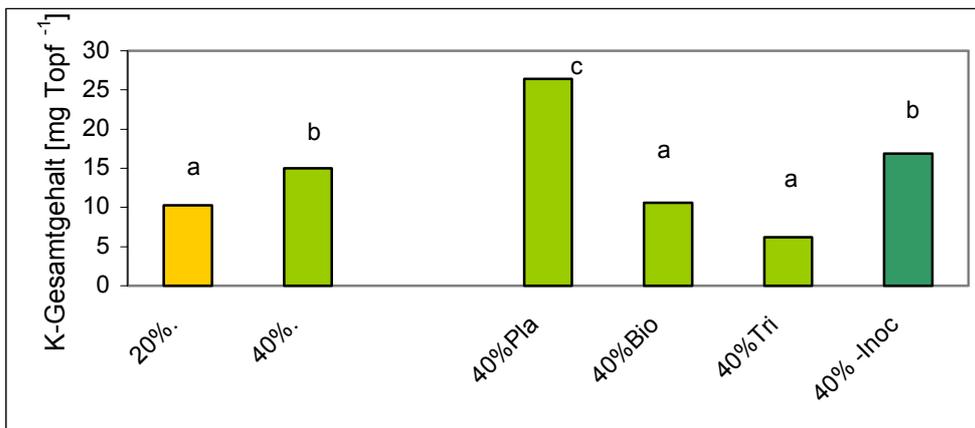


Abb. 22: K-Gesamtgehalte bei Poinsettia unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 2,2 Inokulum: 4,17) (Expt. 1)

Die Sprosse auf 40 % Kompost-Substrat waren mit 15 mg P pro Topf um ein Drittel höher als die Gesamtgehalte auf 20 % Kompost-Substrat (Abb. 22)

Beim Vergleich der Inokula untereinander zeigte sich, dass die K-Gesamtgehalte auf dem 20 % Kompost-Substrat unter dem Einfluss des Biorize- und Triton-Inokulums (6,3 bzw 8,5 mg Topf⁻¹) signifikant niedriger waren als die nicht inokulierten Variante (13,4 mg Topf⁻¹). Das gleiche Bild zeigte sich auf 40 % Kompost-Substrat. Jedoch wurden die K-Gesamtgehalte unter dem Einfluss des Plantworks-Inokulums (26 mg Topf⁻¹) signifikant erhöht gegenüber der nicht inokulierten Variante (mg Topf⁻¹).

Auf Sand erhöhte die Mykorrhizierung die K-Gesamtgehalte um 7g pro Topf gegenüber der nicht inokulierten Variante.

3.3.4.3 Zn-Gesamtgehalte

Auf den Kompost-Substraten zeigen die Zn-Gesamtgehalte auf 40% Kompostsubstrat (94 mg pro Topf) gegenüber dem 20% Kompost-Substrat (83 µg Topf⁻¹) signifikant erhöhte Werte.

Auf 40% Kompost-Substrat wurden die Zn-Gesamtgehalte unter dem Einfluss des Plantworks-Inokulums signifikant erhöht und durch das Biorize- und Triton-Inokulum (56 bzw. 41 µg Topf⁻¹) signifikant erniedrigt gegenüber der nicht inokulierten Variante (161 µg Topf⁻¹).

Auf 20 % Kompost-Substrat und Sand wurden keine Unterschiede gefunden.

3.3.5 Sprosslänge

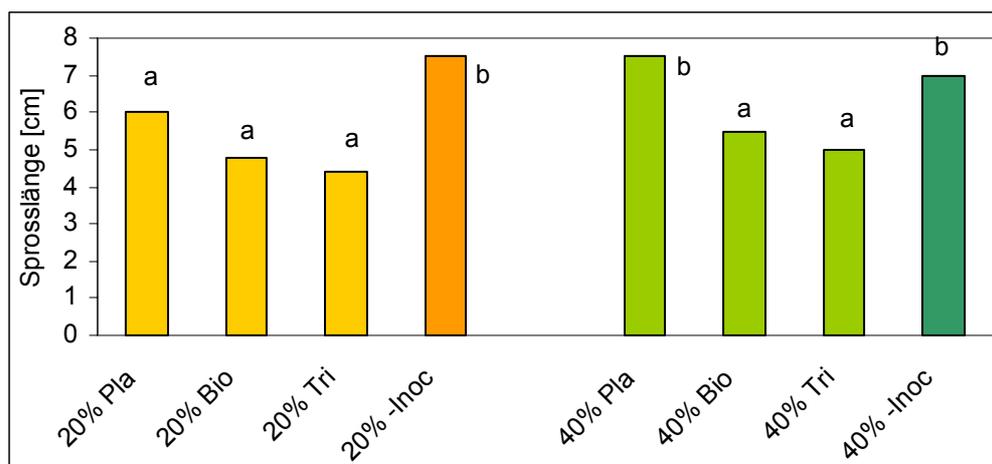


Abb. 23: Sprosslänge Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 1,22) (Expt. 1)

Beim Vergleich der Inokula zeigte sich, dass die Höhe der Pflanzen auf dem 20 % Kompost-Substrat unter dem Einfluss aller Inokula bis zu 0,03 m niedriger lagen; auf 40 % Kompost-Substrat jedoch nur unter dem Einfluss des Biorize- und Triton-Inokulums (Abb. 23).

Auf Sand wurden keine Unterschiede gefunden.

3.4 Erdbeere

Die Erdbeerwurzeln wurden nur durch das Biorize-Inokulum 0,3 % der Wurzellänge kolonisiert. Jedoch wurden bei der Trockenmassen noch bei den N-, P-, K- und Zn-Gehalten signifikante Unterschiede gefunden. Deshalb wurden keine weiteren Untersuchungen durchgeführt.

Experiment 2: Porree, Poinsettie und Pelargonie in der Klimakammer mit kommerziellen Inokula

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Im Vergleich zum ersten Experiment wird die Pflanzentrockenmasse unter konstanten und optimalen Bedingungen in der Klimakammer höher sein. Die Kolonisation mit Mykorrhiza wird durch die höhere Lichtintensität stärker sein und ihrerseits wiederum das Wachstum, die Nährstoffaufnahme und die Blütenbildung fördern.

1.2 Versuchsziel

- Im Vergleich zum ersten Experiment sollen höhere Trockenmassen, Nährstoffgehaltes und -gesamtgehalte und Blütenbildung erfolgen.
- Die Ergebnisse sollen die des ersten Experiments bestätigen.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Der Versuchsaufbau unterschied sich von Experiment 1 nur in den Substraten (Abkürzung vgl. Experiment 1: 2.4) und in den klimatischen Bedingungen. Als Versuchspflanzen wurden Porree, Pelargonie und Poinsettie ausgewählt und acht Wochen in 250 ml Töpfen mit fünf Wiederholungen kultiviert. Innerhalb einer Spezies standen die Pflanzen in einer vollständig randomisierten Anlage.

Die Pflanzen wurden täglich einmal mit destilliertem Wasser über eine Tropfbewässerung gegossen (40 ml min^{-1}). Zusätzlich wurden einmal pro Woche die Unterschiede im Wasserverbrauch ausgeglichen. Die Temperatur der Klimakammer wurde auf $18/22 \text{ }^\circ\text{C}$, eine relative Luftfeuchtigkeit von 80/70 % Nacht/Tag und auf einen Nacht/Tag Zyklus von 8/16 h eingestellt. Die Strahlungsintensität lag zwischen 450 und $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ an verschiedenen Stellen in der Klimakammer. Dies wurde ausgeglichen durch regelmäßiges Umstellen der Pflanzen.

Tab. 10: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Poinsettie, Pelargonie auf Sand (Expt. 2)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der Wiederholungen	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
P-	Plantworks	-P Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	-P -Inoc	5	5
P+	Plantworks	+P Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	+P -Inoc	5	5

Tab. 11: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree, Pelargonie und Poinsettie auf 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 2)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der Wiederholungen	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
20%	Plantworks	20% Pla	5	5
	Biorize	20% Bio	5	5
	Triton	20% Tri	5	3
	Plantworks steril + Filtrat	20% -Inoc	5	5
40%	Plantworks	40% Pla	5	5
	Biorize	40% Bio	5	5
	Triton	40% Tri	5	3
	Plantworks steril + Filtrat	40% -Inoc	5	5

Auf dem Sand traten während des Experiments Schwierigkeiten mit der Bewässerung auf, infolge dessen alle Poinsettien, zwei Pelargonien der Variante "-P Pla", drei der Variante "+P Pla" und eine Pflanze der Variante "+P -Inoc" starben. Auf den Kompostsubstraten war das Wachstum einzelner Pelargonien in der Varianten "20% Pla" und einzelner Poinsettie in den Varianten "40% Tri" und "20% Bio" so gering, dass die Nährstoffgehalte nicht ermittelt werden konnten.

2.2. Pflanzenmaterial

Porree, Poinsettie, Pelargonie

vgl. Experiment 1: 2.2

2.3 Mykorrhiza Inokula

Drei kommerzielle Mykorrhiza Inokula wurden ausgewählt und nach Herstellerangaben in das Substrat gemischt: Triton 3 % v/v, Plantworks 5 % v/v, Biorize 5 % v/v. Die nicht mykorrhizierte Variante wurde mit Plantworks Inokulum 5 % v/v inokuliert, das bei 121 °C für 20 min autoklaviert wurde. Zusätzlich wurde pilzfreies Filtrat eines nicht sterilisierten Plantworks Inokulum zugegeben (589/3 Blaubandfilter, Schleicher & Schuell GmbH)

2.4. Substrat

2.4.1 Mineralischer Boden

vgl. Experiment 1: 2.4.1

2.4.2 20% und 40% Kompost-Substrat

vgl. Experiment 1: 2.4.3. Das Kompost-Substrat wurde auf 5 mm gesiebt und mit CaO l⁻¹ aufgekalkt.

Tab. 12: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (Expt. 2)

Anteil des Komposts im Substrat	N [mg l ⁻¹]	P [mg l ⁻¹]	K [mg l ⁻¹]	pH CaCl ₂
20%	5	67	347	6.2
40%	10	134	695	6.3

2.5 Düngung

2.5.1 Mineralischer Boden

vgl. Experiment 1: 2.5.1

2.5.2 Substrat von C. Bruns

Die empfohlenen Mengen Horndünger für 20 % Kompost-Substrat waren 7.6 g l⁻¹ und für 40 % Kompost-Substrat 7.4 g l⁻¹.

vgl. Experiment 1: 2.5.2

2.6 Ernte und Analyse

vgl. Experiment 1: 2.6

2.7 Statistik

vgl. Experiment 1: 2.7

3. Ergebnisse

Bei der Darstellung der Resultate wurde dasselbe Verfahren verwendet wie in Experiment 1 beschrieben.

3.1 Porree

3.1.1 Mykorrhizierung

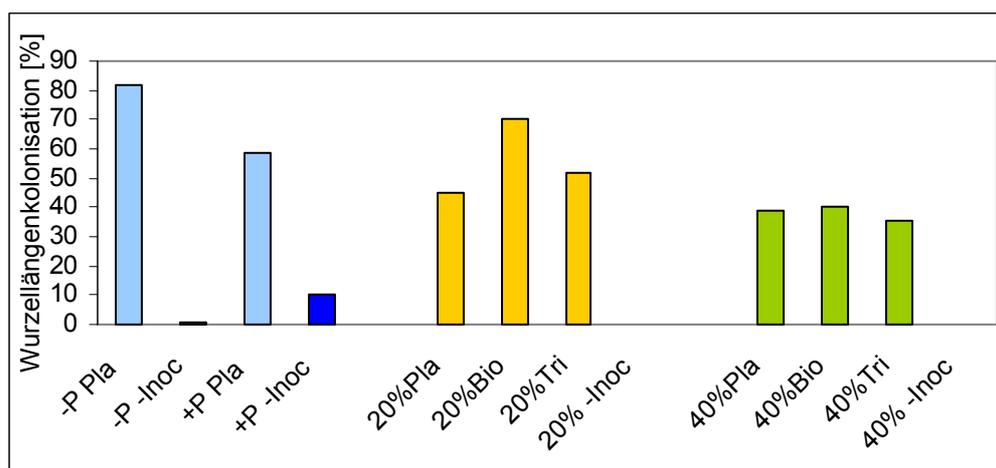


Abb. 24: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf Klasmann Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)

Auf der niedrig P-Düngevariante auf Sand wurden die höchsten Kolonisationsraten mit 80 % erreicht (Abb. 24). Den zweithöchsten Wert von 70 % erreichte Biorize auf

20 % Kompost-Substrat. Die restlichen Varianten lagen zwischen 40 und 60 %, wobei die Varianten auf 40 % Kompostsubstrat im unteren Bereich lagen. Die nicht inokulierten Varianten zeigten nur auf Sand eine Kolonisation bis zu 10 %.

3.1.2 Trockenmasse

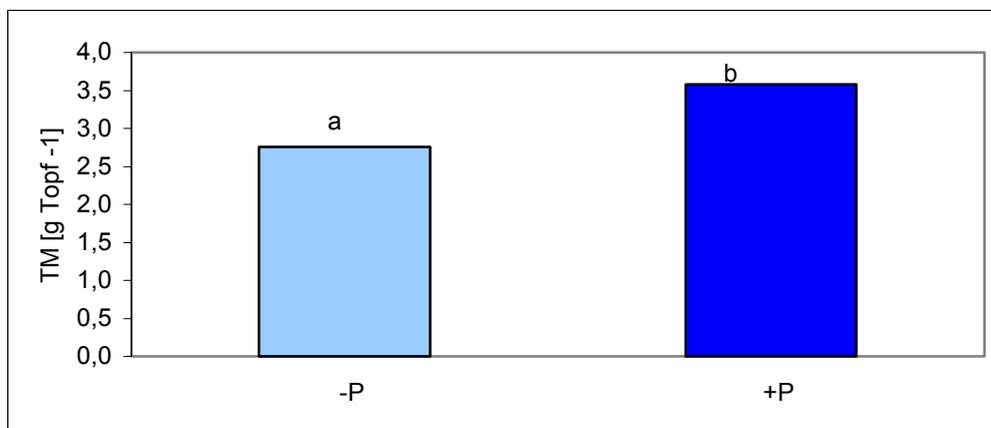


Abb. 25: Sprosstrockenmasse bei Porree unter dem Einfluss der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,24) (Expt. 2)

Die Varianten mit der höheren P-Düngung hatten eine 0,5 g höhere Sprossmasse als die mit der niedrigen P-Düngung (Abb. 25). Alle anderen Varianten zeigten weder in den Spross- noch in den Wurzeltrockenmassen einen signifikanten Unterschied.

3.1.3 Nährstoffgehalt

3.1.3.1 N-Gehalt

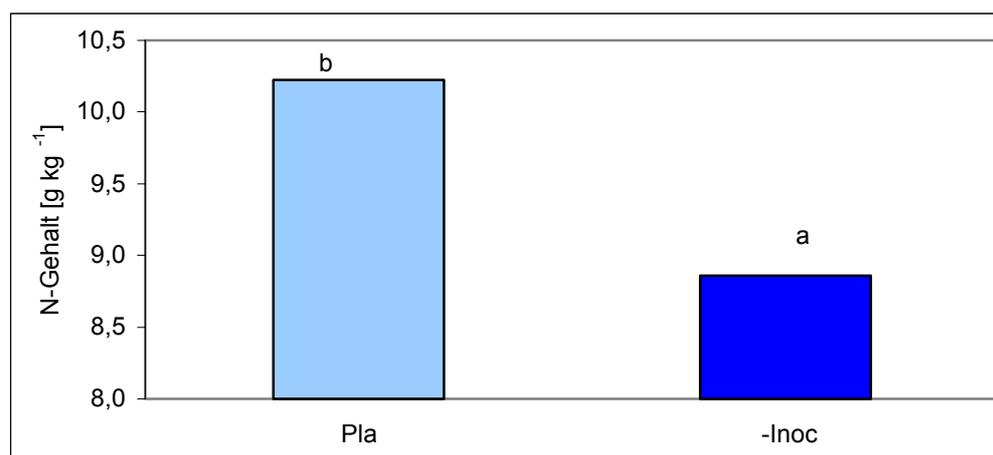


Abb. 26: N - Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 1,0) (Expt. 2)

Die mit Plantworks-Inokulum kolonisierten Pflanzen zeigen einen um 1 g kg⁻¹ höhere N-Gehalt als die nicht inokulierten Varianten (Abb. 26).

