



Auswirkung von Komposttee auf das Wurzel- und Pflanzenwachstum von Rosenkohl

Bachelorarbeit

Verfasser: Bässler Timon
Studiengang Umweltingenieurwesen 2019-22
Abgabedatum: 7.7.2022
Betreuer: Mathis Alex, Adrian Rubi

ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, 8820 Wädenswil

Schlagwörter:

Komposttee, Pflanzenschutz, Düngung, Kohlenstoffspeicherung, Rosenkohl

Zitiervorschlag:

Bässler, T. (2022). Auswirkung von Komposttee auf das Wurzel- und Pflanzenwachstum von Rosenkohl. Bachelorarbeit im Fachgebiet Hortikultur, IUNR, ZHAW, Wädenswil, unveröffentlicht.

Name des Instituts

Zürcher Hochschule Für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Institut IUNR

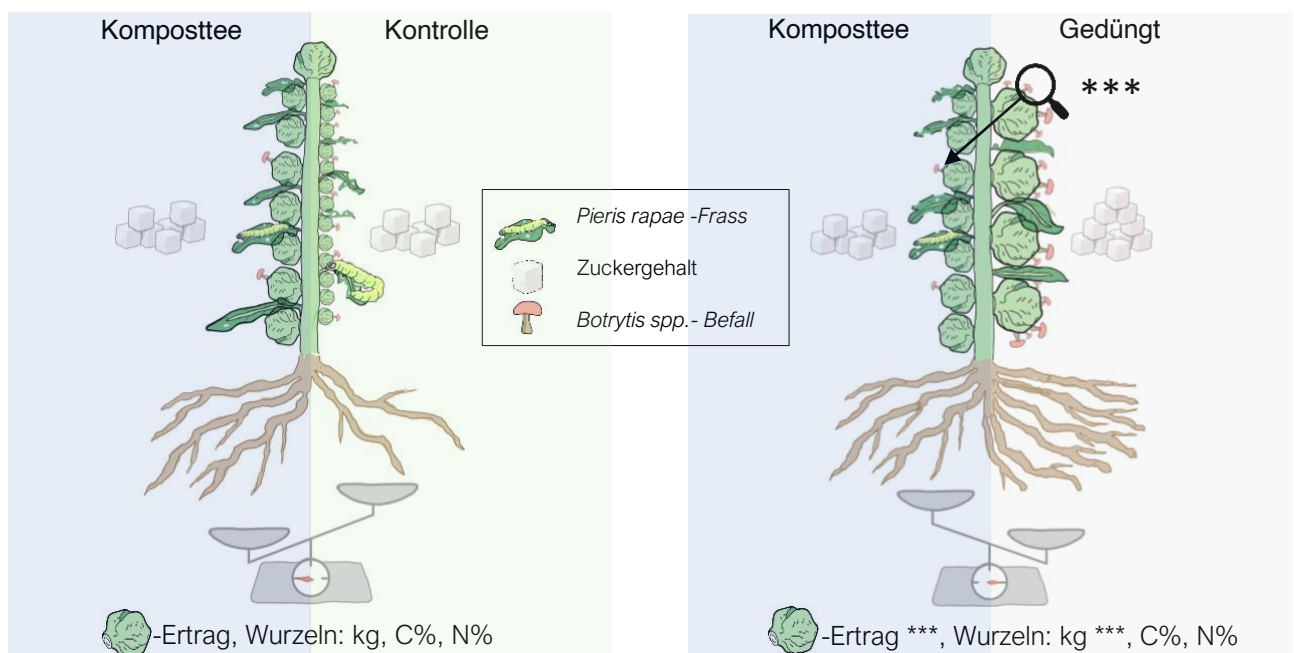
Bild auf der Titelseite:

Drohnenaufnahme im Winter von der Rosenkohl-Kultur

Abstract

Der intensive Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel und Düngemittel hat gravierende Folgen für Agrarökosysteme. So kämpfen Landwirt:innen weltweit mit einer reduzierten Bodenfruchtbarkeit sowie krankheitsanfälligeren Kulturen. Ausserdem leiden vielerorts die menschliche Gesundheit sowie die Umwelt unter den Folgen dieses übermässigen Einsatzes. Um mit krankheitsanfälligen Kulturen sowie degradierten Böden die stetig wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, braucht es in der Landwirtschaft nachhaltigere Hilfsmittel. Auch von Seiten der Öffentlichkeit ist der Ruf nach ökologischen Alternativen gestiegen. In diesem Zusammenhang wird Komposttee als ein mögliches Mittel sowohl für einen nachhaltigen Pflanzenschutz als auch für eine Ressourcen schonende und Bodenaufbauende Düngung diskutiert. In zahlreichen Studien wurden diese Effekte von Komposttee bereits beschrieben und nachgewiesen. Wenig Aufmerksamkeit erhielt bis anhin die langfristige Wirkung von Komposttee auf den Boden. Folglich wurde in der vorliegenden Studie neben dem Dünge- und Pflanzenschutzeffekt auch die Wirkung von Komposttee auf den Boden untersucht. Dazu wurde in einem Freilandversuch an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) über sieben Monate Rosenkohl mit den zwei Anbauvarianten (1) Komposttee und (2) Düngung nach Entzug mit Hilfsstoffen der biologischen Produktion kultiviert und verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass das Verfahren mit einer Komposttee-Applikation verglichen mit dem unbehandelten Kontroll-Verfahren weniger durch Schädlinge (*Pieris rapae*-Raupen und *Botrytis spp.*) befallen wurde sowie einen höheren Ertrag, ein höheres Wurzelgewicht und einen höheren Wurzel-Stickstoffanteil erzielte. Dahingegen hatte das Verfahren mit einer Komposttee-Applikation keinen höheren Zuckergehalt als das Kontroll-Verfahren. Verglichen mit dem gedüngten Verfahren zeigte sich, dass das Verfahren mit einer Komposttee-Applikation signifikant ($1.43e^{-05}$ ***) weniger durch *Botrytis spp.*, dafür aber mehr durch *P. rapae*-Raupen befallen wurde sowie einen tieferen Zucker-Wert und einen signifikant ($7.73e^{-07}$ ***) tieferen Ertrag erzielte. Auch bei den Wurzelresultaten hat das Verfahren mit einer Komposttee-Applikation verglichen mit dem gedüngten Verfahren ein tieferes Gewicht sowie einen tieferen Kohlenstoff- und Stickstoffanteil. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Komposttee ein wirksames Dünge- und Pflanzenschutzmittel ist und dass durch die Veränderung im C: N-Wurzelverhältnis eine Komposttee-Applikation langfristig für eine höhere Kohlenstoffanreicherung im Boden sorgen könnte.

Komposttee, Pflanzenschutz, Düngung, Kohlenstoffspeicherung, Rosenkohl



Dank

Einleitend möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die auf unterschiedliche Art und Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zunächst möchte ich mich bei meinen Betreuern Adrian Rubi, Mitgründer von EDAPRO und Alex Mathis bedanken, Dozent für Gemüsebau an der Zürcher Hochschule Für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Ihnen habe ich zu verdanken, dass ich diese Arbeit schreiben konnte und sie waren es, welche mich mit hilfreichen Informationen und kritischen Anregungen während des gesamten Betreuungszeitraums begleitet haben. Weiter bedanke ich mich bei der Firma Max Schwarz für das Bereitstellen der Jungpflanzen für diese Arbeit. Auch den Angestellten des Lehr- und Forschungsbetriebes der ZHAW insbesondere Gabriele Gottschalk und Beat Häcki möchte ich für ihre Hilfe und Unterstützung bei den praktischen Arbeiten danken. Desgleichen möchte ich Dr. Matthias Lutz von der Forschungsgruppe Extension Gemüsebau der Agroscope und Dr. Esther Fischer, Dozentin an der ZHAW für ihre Hilfe bei der Identifizierung der Pilzkrankheit danken. Ebenfalls ein grosses Dankeschön geht an Anna, ohne welche die Pflanzung und die Ernte der Rosenkohlpflanzen wohl ein paar Tage länger gedauert hätten. Hierbei möchte ich auch meinem Betreuer Alex Mathis danken, dass er in meiner Abwesenheit nach der Pflanzung zahlreiche Jungpflanzen nachgepflanzt hat. Letztlich richte ich auch ein Dankeschön an meine Eltern für das Korrekturlesen meiner Arbeit.