Auf den Kompost-Substraten gab es keinen signifikanten Einfluss.

3.1.3.2 P-Gehalt

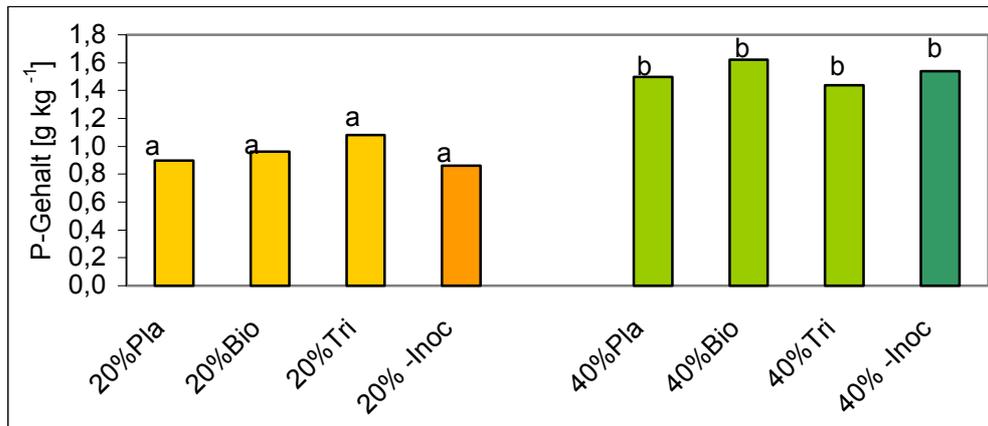


Abb. 27: P - Gehalten der Sprosse von Porree unter dem Einfluss von 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,08) (Expt. 2)

Zwischen den Varianten innerhalb eines Substrats gab es keine Unterschiede, jedoch waren die P-Gehalten auf 40 % Kompost-Substrat um 1 g kg^{-1} höher als auf 20 % Kompost-Substrat (Abb. 27).

Auf Sand erhöhte das Plantworks-Inokulum die P-Gehalten um $0,2 \text{ g kg}^{-1}$.

3.1.3.3. K-Gehalt

Auf den Kompostsubstraten gab es auf 40 % Kompost-Substrat 3 g kg^{-1} höhere K-Gehalte als auf 20 % Kompost. Die K-Gehalte auf Sand wurden unter dem Einfluss der niedrigeren P-Düngung um ca. 1 g kg^{-1} erhöht.

3.1.3.4. Zn-Gehalt

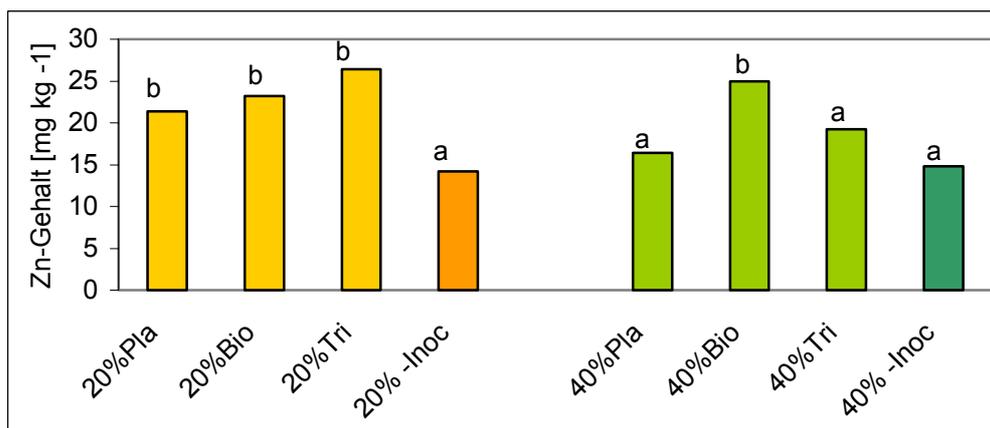


Abb. 28: Zn - Gehalt von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 5,6) (Expt. 2)

Die Zn-Gehalte lagen auf 20 % Kompost-Substrat unter dem Einfluss der Inokula aller drei Firmen Plantworks, Biorize und Triton mit 21 bis 26 mg kg^{-1} höher als die

nicht inokulierte Variante mit 14 mg kg^{-1} . Dagegen zeigte auf 40 % Kompost-Substrat nur das Biorize-Inokulum einen signifikanten Unterschied von 14 mg kg^{-1} (Abb. 27).

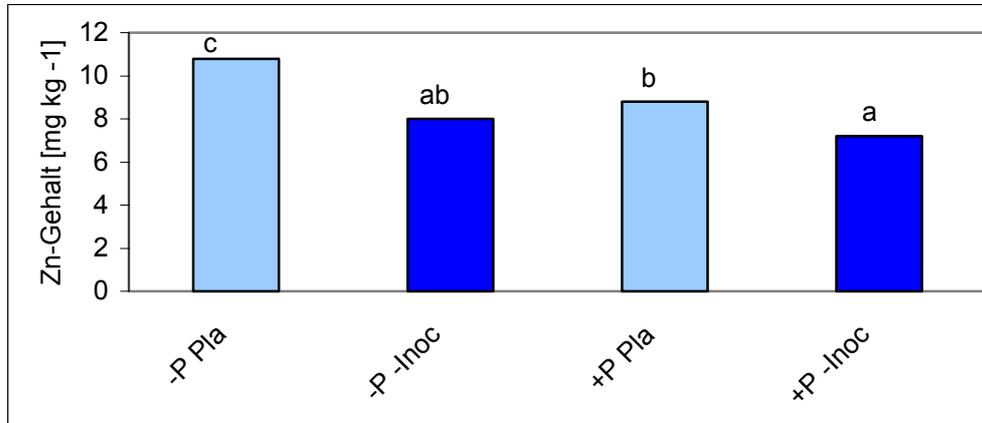


Abb. 28: Zn-Gehalt im Spross bei Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks und der P-Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: $1,39 \text{ Myk j/n: } 1,39$) (Expt. 2)

Auf Sand erzeugte die -P-Düngevariante und das Plantworks-Inokulum mit 11 mg kg^{-1} den höchsten Zn-Gehalt gegenüber 7 mg kg^{-1} auf der "+P -Inoc" Variante (Abb. 28).

3.1.3.5 Cu - Gehalt

Auf den Kompost-Substraten brachte im Gegensatz zu der nicht inokulierten Variante nur das Biorize-Inokulum erhöhte Cu-Gehalte im Spross hervor. Auf Sand zeigt sich das gleiche Bild wie bei den Zn - Gehalten. Der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten Variante betrug $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$.

3.1.4 Nährstoffgesamtgehalt

3.1.4.1 N-Gesamtgehalte

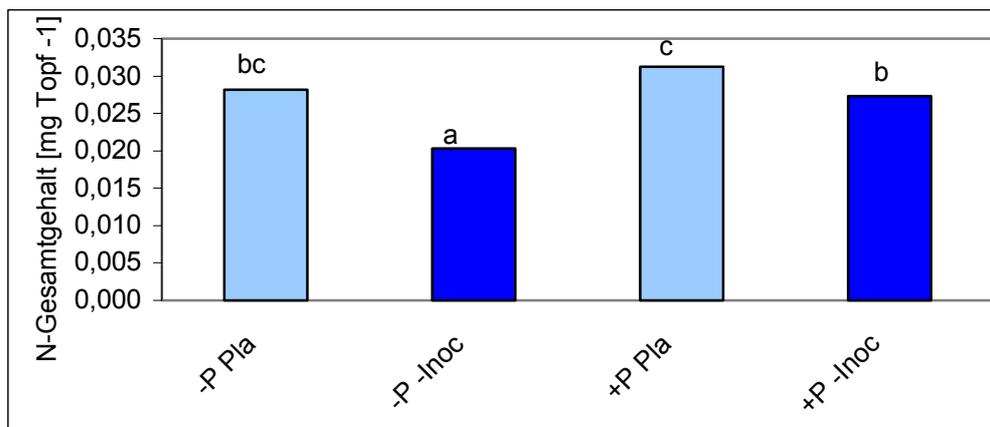


Abb. 29: N-Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma Plantworks auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung Grenzdifferenz P-Düngung $0,003 \text{ Myk j/n: } 0,003$ (Expt. 2)

Die N-Gesamtgehalte sind sowohl durch das Plantworks-Inokulum als auch durch die höhere P-Düngung signifikant erhöht worden. Die höchste Variante "+P Pla" enthielt 0,03 mg pro Topf und die niedrigste Variante "-P -Inoc" 0,02 mg pro Topf (Abb. 29). Auf 40 % Kompostsubstrat wurden die Gesamtgehalte durch das Plantworks- und das Triton-Inokulum signifikant erhöht.

3.1.4.2 P-Gesamtgehalte

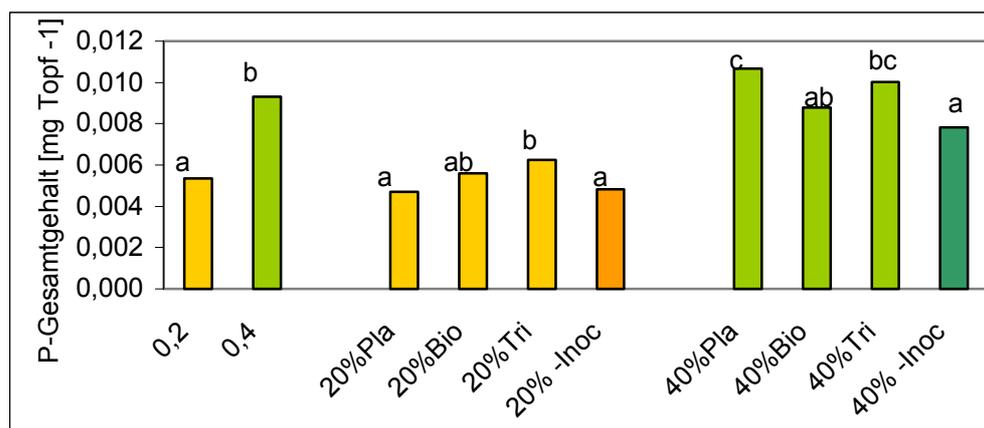


Abb. 30: P-Gesamtgehalte der Sprosse von Porree unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,0007 Inokulum: 0,001) (Expt. 2)

Die Porree Pflanzen enthielten auf 20 % Kompost unter dem Einfluss des Triton-Inokulums 0,002 mg pro Topf mehr P und lag damit signifikant höher als die nicht inokulierte Variante. Auf 40% Kompostsubstrat wurden die P - Gesamtgehalte durch das Plantworks- und das Triton-Inokulum erhöht. Auch unterschieden sich die P-Gesamtgehalt insgesamt auf 40 % Kompost-Substrat von 20 % Kompost-Substrat durch 0,004 mg pro Topf höhere Gesamtgehalte (Abb. 30).

Wie bei den N-Gesamtgehalten waren die P-Gesamtgehalte auf Sand unter dem Einfluss des Plantworks-Inokulums und der höheren P-Düngung signifikant um 0,002 mg pro Topf erhöht worden.

3.1.4.3 K-Gesamtgehalte

Bei den K-Gesamtgehalten unterschieden sich die beiden Kompost-Substrate signifikant um 0,2 mg K pro Topf voneinander.

3.1.4.4 Zn-Gesamtgehalte

Die Zn-Gesamtgehalte waren auf den Kompost-Substraten durch die Inokula der zwei Firmen Biorize und Triton gegenüber der nicht inokulierten Variante signifikant bis zu 0,08 µg pro Topf gesteigert worden (Abb. 31).

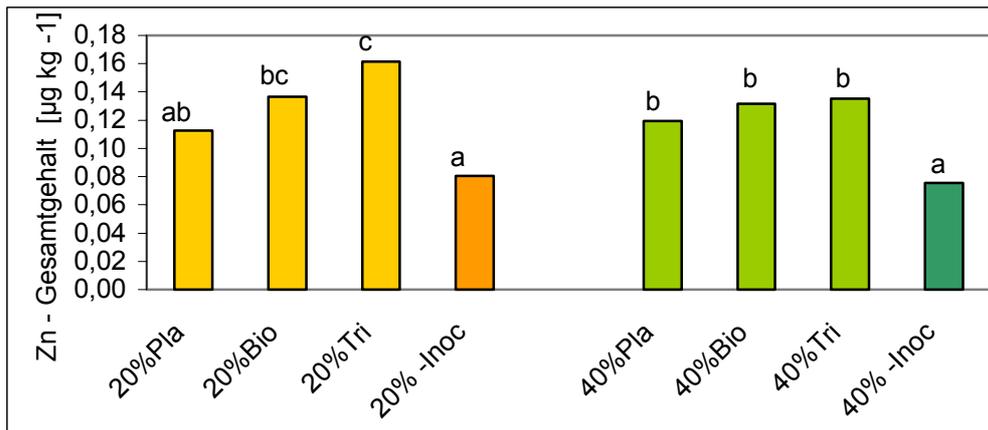


Abb. 31: Zn-Gesamtgehalte von Porree durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum: 0,04) (Expt. 2)

Die Sprosse auf Sand hatten unter dem Einfluß des Plantworks-Inokulums 0,008 µg Zn pro Topf höhere Zn-Gesamtgehalte als die "-Inoc" Variante (Abb. 32).

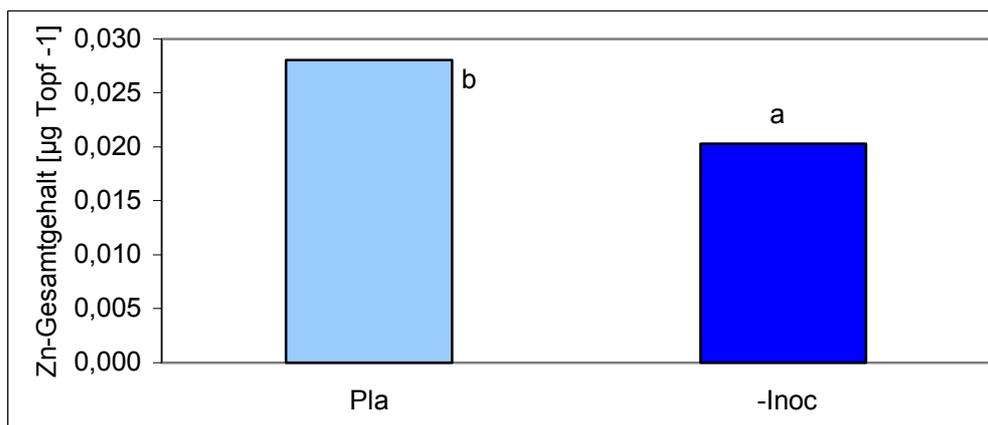


Abb. 32: Zn-Gesamtgehalte bei Porree unter dem Einfluss des Inokulums der Firma auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 0,004) (Expt. 2)

3.1.4.5 Cu – Gesamtgehalte

Wie bei den Zn-Gesamtgehalten steigerte das Plantworks-Inokulum den Cu-Gesamtgehalte auf Sand um 0,006 µg Cu pro Topf. Auf den Kompost-Substraten wurde kein Effekt nachgewiesen.

3.2 Pelargonie

3.2.1 Mykorrhizierung

Auf Sand lag die Kolonisation durch das Plantworks-Inokulum im Mittel bei 35%. Auf dem 20 % Kompost-Substrat lag die Kolonisation durch das Plantworks-Inokulum bei 25 % am niedrigste und durch das Triton-Inokulum bei 40 % am höchsten. Auffällig

ist die 0,6 %ige Infektion der nicht inokulierten Wurzeln. Auf 40 % Kompost-Substraten erfolgte die geringste Kolonisation mit 16-20 % (Abb. 33).

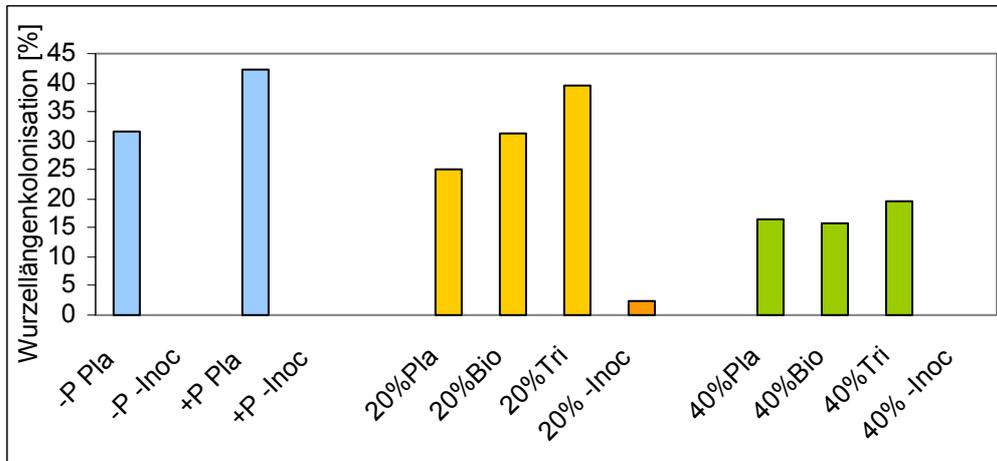


Abb. 33: Wurzellängenkolonisierung von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Bio- rize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat und Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)

3.2.2 Trockenmasse

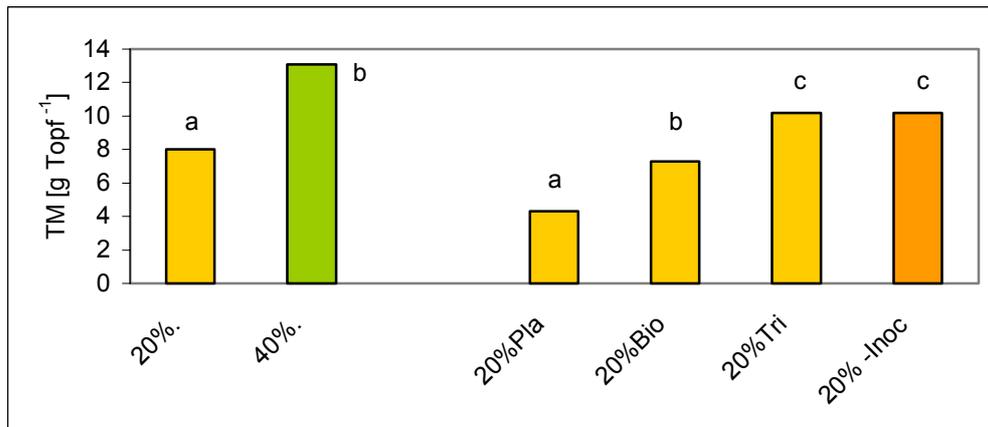


Abb. 34: Spross-trockenmasse von Pelargonie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wo- chen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,8 Inokulum: 1,6) (Expt. 2)

Auf den Kompost-Substraten wurde die Spross- und die Wurzeltrockenmasse auf 40 % Kompost-Substrat gegenüber der 20 % Kompost-Substrat Variante signifikant er- höht (Abb. 34). Die Sprosstrockenmassen lagen auf 20 % Kompost-Substrat durch die Plantworks- und Biorize-Inokula bis zu 7 g niedriger als die nicht inokulierte Vari- ante. Auf 40 % Kompost-Substrat gab es keine Unterschiede.

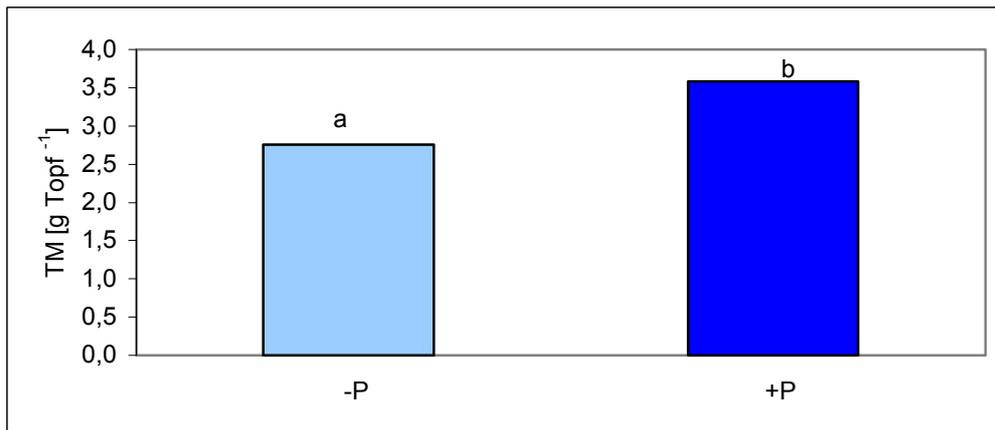


Abb. 35: Sprosstrockenmasse bei Pelargonie unter dem Einfluss der P – Düngung auf Sand aus Thyrow nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz P-Düngung: 0,94) (Expt. 2)

Gegenüber der niedrig P-Düngevariante wurde die Sprosstrockenmasse durch die höhere P-Düngung um 0,8 g pro Topf erhöht (Abb. 35).

3.2.3 Nährstoffgehalt

Die Zn-Gehalte der Varianten unterschieden sich nicht signifikant.

3.2.3.1 N-Gehalt

Die N-Gehalten wurden unter dem Einfluss des Plantworks – Inokulums auf Sand signifikant um 4 g N kg⁻¹ erhöht. Die N-Gehalten waren auf 20 % Kompost-Substrat um 1 g N kg⁻¹ höher als auf 40 % Kompost-Substrat.

3.2.3.2 P-Gehalt

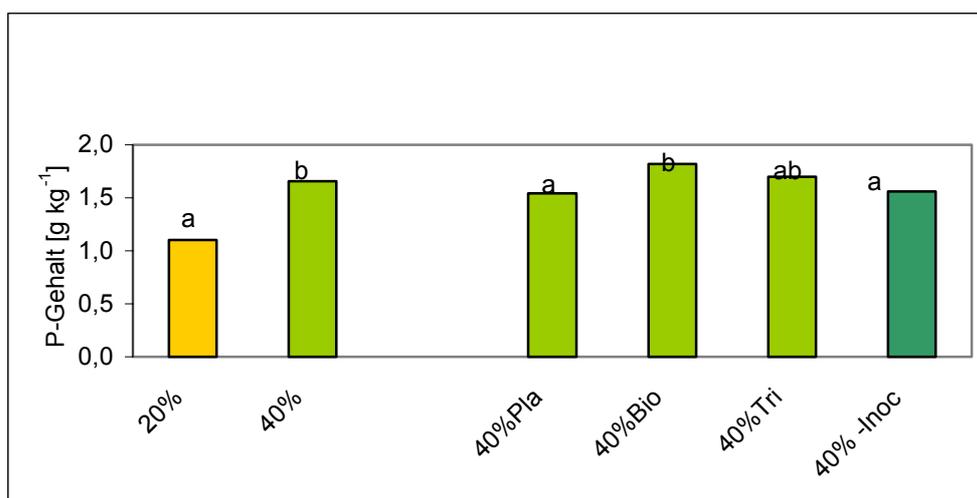


Abb. 36: P-Gehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,1 Inokulum: 0,2) (Expt. 2)

Die P-Gehalt der Sprosse von Pelargonie waren auf 40 % Kompost-Substrat um 0,6 g kg⁻¹ höher als auf dem 20 % Kompost-Substrat (Abb. 36). Unter dem Einfluss des

Biorize-Inokulums waren auf 40 % Kompost-Substraten die P-Gehalten gegenüber der nicht inokulierten Variante um $0,1 \text{ g kg}^{-1}$ gesteigert.

Sowohl das Plantworks-Inokulum als auch die +P-Düngung hatten einen signifikant erhöhenden Effekt auf die P-Gehalt auf Sand.

3.2.3.3 K-Gehalt

Auf Sand hatten sowohl Plantworks-Inokulum als auch die +P-Düngevariante einen erhöhenden Effekt auf die K-Gehalte. Damit lag zwischen den Mittelwerten der niedrigsten und der höchsten Variante 5 g K kg^{-1} TM Unterschied. Auf dem Kompost-Substraten zeigten sich keine Unterschiede.

3.2.3.4 Cu – Gehalt

Auf Sand zeigte das Plantworks-Inokulum einen erhöhten Gehalt von 2 g Cu kg^{-1} TM gegenüber der nicht inokulierten Variante.

3.2.4 Nährstoffgesamtgehalt

3.2.4.1 N-Gesamtgehalt

Wie bei den N-Gehalten unterschieden sich die Kompost-Substrate signifikant voneinander. Jedoch haben diesmal die Pflanzen auf 40 % Kompost-Substrat die höheren Gesamtgehalte (20%: $0,09 \text{ mg Topf}^{-1}$ 40%: $0,13 \text{ mg Topf}^{-1}$). Einen geringeren N-Gesamtgehalt dagegen verursachten die Inokula Plantworks, Biorize und Triton auf 20 % Kompost und auf 40 % Kompost-Substrat unter dem Einfluss des Biorize-Inokulums.

3.2.4.2 P - Gesamtgehalt

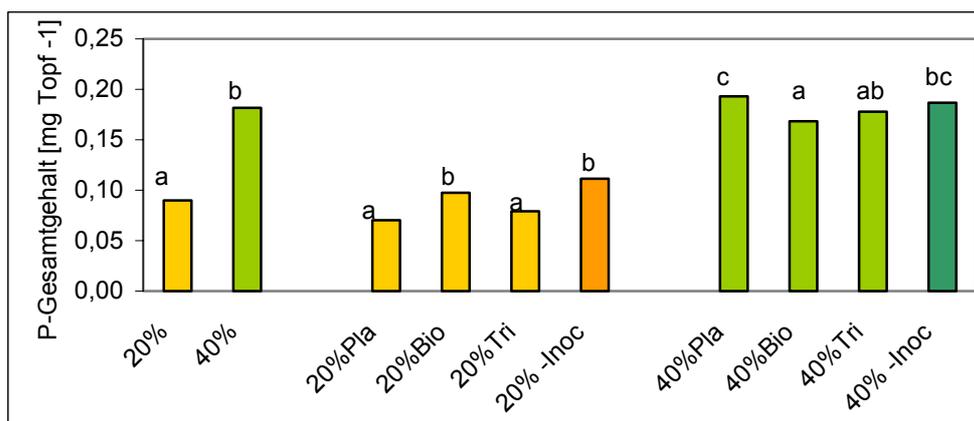


Abb. 37: P - Gesamtgehalt im Spross von Pelargonie unter dem Einfluss von Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und einer nicht inokulierten Variante 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,007 Inokulum: 0,01)

Auf 20 % Kompost-Substrat hatten die Plantworks- und Triton-Inokula einen signifikant erniedrigenden Einfluss auf die P-Gesamtgehalte, genauso das Biorize-

Inokulum auf 40 % Kompost-Substrat. Auf 40 % Kompost-Substrat waren die P-Gesamtgehalte signifikant höher als auf 20 % Kompost-Substrat (Abb. 37).

Auf Sand waren die P-Gesamtgehalte nicht signifikant unterschiedlich.

3.2.4.3 K-Gesamtgehalte

Bei den K-Gesamtgehalten zeigte sich beim Einfluss der einzelnen Inokula dasselbe Bild wie bei den P-Gesamtgehalten. Die Gesamtgehalte waren auf 40% Kompost-Substrat doppelt so hoch (18 mg kg^{-1}) wie auf 20% Kompost-Substrat.

3.2.4.4 Zn-Gesamtgehalte

Die Zn-Gesamtgehalte auf 40 % Kompost-Substrat waren signifikant höher als auf 20 % Kompost-Substrat (20%: $0,07 \mu\text{g Topf}^{-1}$; 40%: $0,079 \mu\text{g Topf}^{-1}$). Auf 20 % Kompost hatte das Plantworks-Inokulum einen erniedrigenden Effekt von $0,3 \mu\text{g Topf}^{-1}$ auf die Zn-Gesamtgehalte.

3.2.4.5 Cu-Gehalt

Die Cu-Gesamtgehalte auf 40 % Kompost-Substrat waren signifikant höher als auf 20 % Kompost-Substrat (20%: $0,012 \mu\text{g Topf}^{-1}$; 40%: $0,019 \mu\text{g Topf}^{-1}$).

3.2.5 Knospentrockenmasse

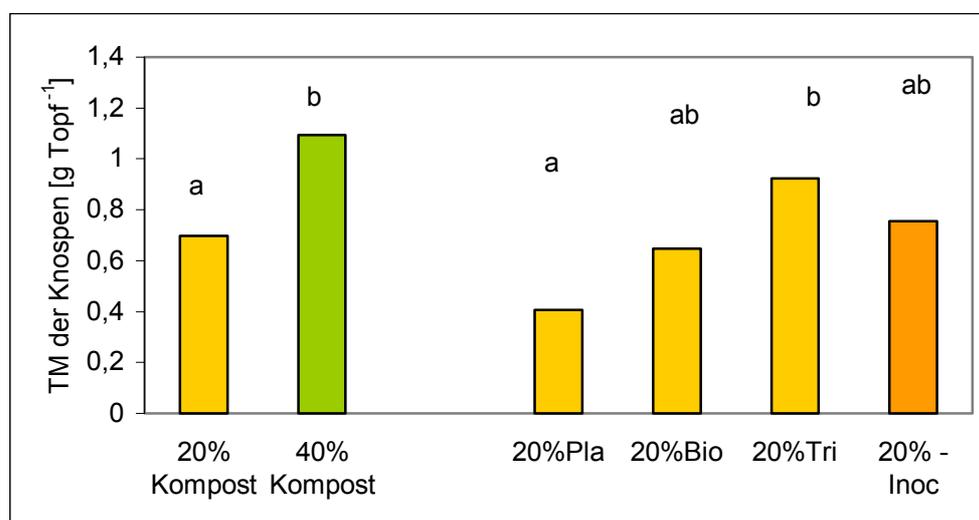


Abb. 38: Trockenmasse der Knospen von Pelargonie unter dem Einfluss von 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,2 Inokulum: 0,4) (Expt. 2)

Die Knospentrockenmasse war auf 40 % Kompost-Substrat signifikant höher als auf 20 % Kompost-Substrat. Auf beiden Substraten, in Abb. 38 am Beispiel des 20 % Kompost-Substrats, war das Triton Inokulum dem Plantworks-Inokulum überlegen. Zu der nicht inokulierten Variante gab es keine Unterschiede.

3.3 Poinsettie

3.3.1 Mykorrhizierung

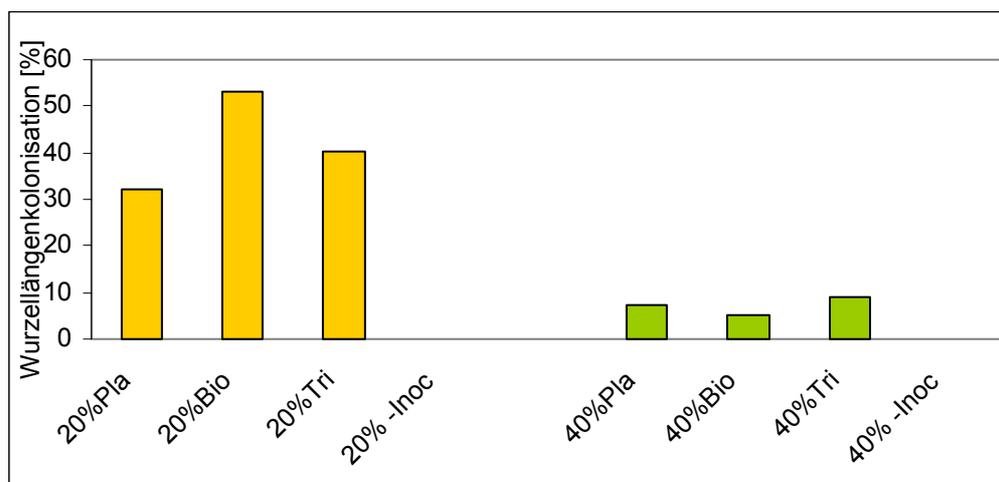


Abb. 39: Wurzellängenkolonisierung von Poinsettie durch die Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton und in einer nicht inokulierten Variante auf 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Expt. 2)

Auf 20 % Kompost-Substrat lag die Kolonisation um das 6fache höher als auf 40 % Kompost-Substrat. Auf der nicht inokulierten Variante wurde keine Infektion gefunden (Abb. 39).