Die Arbeit ist in Zusammenarbeit mit der Firma [EDAPRO](#) entstanden. EDAPRO ist eine in der Schweiz ansässige Firma, welche europaweit Kundinnen und Kunden berät und beliefert, welche sich für Komposttee interessieren. Der Grundstein für das Unternehmen wurde an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil vor 10 Jahren gelegt. Die drei Umweltingenieure Adrian Rubi, Ludwig Glöckhofer und Lorenz Rieger haben sich in ihrem Studium an der ZHAW mit ihren Semester-, Bachelor- und Masterarbeiten vertieft mit dem Thema Komposttee auseinandergesetzt. Schliesslich haben sie 2014 den Zürcher Start-up Award gewonnen und im Jahr 2016 die Firma EDAPRO GmbH gegründet.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Dank.....	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
1. Einleitung.....	1
1.1. Was ist Komposttee ?.....	2
1.2. Eine kurze geschichtliche Einordnung.....	2
1.3. Wissenschaftliche Studien zur Wirkung von Komposttee zeigen meist Vorteile und nur selten Nachteile	3
1.4. Komposttee – Vom Ausgangsmaterial zum Endprodukt.....	4
1.4.1. Kompost	5
1.4.1.1. Thermophiler Kompost	5
1.4.1.2. Wurm- oder Vermikompost.....	5
1.4.1.3. Ein Vergleich der beiden Methoden	5
1.4.2. Komposttee ein Kompost-Derivat	6
1.4.3. Die Herstellung der verschiedenen Komposttee-Arten.....	7
1.4.3.1. Belüfteter Komposttee.....	7
1.4.3.2. Nicht belüfteter Komposttee	8
1.4.3.3. Kompost-Extrakt	8
1.4.3.4. Anaerober Komposttee.....	8
1.4.3.5. Pflanzentees oder -jauche.....	9
1.4.3.6. Dung-Tee.....	9
1.4.4. Komposttee Qualität	9
1.4.4.1. Geeignetes Kompostausgangsmaterial.....	10
1.4.4.2. Kompostreife.....	10
1.4.5. Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Komposttee.....	11
1.4.5.1. Brauverhältnis Kompost zu Wasser	11
1.4.5.2. Brauzeit	11
1.4.5.3. Zusätze	11
1.4.5.4. Verdünnung, Anwendungsintervall und -zeitpunkt	12
1.4.6. Biologische Zusammensetzung im Komposttee	12
1.4.6.1. Protozoen.....	15
1.4.6.2. Pilze	15
1.4.6.3. Nematoden	16
1.4.6.4. Bakterien.....	16
1.4.7. Die Applikation von Komposttee	18

1.4.8.	Wirkungsweise von Komposttee	18
1.4.8.1.	Mikrobielle Wirkung.....	20
1.4.8.2.	Stoffliche Wirkung.....	22
2.	Material und Methoden.....	24
2.1.	Kulturwahl.....	24
2.2.	Studienaufbau.....	24
2.3.	Versuchsfläche	25
2.4.	Pflanzung und Düngung	25
2.5.	Nachpflanzungen, Pflanzenschutz und Unkrautregulierung	26
2.6.	Komposttee	28
2.6.1.	Kompostmaterial der vorliegenden Arbeit.....	28
2.6.2.	Brauen	28
2.6.3.	Applikation	28
2.7.	Blattsaftanalyse	29
2.8.	Rosenkohlernte	29
2.9.	Die Rosenkohl-Wurzeln.....	30
2.9.1.	Wurzelernte	30
2.9.2.	Wurzelwaschen, wägen, trocknen und mahlen	30
2.9.3.	CHN-Analyse.....	31
2.10.	Bonitierung.....	31
2.11.	Statistik.....	32
3.	Resultate	33
3.1.	Die zwei Blattsaftanalysen	33
3.2.	Schädlings- (<i>Pieris rapae</i>) und Krankheitsbefall (<i>Botrytis spp.</i>)	35
3.3.	Ertrag.....	36
3.4.	Wurzelgewicht und CHN-Analyse.....	36
4.	Diskussion	38
4.1.	Hypothese I. Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Zucker-Wert als unbehandelte Verfahren	38
4.1.1.	Blattsaftanalyse	38
4.1.1.1.	Nährstoffversorgung	38
4.1.2.	Nährstoffaufnahme der Pflanze	39
4.1.2.1.	Kationen	40
4.1.2.2.	Anionen.....	41
4.1.2.3.	Ammonium und Nitrat	41
4.1.2.4.	Boden-pH	43
4.1.3.	Blattsaft-pH	43
4.1.3.1.	Erste Blattsaftanalyse.....	43
4.1.3.2.	Zweite Blattsaftanalyse	44