3.3.2 Trockenmasse

Die Trockenmassen waren nicht signifikant unterschiedlich.

3.3.3 Nährstoffgehalt

N-, P-, Zn- und Cu-Gehalte waren nicht signifikant unterschiedlich

3.3.3.1 K-Gehalt

Auf den Kompost-Substraten zeigten die K-Gehalte auf 40 % (14 g kg^{-1}) gegenüber dem 20 % Kompost-Substrat (10 g kg^{-1}) signifikant erhöhte Werte. Beim Vergleich der Inokula untereinander zeigte sich, dass die K-Gehalte auf 40 % Kompost durch das Biorize-Inokulum gegenüber der nicht inokulierten Variante um 4 g kg^{-1} erhöht wurden. Auf 20 % Kompost-Substrat gab es keine Unterschiede.

3.3.4 Nährstoffgesamtgehalt

N-, K-, Zn- und Cu-Gesamtgehalte unterschieden sich nicht signifikant.

3.3.4.1 P-Gesamtgehalt

Auf den Kompost-Substraten wurden die P-Gesamtgehalte auf 40 % gegenüber dem 20 % Kompost-Substrat signifikant um $0,002 \text{ mg Topf}^{-1}$ erhöhte.

Experiment 3: Poinsettie im Gewächshaus inokuliert mit kommerziellen Inokula

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Eine Kolonisierung der Wurzeln von Poinsettie unter professioneller gärtnerischer Pflege ist möglich. Die Mykorrhiza und ebenso 40% Kompost-Substrat erhöhen die Trockenmassen und Nährstoffgehalte der Pflanzen.

1.2 Versuchsziel

- Kolonisation unter gärtnerischer Pflege
- Untersuchung, ob unterschiedliche Substrate und Inokula einen Einfluss auf das Wachstum und die Nährstoffaufnahme der Pflanze haben.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Die Poinsettien wuchsen in einer vollständig randomisierten Anlage auf Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat (vgl. Expt. 1: 2.4), die mit drei Inokula (Pla, Tri, Bio) und einem sterilen Inokulum (-Inoc) gemischt wurden. Pro Topf (500ml) wurde eine Pflanze für acht Wochen im Gewächshaus in vierfacher Wiederholung kultiviert. Die Pflanzen wurden einmal täglich mit Leitungswasser gegossen. Untersetzer dienten der Verhinderung einer Querinfektion mit Mykorrhiza und Nährstoffverlusten. Die Temperatur war auf 21/18 °C (Tag/Nacht) eingestellt und erreichte Werte zwischen 16-32 °C und betrug im Mittel 22 °C. Die Luftfeuchte lag durchschnittlich bei 80%.

Tab. 13: Versuchsaufbau und Behandlung von Poinsettien auf Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat (Expt. 3)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der Wiederholungen	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
Klasmann	Plantworks	Klas Pla	4	5
	Biorize	Klas Bio	4	5
	Triton	Klas Tri	4	3
	Plantworks steril + Filtrat	Klas -Inoc	4	5
20%	Plantworks	20% Pla	4	5
	Biorize	20% Bio	4	5
	Triton	20% Tri	4	3
	Plantworks steril + Filtrat	20% -Inoc	4	5
40%	Plantworks	40% Pla	4	5
	Biorize	40% Bio	4	5
	Triton	40% Tri	4	3
	Plantworks steril + Filtrat	40% -Inoc	4	5

2.2 Pflanzenmaterial

Poinsettie: vgl. Experiment 1, 2.2

2.3. Mykorrhiza Inokula

vgl. Experiment 2: 2.3

2.4 Substrat

2.4.1 Klasmann Substrat

vgl. Experiment: 2.4.2

2.4.2 20% und 40% Kompost-Substrat

Herstellung vgl. Experiment 2: 2.4.3

5,6 bzw. 2 g CaO l⁻¹ im 20% bzw. 40% Kompost-Substrat erhöhte den pH auf 6,2.

Tab. 14: Verfügbar Nährstoffe im Kompost-Substrat von C. Bruns (Expt. 3)

Anteil des Komposts im Substrat	N [mg l ⁻¹]	P [mg l ⁻¹]	K [mg l ⁻¹]	pH CaCl ₂
20%	5	68	412	6.2
40%	10	135	824	6.2

2.5 Düngung

2.5.1 20% und 40% Kompost-Substrat

vgl. Experiment 1: 2.5.2

Tab. 15: N-Düngung und Verfügbarkeit in den Kompost-Substraten von C. Bruns (Expt. 3)

	20 % Kompost mg N l ⁻¹	40 % Kompost mg N l ⁻¹
Verfügbar N im Substrat	5	10
Gesamt N im Horndünger	918	894
Nach 2 Wochen (21%)	195	190
Nach 6-8 Wochen (85%)	780	760
Hornzugabe	7.7 g l ⁻¹	7.5 g l ⁻¹

2.6 Ernte und Analyse

2.6.1 Bonitur

Anzahl von Knospen, Blüten und Verzweigungen bei Versuchsende

2.6.2. Frisch- und Trockenmasse

vgl. Experiment 1, 2.6.2 Nur ein Viertel der Wurzeln im Topf wurden ausgewaschen.

2.6.3. Pflanzenanalyse

vgl. Experiment 1, 2.6.3

2.6.4. Wurzellängenkolonisation

vgl. Experiment 1, 2.6.4

2.7 Statistik

Es wurden der Einfluss von Inokulum und Kompost-Substrat auf die Trockenmasse, den Nährstoffgehalt, den -gesamtgehalt und Boniturobjekte in einem ein- und einem zweifaktoriellen Varianzanalyse mit "Statistica"-Software untersucht und die Grenzdifferenzen mit dem Newmann Keuls Test ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Mykorrhizierung

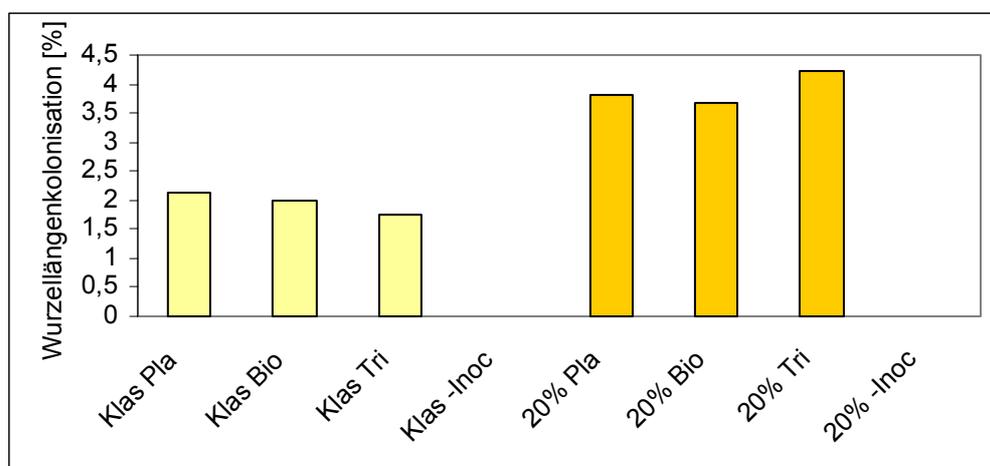


Abb. 40: Wurzellängenkolonisation von Poinsettie durch die Inokula Plantworks, Biorize und Triton und ein steriles Inokulum auf Klasmann und 20% Kompost-Substrat nach 8 Wochen (Expt. 3)

Die Inokula Plantworks, Biorize und Triton kolonisierten die Wurzeln, wobei sie auf Klasmannsubstrat nur halb so stark war wie auf 20% Kompost-Substrat (Abb. 40).

3.2 Trockenmasse

Die Trockenmassen von Spross und Wurzeln waren nicht signifikant unterschiedlich.

3.3 Nährstoffgehalt

Die Inokula hatten keinen Einfluss auf die N-, P- und Zn-Gehalte. Die N-Gehalte waren auf Klasmann (16 g kg^{-1}) niedriger als auf den Kompost-Substrat (25 g kg^{-1}). Bei P wurden auf 20% Kompost-Substrat (2 g kg^{-1}) niedrigere Gehalte gefunden als auf 40% Kompost-Substrat (3 g kg^{-1}). Die Zn-Gehalte waren 10-fach höher als in den anderen Experimenten, was wahrscheinlich an dem Gießwasser lag ($9,5 \text{ mg Zn l}^{-1}$).

3.3.1 K-Gehalt

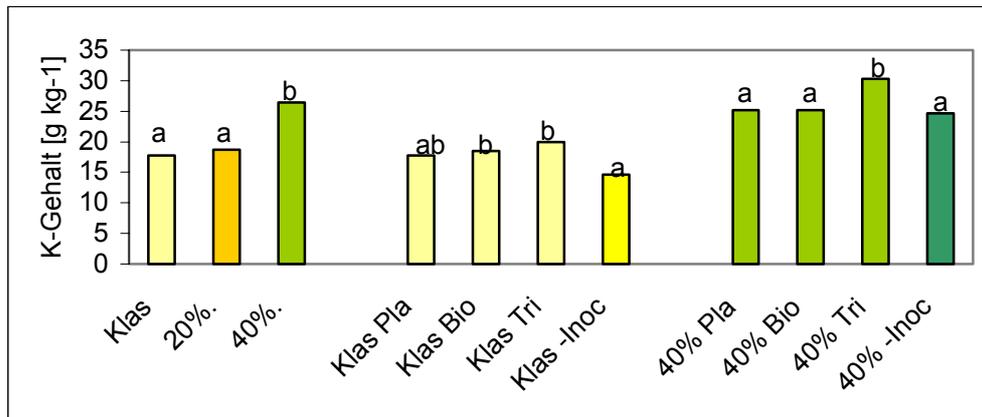


Abb. 41: K-Gehalten der Sprosse von Poinsettie unter dem Einfluss von Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat nach 8 Wochen (Grenzdifferenz Substrat: 2,8 Inokulum: 3,6) (Expt. 3)

Auf den Klasmannsubstrat waren die K-Gehalten 3 bzw 4 g kg⁻¹ höher durch die Inokula Biorize und Triton als durch die nicht inokulierten Variante. Auf dem 40 % Kompost-Substrat dagegen bewirkte nur das Triton-Inokulum eine Erhöhung um 6 g kg⁻¹. Die Gehalten lagen sowohl auf Klasmann- als auch auf 20 % Kompost-Substrat um ein Drittel niedriger als auf 40 % Kompost-Substrat (Abb. 41).

3.4 Nährstoffgesamtgehalt

3.4.1 K-Gesamtgehalte

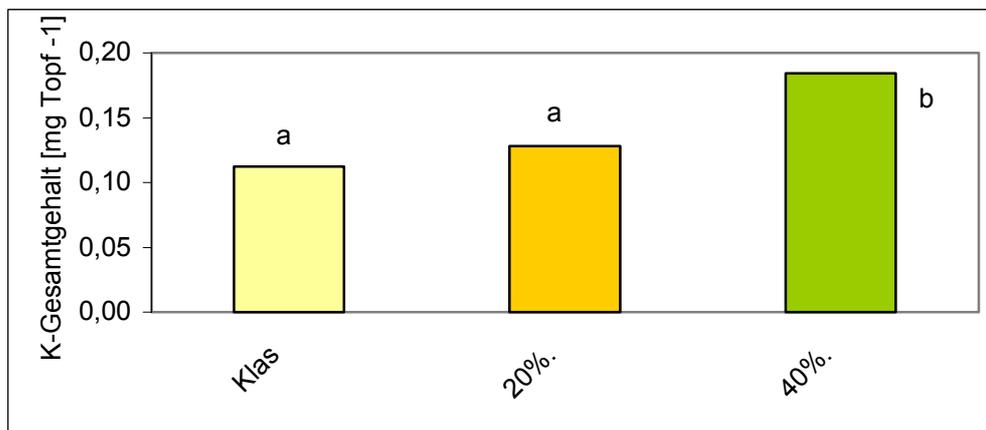


Abb. 42: K-Gesamtgehalte der Sprosse von Poinsettie unter dem Einfluss von Klasmann, 20% und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz: 0,05) (Expt. 3)

Die Inokula hatten keinen Einfluss. Jedoch hatten die Pflanzen auf 40 % Kompost-Substrat ein Drittel höhere Gesamtgehalte als die anderen Substrate (vgl. Abb. 42).

3.5 Knospenanzahl

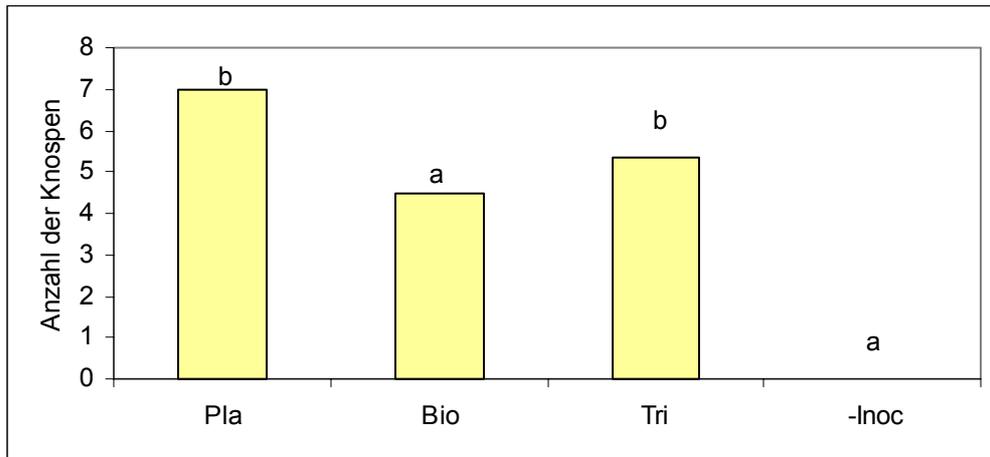


Abb. 43: Anzahl der Knospen von Poinsettie unter dem Einfluss der Inokula der Firmen Plantworks, Biorize und Triton auf Klasmann Substrats nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Myk j/n: 4,9) (Expt. 3)

Die Knospenanzahl war durch die Plantworks- und Triton-Inokula erhöht (Abb. 43). Die Anzahl der Verzweigungen der Pflanzen zeigten keine Unterschiede.

Experiment 4: Porree und Pelargonie in der Klimakammer mit 13 Inokula aus Basel und kommerziellen Inokula

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Porree und Pelargonie zeigen in Symbiose mit Mykorrhizapilzen von ökologisch bewirtschafteten Feldern auf einer niedrigen P-Düngergabe ein stärkeres Wachstum und eine höhere Nährstoffaufnahme als mit Stämmen von konventionell bewirtschafteten Flächen.

1.2 Versuchsziel

- Wurzellängenkolonisation auf Vermikulit-Sand Substrat in einer Durchflusstropfbewässerung mit Nährlösung
- Messen des Nährstoffgehaltes im Spross
- Kultivierung von Pflanzen mit erhöhter Trockenmasse von Spross und Wurzel

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Der Porree und die Pelargonie wurden auf einem Vermikulit-Sand Substrat, die Pelargonien als Einzelpflanzen und der Porree als Pärchen, in 250ml Töpfen mit fünf Wiederholungen kultiviert. Der Porree wurde mit 14 verschiedenen Inokula, die Pelargonie mit drei Inokula und beide jeweils mit sterilen Inokulum inokuliert. Die Pflanzen standen innerhalb einer Spezies in einer vollständig randomisierten Anlage.

Nach sechs Wochen wurde der Versuch abgebrochen, da die Kühlung der Klimakammer nicht mehr funktionierte und die Pflanzen an Überhitzung starben.

Die Pflanzen wurden über eine Tropfbewässerung (40 ml min^{-1}) mit Nährlösung bewässert. Am ersten Tag wurde mit einer $250 \mu\text{mol P-Lösung}$, am zweiten und dritten Tag mit destilliertem Wasser und vom fünften Tag an mit $50 \mu\text{mol P-Lösung}$ gegossen. Nach einer Woche wurde die Pelargonie täglich und der Porree alle zwei Tage gegossen. Nach vier Wochen wurde die P Gehalt in der Nährlösung auf $100 \mu\text{mol P l}^{-1}$ gesteigert. Die Töpfe standen auf Gittern durch die die überschüssige Nährlösung nach unten abtropfen konnte.

Die Temperatur der Klimakammer wurde auf $18/22 \text{ }^\circ\text{C}$, eine relative Luftfeuchtigkeit von $80/70 \%$ und auf $8/16 \text{ h}$ Nacht/Tag eingestellt. Die Strahlungsintensität lag zwi-

schen 450 und 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ an verschiedenen Stellen in der Klimakammer. Dies wurde ausgeglichen durch einmaliges Umstellen der Pflanzen.

Tab. 16: Versuchsaufbau und Behandlung von Porree und Pelargonie auf Vermikulit -Sand Substrat (Expt. 4)

Inokulum	Abkürzung	Anzahl der inokulierten Töpfe	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
Porree			
Plantworks	Pla	5	5
Plantworks steril + Filtrat	- Inoc	5	5
Basel 13	13	5	5
Basel 14	14	5	5
Basel 17	17	5	5
Basel 18	18	5	5
Basel 19	19	5	5
Basel 20	20	5	5
Basel 22	22	5	5
Basel 34	34	5	5
Basel 39	39	5	5
Basel 45	45	5	5
Basel 47	47	5	5
Basel 48	48	5	5
Basel 49	49	5	5
Pelargonie			
Plantworks	Pla	5	5
Basel 14	14	5	5
Basel 19	19	5	5
Plantworks steril + Filtrat	- Inoc.	5	5

Alter der Versuchspflanzen bei Versuchsbeginn: Pelargonie: 3-4 Wochen in Jiffy-Pots; Porree : 4 Wochen

2.2 Pflanzenmaterial

Porree und Pelargonie

vgl. Experiment 1, 2.2

2.3 Mykorrhiza Inokula

Ein kommerziell angebotenes Inokulum von Plantworks und 13 ausgewählte Inokula der Universität Basel wurden mit 5% v/v in den Boden eingemischt. Die nicht mykorrhizierte Variante wurde mit Plantworks Inokulum 5% v/v inokuliert, das bei 121°C für 20min autoklaviert wurde. Zusätzlich wurde pilzfreies Filtrat eines nicht sterilisierten Plantworks Inokulum zugegeben (589/3 Blaubandfilter, Schleicher & Schuell GmbH)

2.4 Substrat

Vermikulit-Sand Substrat wurde 1:1 gemischt und anschließend bei 121°C für 30min autoklaviert. Der pH-Wert lag bei 6.3.

2.5 Düngung

Nährlösung wurde in Anlehnung an die Hoagland Nährlösung hergestellt. Die unterschiedlichen Lösungen unterscheiden sich nur in ihrer P-Gehalt.

Tab. 17: Nährlösung (Expt. 4)

Element	50µmol P Lösung	100µmol P Lösung	Nährsalz
	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	
NO ₃ -N	93.3	93.3	Ca(NO ₃) ₂
NH ₄ -N	4.5	4.5	KNO ₃
K	104.1	104.1	KH ₂ PO ₄
P	1.6	3.1	Mg(NO ₃) ₂
Mg	36.3	36.3	K ₂ SO ₄
S	100.1	99.4	MgSO ₄
Ca	132	132	CaSO ₄
Fe	0.84	0.84	Fe-Chelat
Mn	0.39	0.39	MnSO ₄
Zn	0.06	0.06	ZnSO ₄
B	0.54	0.54	H ₃ BO ₄
Cu	0.04	0.04	CuSO ₄
Mo	0.05	0.05	MoO ₃
EC	1.3	1.3	
pH	5.6	5.6	

2.6 Ernte und Analyse

2.6.1 Bonitur

Es wurde keine Bonitur durchgeführt, da die Pflanzen frühzeitig starben.

2.6.2. Frisch- und Trockenmasse

vgl. Experiment 3: 2.6.2

2.6.3. Pflanzenanalyse

Es wurden nur die P-Gehalte des Lauchs ermittelt.

vgl. Experiment 1: 2.6.3.

2.6.4. Wurzellängenkolonisation

vgl. Experiment 1: 2.6.4

2.7 Statistik

Es wurde der Einfluss der Mykorrhiza auf die Trockenmasse und die P-Gehalte durch eine einfaktorielle Varianzanalyse mit der "Statistica"-Software untersucht. Anschließend wurden mit dem Newman Keuls Test die Grenzdifferenzen ermittelt.

3. Ergebnisse

Die Kolonisation wurde ermittelt, um sicher zu gehen, dass eine Inokulation auf dem Substrat möglich ist. Des weiteren wurden die Sprosstrockenmassen und P-Gehalte gemessen. Pelargonie wurde nicht untersucht.

3.1 Mykorrhizierung

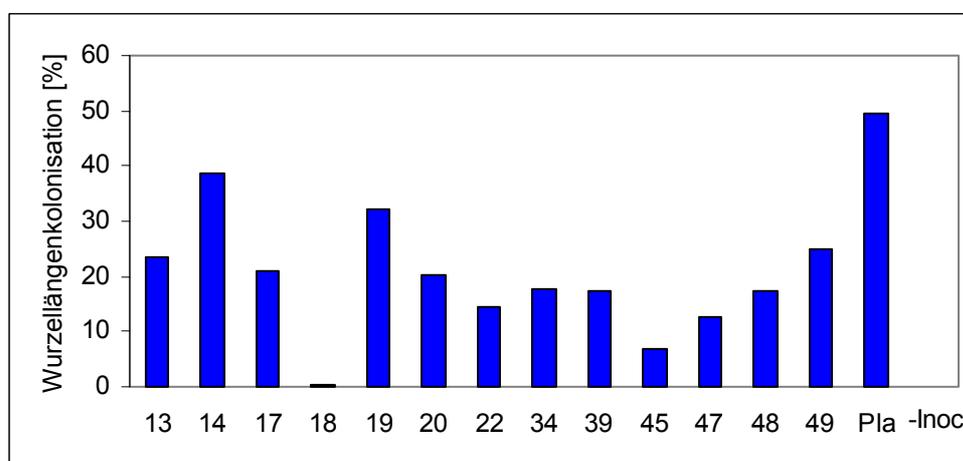


Abb. 44: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch das Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante Vermikulit - Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Expt. 4)

Eine Kolonisation durch das Plantworks-Inokulum und die Baseler Inokula 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 34, 39, 45, 47, 48 und 49 war in dem Vermikulit–Sand Substrat möglich. Das Substrat enthielt kein infizierendes Material (Abb. 44).

3.2 Trockenmasse

Die Trockenmassen von Spross und Wurzeln waren nicht signifikant unterschiedlich.

3.3 P-Gehalt

Die P-Gehalten unterschieden sich nicht signifikant von einander.

Experiment 5: Salat im Gewächshaus mit Inokula von Basel und kommerziellen Inokula auf zwei Kompost-Substraten

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Salat zeigt mit Mykorrhiza eine erhöhte Trockenmasse und Nährstoffaufnahme (N, P, K, Zn, Cu). Das Inokulum 14 sollte als ein Stamm von einem konventionellen Betrieb eher an die lösliche P Düngeform angepaßt sein und damit stärkere Effekte bewirken als das Inokulum 19 von einem biologischen Betrieb. Das 40% Kompost-Substrat wird höheren Nährstoffgehalte und -Gesamtgehalte verursachen.

1.2 Versuchsziel

- Eine Kolonisation von Salatwurzeln auf Kompost-Substraten erreichen
- Prüfung, ob es messbare Unterschiede zwischen den Inokula und den Substraten bei Trockenmassen und Nährstoffgehaltes gibt

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Die Samen keimten innerhalb einer Woche im dunklen Klimaschrank bei 10 °C und 80 % Luftfeuchtigkeit direkt in mit Mykorrhiza inokulierten 500ml Töpfen auf verschiedenen Substraten (vgl. Expt. 1: 2.4). Anschließend wurden die Pflanzen in einer vollständig randomisierten Anlage für sieben Wochen im Gewächshaus kultiviert. Jeder Topf enthielt zwei Pflanzen. Das Gewächshaus befand sich auf dem Dach der Humboldt Universität zu Berlin. Die Temperatur lag zwischen 26-44/23-24°C (Tag/Nacht) und die Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt bei 75%. Nach drei Wochen wurden die Pflanzen aufgrund von Stickstoffmangelsymptomen mit 40 ml einer 5 %-igen Vinasse Lösung gedüngt.

Tab. 18: Versuchsaufbau und Behandlung von Salat auf Klasmannsubstrat und 40%Kompost-Substrat (Expt. 5)

Faktor 1: Substrat	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der inokulierten Töpfe	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
Klasmann	Plantworks	Klas Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	Klas -Inoc	5	5
	Basel 14	Klas 14	5	5
	Basel 19	Klas 19	5	5
40%	Plantworks	40% Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	40% -Inoc	5	5
	Basel 14	40% 14	5	5
	Basel 19	40% 19	5	5

2.2 Pflanzenmaterial

Tab. 19: Pflanzenspezies aus Samen gekeimt (Expt. 5)

Spezies	Botanischer Name	Sorte	Vertreiber
Salat	<i>Lactuca sativa L.</i>	„Nadine“ unbehandelt	Rijk Zwaan Distribution B.V.

2.3 Mykorrhiza Inokula

Ein kommerzielles Inokulum von Plantworks und 2 ausgewählte Inokula aus Basel 14 und 19 wurden mit 5 % v/v in den Boden eingemischt. Die nicht mykorrhizierte Variante wurde mit Plantworks Inokulum 5 % v/v inokuliert, das bei 121 °C für 20 min autoklaviert wurde. Zusätzlich wurde pilzfreies Filtrat eines nicht sterilisierten Plantworks Inokulum zugegeben (589/3 Blaubandfilter, Schleicher & Schuell GmbH)

2.4 Substrat

2.4.1. Klasmann Substrat

vgl. Experiment 1: 2.4.2

2.4.2. 40% Kompost-Substrat

vgl. Experiment 3: 2.4.2

2.5 Düngung

2.4.1. 40% Kompost-Substrat

vgl. Experiment 3, 2.5.1.

2.6 Ernte und Analyse

2.6.1 Bonitur

Bei Ende des Versuchs wurde der Geschmack eines inneren Blattes getestet.

2.6.2. Frisch- und Trockenmasse

Nach sieben Wochen wurde der oberirdische Teil der Pflanze abgeschnitten.

vgl. Experiment 1, 2.6.2

2.6.3. Pflanzenanalyse

vgl. Experiment 1, 2.6.3

2.6.4. Wurzellängenkolonisation

vgl. Experiment 1, 2.6.4

2.6.5 Bodenanalyse

vgl. Experiment 1, 2.6.5

2.7 Statistik

Auf Kompostsubstrat wurde der Einfluss von Mykorrhizainokulum und Kompostsubstrat auf die Trockenmasse, Nährstoffgehalt, Nährstoffgesamtgehalt und Boniturobjekte in einer ein- und zweifaktoriellen Varianzanalyse mit der "Statistica"-Software untersucht. Anschließend wurde mit dem Newmann Keuls Test die Grenzdifferenzen ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Trockenmasse

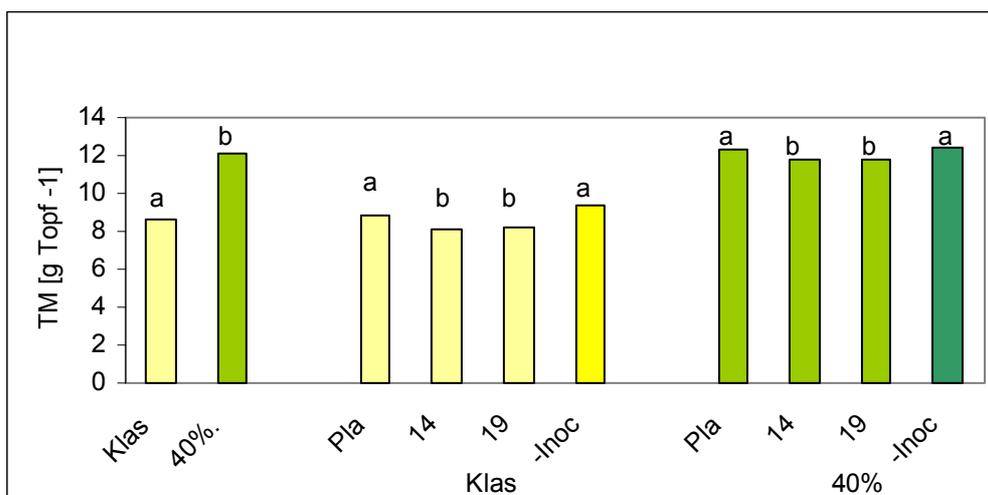


Abb. 44: Die Sprosstrockenmasse von Salat unter dem Einfluss der Inokulums der Firma Plantworks und der Inokula der Universität Basel 14 und 19 auf Klasmann und 40% Kompost-Substrat nach acht Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Substrat: 0,3 Inokulum: 0,5) (Expt. 5)

Es gab eine signifikant höhere Sprosstrockmasse von 3 g Topf⁻¹ auf 40% Kompost-Substrat (Abb. 44). Bei dem Vergleich des Einflusses der Inokula zeigt sich, dass die 14 und 19 sich nicht unterschieden und auf beiden Substraten eine niedrigere Trockenmasse haben als die nicht inokulierte Variante.

3.2 Geschmackstest

Ein Geschmackstest am Ende des Versuchs ergab keine Unterschiede.

Experiment 6: Salat im Gewächshaus mit kommerziellen Inokula auf einem Torf Substrat mit unterschiedlicher P-Düngung

1.1 Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Eine Mykorrhizierung der Pflanzen wird erhöhte P-Gehalten und Trockenmasse (TM) hervorrufen und gegenüber der nicht inokulierten Variante bei Rohphosphat (RohP) und -P einen Vorteil bringen. Die TM, die P-Gehalten werden auf der löslichen P Variante (IP) am höchsten sein und über RohP zu -P hin abnehmen. Die Kolonisation wird auf der -P Variante am höchsten und auf der IP Variante am niedrigsten sein.

1.2 Versuchsziel

- Infektion der Pflanzen auf Kompost-Substraten mit Mykorrhiza
- Kultivierung von mykorrhizierten Pflanzen mit höherer Trockenmasse, höheren Gehalten an N, P, K, Zn und Cu mit anschließendem Geschmackstest
- Untersuchung, wie die Symbiosepartner auf die P-Düngeformen reagieren.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Die Samen keimten in einer Woche im dunklen Klimaschrank bei 10 °C und 80 % Luftfeuchtigkeit direkt in den mit Mykorrhiza inokulierten 500ml Töpfen in fünffacher Wiederholung auf verschiedenen Substraten (vgl. Expt. 1: 2.4). Anschließend wurden je zwei Pflanzen pro Topf pikiert und in einer vollständig randomisierten Anlage für sieben Wochen im Gewächshaus kultiviert. Das erste Gewächshaus befand an der Humboldt Universität zu Berlin (HU). Die Temperatur lag zwischen 26-44/23-24°C (Tag/Nacht). Das zweite Gewächshaus am IGZ war auf eine Temperatur von 21/18 °C (Tag/Nacht) eingestellt, erreichte Werte zwischen 11-36 °C und lag im Mittel bei 21 °C. Die relative Luftfeuchtigkeit lag durchschnittlich bei 74%. Es wurde mit destilliertem Wasser gegossen. Zu Beginn betrug die Bodenfeuchte 60%.

Tab. 20: Versuchsaufbau und Behandlung des Salats auf dem Archut Substrat (Expt. 6)

Faktor 1: P-Dünger	Faktor 2: Inokulum	Abkürzung	Anzahl der inokulierten Töpfe	Anteil des Volumens des Inokulums im Topf (v/v) [%]
-P	Plantworks	-P Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	-P -Inoc	5	5
Roh P	Plantworks	Roh P Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	Roh P -Inoc	5	5
Lösliches P	Plantworks	IP Pla	5	5
	Plantworks steril + Filtrat	IP -Inoc	5	5

2.2 Pflanzenmaterial

vgl. Experiment 5, 2.2

2.3 Mykorrhiza Inokula

vgl. Experiment 2, 2.3 Verwendetes Inokulum: Plantworks

2.4. Substrat

Archut Substrat: Fruhstorfer Erde, Fa. Archut, Torf mit Ton; Salzgehalt <0,5 g/l

Tab. 21: Verfügbare Nährstoffe in dem Archut Substrat (Expt. 6)

mg N l ⁻¹	mg P l ⁻¹	mg K l ⁻¹	pH (CaCl ₂)
20 – 40	9 – 17	33 – 50	5,5 – 6,

2.5 Düngung

2.5.1 P-Düngung

- ohne P: 178mg K₂SO₄ l⁻¹ Substrat (als Ausgleich für KH₂PO₄)
- lösliches P: 77 mg P l⁻¹ als KH₂PO₄ l⁻¹
- schwer lösliches P: 77 mg P l⁻¹ als Rohphosphat

2.5.2 N-Dünger

vgl. Expt. 1 2.5.2 Am IGZ wurde in der vierten Woche gegen Minierfliegenlarven 0.1% Adimethuat 40EC gespritzt. Nach drei Wochen wurde aufgrund von N-Mangelsymptomen mit 40 ml einer 5 %igen Vinasse Lösung gedüngt.

Tab. 22: Stickstoffdüngung und Stickstoffverfügbarkeit im Archut Substrat (Expt. 6)

	mg N l ⁻¹
Verfügbar N im Substrat	30
Gesamt N im Horndünger	800
Nach 2 Wochen (21%)	170
Nach 6-8 Wochen (85%)	680
Hornzugabe	6.67 g l ⁻¹

2.5.3 K- und Mg - Düngung

400 mg K l⁻¹ Substrat und 80mg Mg l⁻¹ Substrat als 30 - 10 K₂O – MgO

2.5.4 Spurenelemente

Fe 1,5 mg l⁻¹ (Fe-Chelat DTPA 6%), Zn 7,7 mg l⁻¹ (ZnSO₄) und Cu 7,7 mg l⁻¹ (CuSO₄)

2.6 Ernte und Analyse

vgl. Experiment 5, 2.6

2.7 Statistik

Es wurde der Einfluss der unterschiedlichen P-Düngung, des Standorts und des Inokulums auf die Trockenmasse, Nährstoffgehalte und Boniturobjekte mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit "Statistica"-Software untersucht und mit dem Newman Keuls Test die Grenzdifferenzen ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Mykorrhizierung

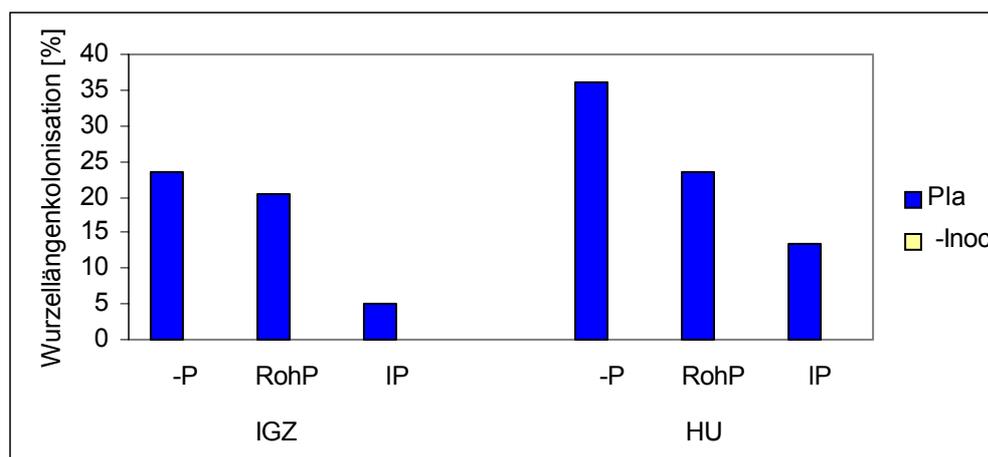


Abb. 45: Die Wurzellängenkolonisation von Salat durch das Inokulum der Firma Plantworks bei drei P-Düngevarianten, ohne P (-P), mit löslichem P (IP) und Rohphosphat (RohP) auf Archut Substrat nach 8 Wochen Kultivierung (Expt. 6)

An beiden Standorten wies die "-P" Variante die höchste, bis 36 %, die "RohP" Variante die mittlere und die "IP" Variante die niedrigste Kolonisierung auf. Insgesamt lag die Kolonisierung im IGZ unter der der HU (Abb. 45).

3.2 Trockenmasse

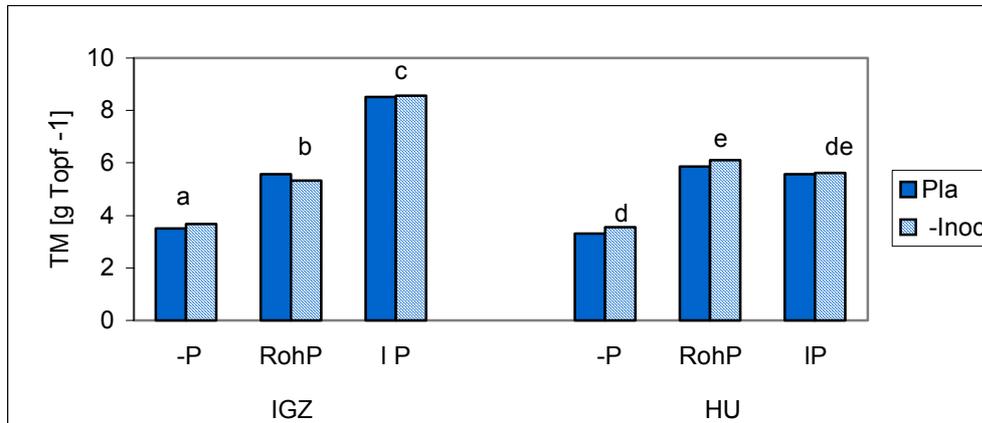


Abb. 46: Die Spross trockenmasse von Salat unter dem Einfluss dreier P-Düngevarianten, ohne P (-P), mit löslichem P (IP) und Rohphosphat (RohP) auf Archut Substrat nach 8 Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokulum IGZ: 0,9 Inokulum HU: 1,8 Standort: 0,6) (Expt. 6)

Die Trockenmasse am IGZ steigerte sich von der "-P" Variante mit 3,5 g Topf⁻¹ über die "RohP" Variante mit 5,5 g Topf⁻¹ bis zur "IP" Variante mit 8,5 g Topf⁻¹. An der HU dagegen war nur die "RohP" Variante gegenüber der "-P" Variante von 3,4 auf 6 g Topf⁻¹ gesteigert. Die Trockenmassen waren am IGZ höher als an der HU. (Abb. 46).

3.3. Geschmackstest

Ein Geschmackstest am Ende des Versuchs ergab keine Unterschiede.

Experiment 7: Porree in der Klimakammer mit einem kommerziellen Inokula und 13 Inokula aus Basel auf Vermikulit-Sand Substrat

1. Hypothese und Versuchsziel

1.1 Hypothese

Die Inokula, die von konventionell bewirtschafteten Betrieben isoliert wurden, werden mit dem Rohphosphatangebot nicht so gut zurecht kommen wie die Stämme von einem biologisch bewirtschafteten Betrieb. Dies wird sich in einer geringeren Trockenmasse, geringeren Nährstoffgehalten und -Gesamtgehalten niederschlagen.

1.2 Versuchsziel

- Wachstum und Kolonisierung von Porree auf dem Vermikulit-Sand Substrat mit Rohphosphat
- Untersuchung der Wurzellängenkolonisation
- Kultivierung von mykorrhizierten Pflanzen mit höherer Trockenmasse, höheren Gehalten und Gesamtgehalten an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Zink (Zn) und Kupfer (Cu)
- Untersuchung, wie die Pflanzen mit ihren Symbiosepartner auf die P-Düngeformen reagieren.
- Wiederholung des Experiment 4 ohne Pelargonie unter veränderter Düngung

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau und Behandlung

Der Porree wurde auf einem Vermikulit-Sand Substrat kultiviert und mit 14 unterschiedlichen Inokula und einem sterilen Inokulum behandelt. Die Pflanzen wuchsen in Pärchen in fünffacher Wiederholung in 250 ml Töpfen für 10 Wochen in der Klimakammer. Die Pflanzen wurden in einer vollständig randomisierten Anlage aufgestellt und über eine Tröpfchenbewässerung (40 ml min^{-1}) mit Nährlösung gegossen. Zu Anfang wurde die $0 \text{ } \mu\text{mol P-Lösung}$ verwendet (Tab. 23). Nach sechs Wochen vertrockneten die Blattspitzen und die Pflanzen stellten ihr Wachstum ein. Um den Pflanzen die Chance zu geben sich in ihrem Substrat weiter zu etablieren und erneut zu wachsen, wurde für zwei Wochen mit einer $100 \text{ } \mu\text{mol P-Lösung}$ gegossen, da die Pflanzen dem Rohphosphat wahrscheinlich nicht genügend P entziehen konnten und in Mangel gerieten. Das Wachstum der Pflanzen wurde angeregt und die neuen Blät-

ter zeigten keine braunen Spitzen mehr. Anschließend wurde wieder mit 0 $\mu\text{mol P}$ -Lösung gegossen.

Die Klimakammer wurde auf eine Temperatur von 18/22°C, eine relative Luftfeuchtigkeit von 80/70% und auf 8/16 h Nacht/Tag Zyklus eingestellt. Die Strahlungsintensität lag zwischen 450 und 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ an verschiedenen Stellen in der Klimakammer. Dies wurde durch einmaliges Umstellen der Pflanzen ausgeglichen.

Versuchsaufbau entspricht Tab. 15 Experiment 4

2.2 Pflanzenmaterial

Porree

vgl. Experiment 1: 2.2

2.3 Mykorrhiza Inokula

vgl. Experiment 4, 2.3

2.4 Substrat

Ein Vermikulit-Sand Substrat wurde v/v 1:1 gemischt und anschließend bei 121°C für 30min autoklaviert. Der pH-Wert lag bei 6.3.

2.5 Düngung

Es wurden 220 mg P l⁻¹ Substrat in Form von Rohphosphat zugesetzt

Die Düngelösung wurde in Anlehnung an die Hoagland Nährlösung hergestellt.

Tab. 23: Nährlösung (Expt. 7)

Element	0 $\mu\text{mol P}$ -Lösung mg/kg	100 $\mu\text{mol P}$ -Lösung mg/kg	Salz
NO ₃ -N	94.7	93.3	Ca(NO ₃) ₂
NH ₄ -N	4.5	4.5	KNO ₃
K	105.9	104.1	KH ₂ PO ₄
P	0.0	3.1	Mg(NO ₃) ₂
Mg	36.3	36.3	K ₂ SO ₄
S	100.1	99.4	MgSO ₄
Ca	132.3	132.3	CaSO ₄
Fe	0.84	0.84	Fe-Chelat
Mn	0.39	0.39	MnSO ₄
Zn	0.06	0.06	ZnSO ₄
B	0.54	0.54	H ₃ BO ₄
Cu	0.04	0.04	CuSO ₄
Mo	0.05	0.05	MoO ₃
EC	1.3	1.3	
pH	5.6	5.6	

2.6 Ernte und Analyse

2.6.1 Bonitur

Es wurde die Sprosslänge beider Pflanzen gemessen und die Sprossbreite an der Längsseite des Spross direkt über der Substratoberfläche erfasst.

2.6.2 Frisch- und Trockenmasse

vgl. Experiment 1: 2.6.2

2.6.3 Pflanzenanalyse

vgl. Experiment 1: 2.6.3

2.6.4 Wurzellängenkolonisation

vgl. Experiment 1: 2.6.4

2.7 Statistik

Auf dem Vermikulit-Sand Substrat wurde der Einfluss der unterschiedlichen Inokula auf die Trockenmasse, Nährstoffgehalt und Boniturobjekte in einer einfaktoriellem Varianzanalyse mit "Statistica"-Software untersucht und über den Newmann Keuls Test die Grenzdifferenzen ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Mykorrhizierung

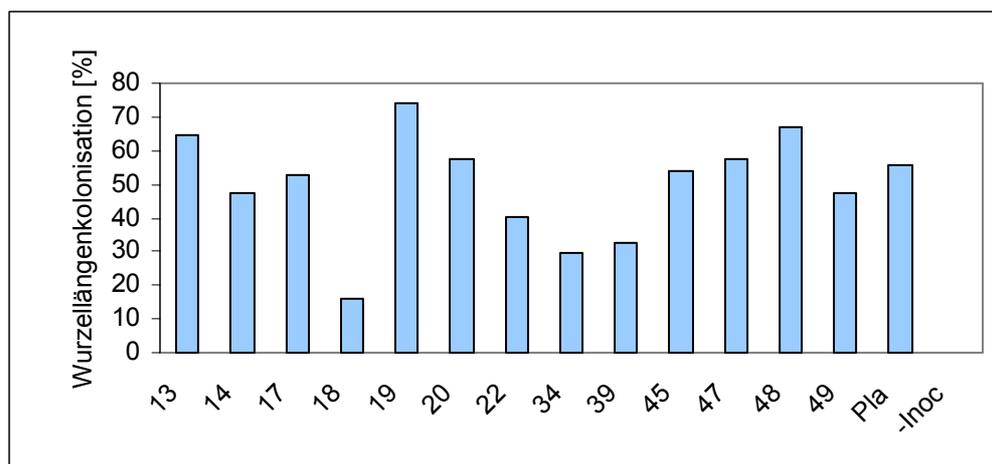


Abb. 47: Wurzellängenkolonisierung von Porree durch das Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Expt. 7)

Es erfolgte eine Infektion der Porreewurzeln durch alle verwendeten Inokula. Das mit sterilem Inokulum gemischte Substrat enthielt kein infizierendes Material (Abb.47).

3.2 Trockenmasse

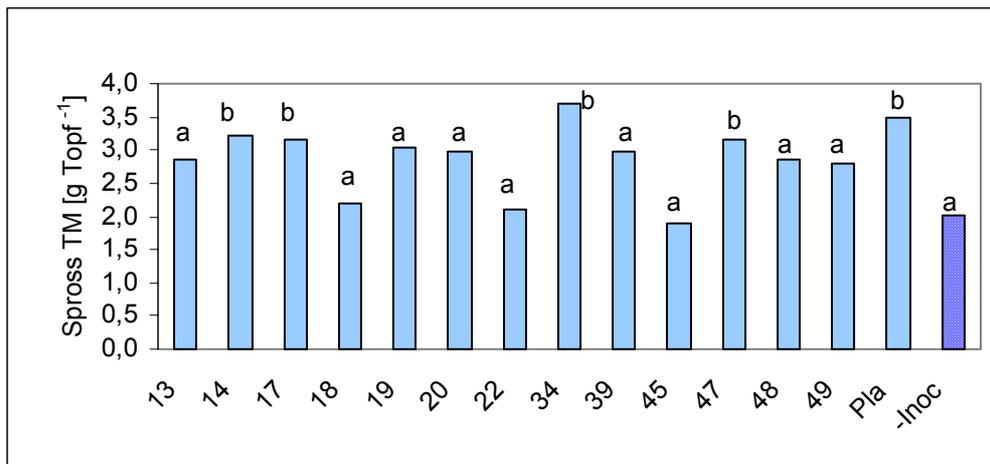


Abb. 48: Sprosstrockenmasse von Porree unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 1,1) (Expt. 7)

Die Trockenmassen vom Spross waren unter dem Einfluss der Inokula Plantworks, 14, 17, 34 und 47 gegenüber der nicht inokulierten Variante erhöht (Abb. 48).

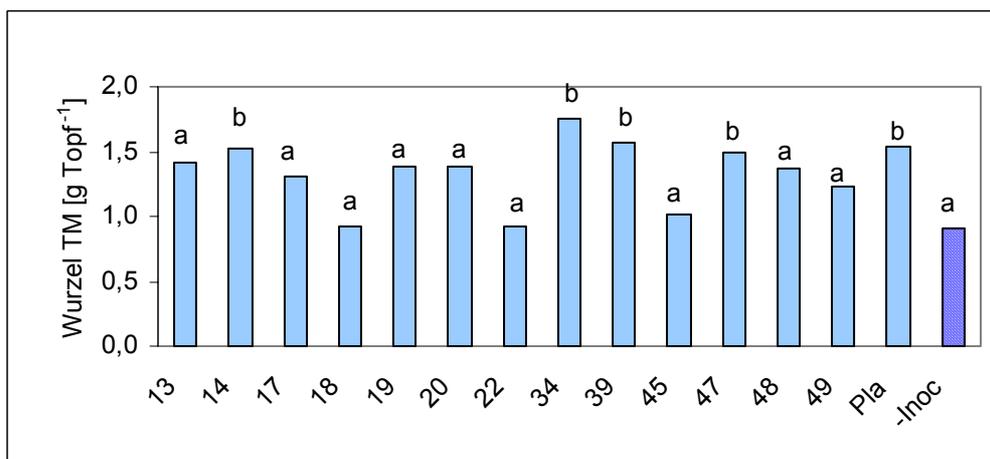


Abb. 49: Wurzeltrockenmasse von Porree unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13,14,17,18,19, 20,22,34,39,45,47,48,49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit-Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 0,6) (Expt. 7)

Die Trockenmassen vom Spross waren unter dem Einfluss der Inokula Plantworks, 14, 34, 39 und 47 gegenüber der nicht inokulierten Variante erhöht (Abb. 49). Die Inokula Plantworks, 14, 34 und 47 erhöhten sowohl die Spross- als auch die Wurzeltrockenmasse.

3.3 Nährstoffgehalte

Noch nicht ermittelt

3.4. Nährstoffgesamtgehalt

Noch nicht ermittelt

3.5. Sprosslänge und Sprossbreite

Die Sprosslänge zwischen den Varianten war nicht signifikant unterschiedlich. Jedoch war, wie in Abb. 50 dargestellt, Sprossbreite unter dem Einfluss der Inokula Plantworks, 13, 14, 17, 19, 20, 34, 39, 47, 48 und 49 erhöht (Abb. 50).

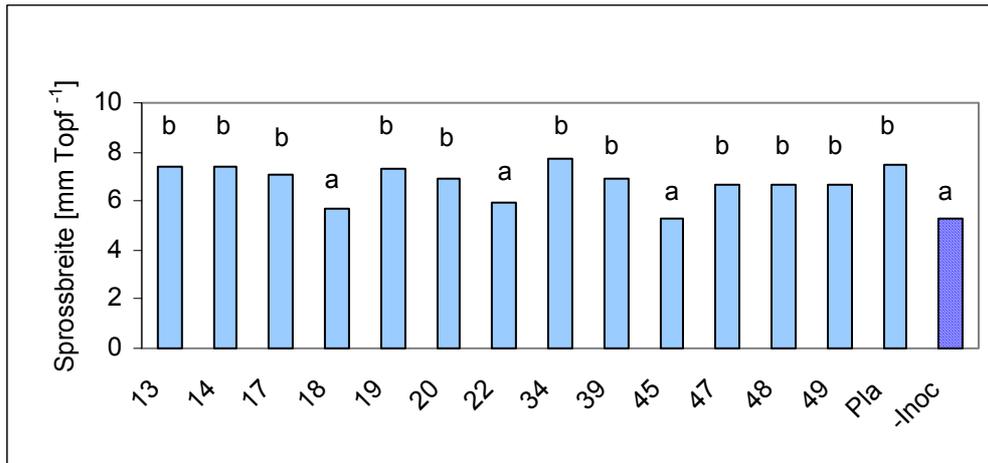


Abb. 50: Bonitur der Breite des Spross unter dem Einfluss der Inokulum der Firma Plantworks und der 13 Inokula der Universität Basel 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 34, 39, 45, 47, 48, 49 und in einer nicht inokulierten Variante auf Vermikulit - Sand Substrat nach sechs Wochen Kultivierung (Grenzdifferenz Inokula: 1,6) (Expt. 7)

3. Diskussion

3.1 Mykorrhizierung

Auf dem Sandboden lag die Wurzellängenkolonisation im Mittel bei 30 %, was als hoch einzuschätzen ist. Bei einem Vergleich der Varianten +P und -P wurde erwartet, dass auf dem Boden mit der geringeren P-Düngung höhere Mykorrhizierungsraten zu finden seien (Smith und Reads, 1997). Dies traf im Fall des Porrees und der Poinsettie zu, jedoch war es bei der Pelargonie genau umgekehrt. Eine Erklärung wäre, dass die Pelargonie mit ihrem feinen Wurzelsystem das Bodenvolumen besser erschließt, als der Porree oder die Poinsettien mit ihren dickeren nicht so stark verzweigten Wurzeln. Deshalb ist die Pelargonie nicht in so starkem Maße auf die Hyphen der Mykorrhiza angewiesen. Die nicht inokulierte Variante wurde nur in Einzelfällen (Expt. 1 Poinsettie; Expt. 2 Porree, Pelargonie) infiziert. Diese Infektion kann entweder durch eine Kontamination während des Versuches oder durch eine endogene Mykorrhiza im Sand entstanden sein. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Kolonisation in den nicht inokulierten Varianten nicht oder nur bis max. 10 % erfolgte.

Die drei Inokula Plantworks, Biorize und Triton unterschieden sich nicht in der Wurzellängenkolonisation, unabhängig vom Substrat. Als Ausnahme soll hier das Experiment 2 erwähnt werden. Beim Porree nahm sowohl auf 20 % als auch auf 40 % Kompost-Substrat die Kolonisation zu in der Reihenfolge Biorize, Plantworks und Triton.

Die Kolonisation auf 20 % Kompost-Substrat und auf Klasmannsubstrat war in den meisten Experimenten höher als auf 40 % Kompost-Substrat, was auf die niedrigeren Nährstoffgehalte im Substrat zurückzuführen ist (vgl. Tab. 6, 8). Die Kolonisation macht jedoch keine Aussage über die Aktivität des Pilzes oder über die Stärke seiner Beeinflussung der Pflanze. So zeigte sich in Experiment 3, dass bereits eine Wurzellängenkolonisation von 2 % eine frühzeitigere Knospenbildung induzieren kann. Insgesamt war die Kolonisation der Wurzeln mit im Mittel 28 % erfolgreich. Eine Ausnahme machte die Erdbeere, deren Kultivierung mit großen Schwierigkeiten einherging und deren Kolonisation misslang.

Anhand der nicht inokulierten Varianten konnte gezeigt werden, dass bis auf 2 Ausnahmen die Kompost-Substrate frei von infektiösem Material waren. Die Abtötung von infizierendem Material geschieht bei der Herstellung durch das Erhitzen des Komposts in der Miete auf 90 °C.

Mit steigender Nährstoffversorgung, insbesondere mit P, sinkt die Wurzellängenkolonisation (Smith und Reads, 1997; Boddington und Dodd, 2000; Dickson (1999)). Diese Erkenntnis wurde in Experiment 6 bestätigt. Hier verringert sich die Wurzellängenkolonisation mit steigendem P Angebot. Lösliches P ist leicht für die Pflanzenwurzeln erreichbar und wird ständig nachgeliefert. Dagegen ist Rohphosphat im Boden stärker festgelegt, damit schwerer für die Pflanze verfügbar. Eine höhere Kolonisation könnte die Verfügbarkeit wesentlich verbessern. In der -P Variante erschließen die feinen Pilzhyphen P Vorräte, die für die Pflanzenwurzeln nicht verfügbar sind. Hier ist die Abhängigkeit vom Pilz am höchsten und hier waren auch die Wurzeln am stärksten kolonisiert.

Auf dem Vermikulit-Sand Substrat konnte mit Tropfbewässerung eine Kolonisation der Porreewurzeln mit allen eingestzten Baseler Stämmen erfolgreich durchgeführt werden. Während in Experiment 7 im Mittel 48% der Wurzellänge infiziert waren, infizierte das Inokulum 18 in Experiment 4 und 7 nur 0,3 - 16 % der Wurzellänge.

Unser Ziel, die Wurzeln auf Kompost-Substraten bei Anwendung einer Tröpfchenbewässerung zu kolonisieren, ist bei Porree, Pelargonie, Poinsettie und Salat erreicht worden.

3.2 Wachstum, Trockenmasse

Mykorrhiza kann die Trockenmasse von Pflanzen auf nährstoffarmen Böden aber auch auf Torfsubstraten signifikant erhöhen (Varma und Schuepp, 1994). In den Experimenten des vorliegenden Teilprojektes konnten jedoch nur in einzelnen Fällen eine Erhöhung der Trockenmasseproduktion verglichen mit der nicht inokulierten Variante gezeigt werden. Im Folgenden werden diese Unterschiede für die einzelnen Pflanzenarten beschrieben:

Während bei **Porree** die höhere +P Düngung auf Sand die Trockenmasseproduktion förderte bewirkte eine Mykorrhizierung auf dem Klasmannsubstrat und den Kompost-Substraten keine höhere Wurzel- oder Sprosstrockenmasse. Eine mögliche Ursache besteht im hohen Nährstoffangebot der Substrate (Smith und Reads, 1997).

Bei der **Pelargonie** gab es auf dem Kompost-Substraten außer in Experiment 2 Unterschiede in der Trockenmasse, was wieder auf die gute Nährstoffversorgung der Substrate zurückzuführen ist. Auf Sand hatten die untersuchten Faktoren sehr widersprüchliche Einflüsse. Mal hatte die +P-Düngung, mal die Inokulation mit Plantworks einen fördernden oder einen reduzierenden Effekt und manchmal war gar keine Beeinflussung der Trockenmasse gemessen worden. Diese widersprüchlichen Ergebnisse

sind wahrscheinlich durch die Wahl des Bodens entstanden. Ursprünglich sollte in den Experimenten ein Boden genutzt werden, der bei der Variante -P bei den nicht inokulierten Pflanzen P-Mangel induziert und bei der +P-Variante ausreichend P zur Verfügung gestellt hätte. Da die -P Variante immer noch einen P-Gehalt von 85 mg kg⁻¹ aufwies, sind Effekte nur ansatzweise erkennbar.

Bei der **Poinsettie** unterschieden sich mit Ausnahme von Experiment 1 die Trockenmassen auf den Kompost-Substraten nicht signifikant nach Inokulation mit Mykorrhiza-Pilzen. In Experiment 1 gab es sogar Depressionen im Wachstum von Spross und Wurzel, besonders unter dem Einfluss der Inokula Biorize und Triton. Dieses Phänomen fand auch Hodge (2003) in ihren Experimenten. Ein Grund dafür könnten zum einen die Inokula selbst sein, die der Pflanze in ihrem Jugendstadium einen großen Anteil der Assimilate entzogen haben, die eigentlich für das Wachstum benötigt wurden (Smith und Reads, 1997). Zum anderen könnte es an einer zu hohen Bodenfeuchte oder an einem heterogenen Pflanzenmaterial liegen (Marschner & Dell, 1994). Auf Sand ließ sich wie bei Pelargonie keine eindeutige Aussage über das Wachstum treffen.

Bei **Salat** gab es niedrigere Sprosstrockenmassen durch die Verwendung von den Inokula 14 und 19 auf Klasmann und 40 % Kompostsubstrat. Die beiden Mykorrhiza Inokula scheinen in Verbindung mit Salat eher belastend zu wirken, was eventuell auf einen höheren Assimilateverbrauch zurückzuführen ist.

In den Experimenten 4 und 7 wurden die einzelnen Baseler Stämme gescreent. Nach 10 Wochen Versuchsdauer in Experiment 7 waren die Wurzel- und Sprosstrockenmassen von **Porree** durch die Inokula 14, 34, 47 und Plantworks signifikant erhöht.

Es wäre wichtig in zukünftigen Experimenten zu untersuchen, ob die Stämme, die eine Erhöhung des Wachstum verursacht haben, besondere Eigenschaften aufweisen, das in diesem Versuch angebotene Rohphosphat für die Pflanze verfügbar zu machen.

Für den ökologischen Gartenbau ist auf jeden Fall bedeutend, dass eine Erhöhung des Kompostanteils als Torfersatzstoff von 20 % auf 40 % keine Verringerung der Trockenmasseproduktion bewirkte. Vielmehr förderte der höhere Kompostanteil in verschiedenen Fällen sogar den Trockenmasse- und im speziellen den Knospenzuwachs.

3.3 Nährstoffkonzentrationen und -gehalte

Die Fähigkeit externer Hyphen von vesikulärer-arbuskulärer Mykorrhiza Nährstoffe aufzunehmen und zur Pflanze zu transportieren wurde für die folgenden Nährstoffe nachgewiesen: P, N, K, Ca, S, Cu und Zn (Marschner und Dell, 1994). So können zum Beispiel, wie von Dickson (1999) belegt, auf Böden mit geringen P-Gehalt durch Mykorrhiza signifikant höhere P-Gehalte erzielt werden.

Die Nährstoffgehalte von Porree und Pelargonie unterschieden sich in den meisten der im vorliegenden Projekt untersuchten Varianten nicht signifikant. Die Fälle, wo die Mykorrhizierung Effekte bewirkte, werden nachfolgend beschrieben:

Die N-Gehalte in der Trockenmasse und im Topf waren nur auf Sand unter dem Einfluss des Plantworks Inokulums bei Porree in Experiment 2 höher als in der nicht inokulierten Variante. Das heißt, es wurde durch die Mykorrhiza mehr N in die Wurzel und von dort weiter in den Spross transportiert. Möglicherweise sind diese Effekte durch einen Bewässerungsfehler ausgelöst worden. Die unbeabsichtigte Auswaschung von N hatte einen N-Mangel zur Folge, der durch die bessere Nährstoffversorgung der mykorrhizierten Pflanzen gemildert werden konnte.

Auf dem Kompost-Substrat dagegen zeigten sich Unterschiede in den N-Gehalten nur in den Pelargonien in Experiment 2. Hier waren sie bei allen drei kommerziellen Inokula niedriger als die nicht inokulierte Variante. Die Pflanzen waren insgesamt kleiner als die nicht inokulierten Pflanzen und hatten keine Unterschiede im N-Gehalt der Trockenmasse. So erklären die niedrigeren Trockenmassen der inokulierten Pflanzen die niedrigeren N-Gehalte je Topf bei inokulierten Pflanzen.

Die P-Gehalte waren in den folgenden Fällen in allen drei Pflanzenarten, vor allem auf dem Kompost-Substrat, aber auch auf Sand, signifikant unterschiedlich von der nicht inokulierten Variante. Im ersten Experiment erhöhte bei der Pelargonie das Plantworks und Biorize Inokulum auf beiden Kompost-Substraten die P-Gehalte in der Trockenmasse und je Topf. Im zweiten Experiment hingegen waren zwar der Gehalt in der Trockenmasse auf 40 % Kompost-Substrat durch Biorize erhöht, der Gesamtgehalt je Topf lag jedoch auf Grund der reduzierten Trockenmasse signifikant niedriger. Das bedeutet, dass die inokulierten Pflanzen absolut weniger P aufgenommen haben. Auf Sand wurden nur die Gehalte in der Trockenmasse erhöht.

Bei der Poinsettie waren nur im ersten Experiment Unterschiede in den P-Gehalten nachgewiesen worden. Zum einen wurde der P-Gehalt durch die Inokula Biorize und

Triton erhöht. Auf grund der geringeren Trockenmasseproduktion war jedoch die Gesamtaufnahme von P in die Pflanze niedriger als bei den nicht inokulierten Pflanzen. Zum anderen waren die P-Gehalte in den Pflanzen, die auf Sand kultiviert wurden, insgesamt niedriger, jedoch durch eine höhere Trockenmasse enthielten die inokulierten Varianten mehr P im Topf als die nicht inokulierten Varianten.

Beim Porree zeigte die Analyse nur in Experiment 2 eine Erhöhung der P-Gehalte je Topf durch die Inokula Plantworks und Triton auf 40 % Kompost-Substrat. Die P-Gehalte in der Trockenmasse waren nach Inokulation nur tendenziell bei beiden Inokula erhöht und die Trockenmassen zeigten keine Unterschiede.

Im ersten Experiment erhöht bei der Pelargonie das Plantworks und Biorize Inokulum auf beiden Kompost-Substraten sowohl die K-Gehalte in der Trockenmasse als auch im Topf. Im zweiten Experiment hingegen sind die K-Gesamtgehalte je Topf auf den Kompost-Substraten wie bei P mal durch das Inokulum Biorize und mal durch das Inokulum Plantworks signifikant niedriger. Im Fall von Biorize und Plantworks ist diese Reduktion jedesmal durch die Reduktion der Trockenmasse zu erklären. Jedoch ist bei dem Inokulum Triton der verringerte K-Gehalt in der Trockenmasse verantwortlich, der bei 20 % Kompost-Substrat tendenziell am niedrigsten war.

Im Fall der Poinsettie wurden im ersten Experiment die K-Gehalte in der Trockenmasse auf den Kompost-Substraten durch die Inokula Plantworks und Biorize erhöht, jedoch sieht man an den Gesamtgehalten je Topf, das nur durch das Plantworks Inokulum tatsächlich mehr K aufgenommen wurde. Entsprechend war die Steigerung des K-Gesamtgehaltes der Pflanzen auf Sand durch das Plantworks Inokulum.

In Experiment 2 und 3 wurde durch Biorize und Triton der Gehalt an K in der Trockenmasse erhöht, jedoch reichten die aufgenommenen Mengen an K nicht aus, um die Gesamtgehalte je Topf signifikant zu erhöhen.

Ebenfalls in Experiment 2, aber hier am Porree, waren die Gesamtgehalte an K aber auch an Zn und Cu auf Kompost-Substrat durch die Inokula Plantworks, Biorize und Triton erhöht.

Unsere Ergebnisse bestätigen somit die Funde verschiedener Autoren (Marschner und Dell, 1994; bekannt (George, 2000, Gianinazzi und Schüepp, 1994).

Von den wenigen Ergebnisse zur Verbesserung des Wachstums oder des Blühverhalten kann noch keine generelle Aussage abgeleitet werden, dass auf Grund der

Verbesserung der Nährstoffbereitstellung nach Mykorrhizierung auch eine Wachstumsverbesserung erfolgt. Dazu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Das bei den meisten Varianten keine Unterschiede in den Nährstoffgehalten gefunden wurde, ist nach unserer Einschätzung auf die gute Versorgung mit Nährstoffen aus den Substraten zurückzuführen. Diese erlaubte der Pflanze auch ohne die Unterstützung durch den Pilz genügend Nährstoffe aufzunehmen. Unsere Einschätzung wird dadurch bestätigt, dass die gesteigerten Nährstoffgehalte in den Pflanzen vor allem auf dem 40 % Kompostsubstrat auftraten. Ebenso waren die Gesamtgehalte auf 40 % Kompost-Substrat in fast der Hälfte aller Messungen signifikant erhöht gegenüber 20 % Kompost-Substrat, aber auch dem Klasmannsubstrat. Dies ist auf das höhere Nährstoffangebot im 40 % Kompost-Substrat zurückzuführen (vgl. Tab. 6,8).

Bei dem Vergleich der Inokula scheint das Plantworks Inokulum ohne Berücksichtigung der Sandvarianten am besten abzuschneiden. Es erhöhte nicht nur den Nährstoffgehalt, sondern auch die Gehalte der Nährstoffe in der gesamten Pflanze. Obwohl das Biorize Inokulum verglichen mit den beiden anderen Inokula sehr viel häufiger die Nährstoffgehalte in der Trockenmasse erhöhte, reichte das jedoch nicht aus, um auch die Gehalte in der Gesamtpflanze zu erhöhen. Dieses erklärte sich durch einen mangelnden Effekt auf das Wachstums und damit die Trockenmassebildung. Unter den eingesetzten Inokula hatte das Triton Präparat den geringsten Einfluss auf die Ernährung der Pflanzen.

3.4 Knospenanzahl, Sprosslänge und Sprossdicke

Eine Veränderung der gemessenen Prüffaktoren, wie Sprosslänge, Knospenanzahl, wurde nur in Einzelfällen und oft durch unterschiedliche Behandlungen ausgelöst. So wurde bei der Pelargonie eine Veränderung in der Knospenbildung einmal durch das Plantworks Inokulum gegenüber der nicht inokulierten Variante und einmal durch das 40 % Kompost-Substrat gegenüber dem 20 % Kompost-Substrat verursacht. Bei Porree wurden Sprosse bei den Pflanzen auf Sand unter dem Einfluss von Plantworks, Biorize und Triton länger. Im Versuch auf dem Vermikulit-Sand Substrat wurde die Sprossbreite durch die Baseler Inokula 13, 14, 17, 19, 20, 34, 39, 47, 48 und 49 signifikant erhöht. Die Sprosslänge bei der Poinsettie hingegen wurde durch die Reduktion des Gesamtwachstums auf den Kompost-Substraten und durch die Plantworks, Biorize und Triton Inokula reduziert. In den Folgeexperimenten war davon nichts zu erkennen, dafür aber eine verstärkte Knospenbildung durch die Inokula Plantworks und Triton.

3.5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau

- Im verwendeten Kompost ist kaum infizierendes Material von Mykorrhizapilzen enthalten, wahrscheinlich wegen der Erhitzung des Komposts während der Rotte. Daher ist eine natürliche Mykorrhizierung von Jungpflanzen weitestgehend ausgeschlossen.
- Sollte der Gärtner an einer Mykorrhizierung von Jungpflanzen interessiert sein, so ist dies trotz hoher Nährstoffgehalte im Kompost durch eine Inokulation möglich.
- Das Wachstum wurde durch eine Mykorrhizierung nicht signifikant verbessert.
- Für die Praxis könnte die durch Mykorrhiza induzierte Knospenbildung ein Grund sein, Inokula einzusetzen. Jedoch muss in weiteren Experimenten die Reproduzierbarkeit der Effekte gezeigt werden.
- Im ökologischen Gartenbau kann ein höherer Kompostanteil (bis 40%) als Torfersatz genutzt werden. Gleichzeitig hat das 40% Kompost-Substrat eine höhere maximale Wasserhaltekapazität (WK_{max}) als 20% Kompost.
- Ob die in unseren Versuchen mit Inokula produzierten Jungpflanzen eine höhere Stresstoleranz gegenüber nicht inokulierten Jungpflanzen aufwiesen kann nicht beantwortet werden. Siehe hierzu Bericht des FÖL.
- Es ist möglich, dass einige der Baseler Inokula oder das Plantworks Inokulum beim Angebot unterschiedlicher im ökologischen Gartenbau verwendeter Dünger eine Steigerung der Trockenmasse und der Nährstoffkonzentration bewirken. In weiteren Versuchen soll dies überprüft werden.

4. Zusammenfassung

4.1 Ziel und Fragestellung

Im Teilprojekt unter der Verantwortung des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau in Großbeeren waren Untersuchungen zur Nährstoffaufnahme, zum Pflanzenwachstum und zum Blühverhalten nach Einsatz von Kompost-Substraten und vesikulär-arbuskulären Mykorrhizastämmen (AMF) vorgesehen. Daraus ergaben sich folgende Fragen zur Untersuchung:

1. Ist eine Mykorrhizierung von Jungpflanzen auf praxisüblichen Torf- bzw. Kompostsubstraten möglich?
2. Wie beeinflusst ein Kompostanteil von 20 % oder 40% das Wachstum?
3. Haben unterschiedliche Mykorrhizastämme einen Einfluss auf das Wachstum, das Blühverhalten und die Nährstoffkonzentration bzw. -gehalte (N, P, K, Zn, Cu) im Spross verschiedener Gemüse- und Zierpflanzen?

4.2 Material Methoden

Es wurden sieben Experimente mit 3-4 Wochen alten Jungpflanzen von Pelargonie, Poinsettie, Porree, Erdbeere und Salat (direkt im inokulierten Topf gekeimt) durchgeführt. Die Experimente erfolgten unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus oder in der Klimakammer. Nach der Ernte wurden die Wurzellängenkolonisation, das Wachstum, das Blühverhalten und die Nährstoffgehalte (N, P, K, Zn, Cu) der Trockenmasse und der gesamten Pflanze untersucht.

4.3 Ergebnisse

AMF-Kolonisierung: Die Kolonisation von Porree, Pelargonie, Poinsettie und Salat war auf allen Substraten möglich und lag im Schnitt zwischen 20 und 47 %. Erdbeere wurde nicht erfolgreich kolonisiert, wahrscheinlich wegen ungünstiger Wachstumsbedingungen.

Bonitur (Länge, Breite, Blühverhalten) am Ende des Versuchs (jeweils nur in einem Versuch beobachtet)

Porree: Auf Sand wurden höhere Sprosslängen unter dem Einfluss von Plantworks, Biorize und Triton hervorgerufen. Beim Testen der 13 Baseler Inokula auf dem Vermikulit-Sand Substrat waren die Sprosse durch Plantworks Inokulum und die Baseler Inokula 13, 14, 17, 19, 20, 34, 39, 47, 48 und 49 signifikant verdickt.

Pelargonie: Die Knospenbildung wurde durch das Plantworks Inokulum und das 40% Kompost-Substrat gesteigert.

Poinsettie: Auf den Kompost-Substraten wurde das Wachstum und die Sprosslänge durch die Plantworks, Biorize und Triton Inokula vermindert. Auf Klasmannsubstrat wurde die Knospenbildung durch Plantworks und Triton erhöht.

Wachstum (Trockenmasse): Auf die Trockenmasse hatte die unterschiedlichen Wirt- und Inokulumskombinationen nicht immer einen konsistenten Einfluss. In manchen Fällen bewirkte jedoch das 40% Kompost-Substrat eine Steigerung des Wurzel- und Sprosswachstums. Beim Screenen der Baseler Stämme auf Vermikulit-Sand Substrat mit Rohphosphatdüngung zeigten nach 10 Wochen die mit den Inokula Plantworks, 14, 17, 34 und 47 behandelten Varianten erhöhte Sprosstrockenmassen.

Nährstoffkonzentration und -gehalte: Die Ernährung der Pflanzen erfolgte offensichtlich hauptsächlich über die Wurzeln, die dem gut versorgten Kompostsubstrat Nährstoffe entzogen. Deshalb konnte nur in einigen Versuchsgliedern die N-, P-, K-, Zn- und Cu-Konzentrationen durch Mykorrhizierung erhöht werden.

4.4 Schlussfolgerung

- Im verwendeten Kompost ist kaum infizierendes Material von Mykorrhizapilzen enthalten. Daher ist eine natürliche Mykorrhizierung von Jungpflanzen weitestgehend ausgeschlossen.
- Sollte der Gärtner an einer Mykorrhizierung von Jungpflanzen interessiert sein, so ist dies trotz hoher Nährstoffgehalte im Kompost durch eine Inokulation möglich.
- Das Wachstum wurde durch eine Mykorrhizierung nicht signifikant verbessert.
- Für die Praxis könnte die durch Mykorrhiza induzierte Knospenbildung ein Grund sein, Inokula einzusetzen. Jedoch muss in weiteren Experimenten die Reproduzierbarkeit der Effekte gezeigt werden.
- Im ökologischen Gartenbau kann ein höherer Kompostanteil bis 40% als Torfersatz genutzt werden. Damit erhöht sich auch die maximale Wasserhaltekapazität.
- Ob die in unseren Versuchen mit Inokula produzierten Jungpflanzen eine höhere Stresstoleranz gegenüber nicht inokulierten Jungpflanzen aufwiesen kann nicht beantwortet werden. Siehe hierzu Bericht des FÖL.
- Es ist möglich, dass einige der Baseler Inokula oder das Plantworks Inokulum beim Angebot unterschiedlicher im ökologischen Gartenbau verwendeter Dünger eine Steigerung der Trockenmasse und der Nährstoffkonzentration bewirken. In weiteren Versuchen soll dies überprüft werden.

5. Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Zielen

Das Teilprojekt IGZ findet sich im Paket 4.1 des Arbeitsplanes.

Anstelle der Triton-Einzelstammnokula wurden 2 weitere kommerzielle Mischinokula der Fa. Biorize und Plantworks geprüft. Neben der Untersuchung der Wirkungsunterschiede kommerzieller Stämme geschah das primär um der Praxis konkrete Hinweise zum Einsatz verschiedener Produkte geben zu können. Der Vergleich der drei Mischinokula erfolgte in Kombinationsbehandlung mit Kompostsubstraten und wurde termingerecht abgeschlossen. Zwei Gewächshausversuche (Exp. 1, 3) wurden ergänzt durch einen Versuch in der Klimakammer unter konstanten Klimabedingungen (Exp. 2).

Die Einzelstämme der Universität Basel wurden am IGZ später als geplant gescreent, da ein erster Test bereits beim FiBL positiv bewertet worden war. Das Screening am IGZ erfolgte mit Porre und Pelargonie (Exp. 4). Dieser Versuch musste auf Grund technischer Probleme mit der Klimakammer vorzeitig beendet werden und erbrachte nur unzureichende Ergebnisse. Deshalb wurde der Versuch mit Porre wiederholt (Exp. 7) und erfolgreich vor Projektabschluss ausgewertet.

Die ökophysiologische Charakterisierung ausgewählter Stämme der Universität Basel erfolgte mit Salatjungpflanzen (Exp. 5, 6) und wurde planmäßig abgeschlossen.

6. Literaturverzeichnis

- Bergmann, W. (1993): Ernährungsstörung bei Kulturpflanzen. 3. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Boddington, C.L. and Dodd, J.C. (2000): The Effect of Agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. II Studies in experimental microcosms. *Plant and Soil* 218 (1-2): 145-157
- Bruns, C., Schüler C. (2001): Einsatz von suppressiven Komposten zur Kulturstabilisierung gegenüber bodenbürtigen Schaderregern in ökologisch geführten Gartenbaubetrieben. http://www.wiz.uni-kassel.de/foel/ble_kompost.html
- Dickson, S., Smith, S.E. and Smith, F.A. (1999): Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porrum*: colonization, plant growth and phosphate uptake. *New Phytologist* 144 (1): 163-172
- George, E., 2000: Nutrient uptake. Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to plant mineral nutrition. In: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (Hrsg. Y. Kapulnik und D.D. Douds Jr.), pp. 307-343. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Gianinazzi, S. and Schüepp, H. 1994: Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Hodge, A. (2003): Plant nitrogen capture from organic matter as affected by spatial dispersion, interspecific competition and mycorrhizal colonization. *New Phytologist* 157: 303-314
- Koske, R.E. und Gemma, J.N. (1989): A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92 (4): 486-505
- Maldonado-Mendoza IE, Dewbre GR, Harrison MJ (2001) A phosphate transporter gene from the extra-radical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* is regulated in response to phosphate in the environment. *Molecular Plant Microbe Interactions* 14:1140-1148
- Marschner, H. und Dell, B. (1994): Nutrient Uptake in Mycorrhizal Symbiosis. *Plant and Soil* 159: 89-102
- Raviv, M., Zaidman, B-Z. und Kapulnik, Y. (1998): The use of compost as a peat substitute for organic vegetable transplants production. *Compost Science & Utilization* 6(1): 46-52
- Schaller, K. (1988): Praktikum zur Bodenkunde und Pflanzenernährung. Geisenheimer Berichte 2, Gesellschaft zur Förderung der Forschungsanstalt Geisenheim (Hrsg.), Selbstverlag, Geisenheim.
- Smith, S.E. and Reads D.J. (1997): *Mycorrhiza Symbiosis*. 2nd edn. Academic Press, London
- Varma, A. und Schuepp, H. (1994): Positive Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungus on in vitro Raised *Hortensia* Plantlets. *Angew. Bot.* 68, 108-115
- ZALF, 1998: <http://www.zalf.de/lehr2/I52.htm>