4.1.4.	Elektrische Leitfähigkeit (Electrical Conductivity, EC).....	44
4.1.5.	Zucker.....	45
4.1.5.1.	Zucker und Stickstoff.....	46
4.1.5.2.	Nährstoffmangel hemmt die Zuckerproduktion in dreifacher Hinsicht.....	46
4.1.5.3.	Biotischer und abiotischer Stress hemmt die Zucker-Produktion.....	47
4.1.5.4.	Gehemmter Wasserfluss erhöht den Zuckerwert.....	47
4.1.5.5.	Keine abschliessenden und in sich kohärenten Erklärungen für die Ergebnisse der Blattsaftanalysen.....	48
4.2.	Hypothese II. Komposttee behandelte Verfahren sind weniger von Schädlingen und Krankheiten betroffen als unbehandelte Verfahren.....	48
4.2.1.	Pieris rapae-Frass.....	48
4.2.2.	Pilzbefall und sekundäre <i>Botrytis spp.</i> -Infektion.....	49
4.3.	Hypothese III. Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Ertrag als unbehandelte Verfahren.....	50
4.3.1.	Bestätigung der Düngewirkung von Komposttee.....	50
4.3.2.	Einfache Düngung bringt mehr Ertrag als die doppelte Düngung vom Verfahren «Gedüngt Komposttee».....	50
4.4.	Hypothese IV. Komposttee behandelte Verfahren haben ein höheres Wurzelgewicht als unbehandelte Verfahren.....	51
4.4.2.	Höherer N-Anteil in den Wurzeln.....	53
4.4.3.	Höherer C-Anteil in den Wurzeln.....	53
4.5.	Schlussfolgerung.....	54
5.	Literaturverzeichnis.....	56
	Selbständigkeitserklärung.....	71
	Anhang.....	72
	Blattsaftanalyse 1.....	72
	A: Gedüngt und Komposttee.....	72
	A: Gedüngt.....	73
	A: Komposttee.....	74
	A: Kontrolle.....	75
	B: Gedüngt und Komposttee.....	76
	B: Gedüngt.....	77
	B: Komposttee.....	78
	B: Kontrolle.....	79
	C: Gedüngt und Komposttee.....	80
	C: Gedüngt.....	81
	C: Komposttee.....	82
	C: Kontrolle.....	83
	Blattsaftanalyse 2.....	84
	A: Gedüngt und Komposttee.....	84

A: Gedüngt	85
A: Komposttee	86
A: Kontrolle	87
B: Gedüngt und Komposttee	88
B: Gedüngt	89
B: Komposttee	90
B: Kontrolle	91
C: Gedüngt und Komposttee	92
C: Gedüngt	93
C: Komposttee	94
C: Kontrolle	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Suchergebnisse pro Jahr auf verschiedenen Suchplattformen zum Schlagwort "Compost tea"	2
Abbildung 2: Die drei Nährstoff-Pools im Kompost (nach Ingham, 2003)	6
Abbildung 3: Das « soil food web» mit seiner Vielzahl von Organismen, welche die notwendige Arbeit leisten, damit gesunde Böden frei von Krankheiten, Schädlingen und Unfruchtbarkeit wachsen können. Die Linien illustrieren die Wechselwirkungen und Nahrungsbeziehungen in diesem Netz (Flacticon, 2022; abgeändert nach: Ingham, 2003)	13
Abbildung 3: Das Nahrungsnetz im Kompost (Flacticon, 2022; abgeändert nach: Ingham, 2003).....	14
Abbildung 5: Komplexe Wechselwirkungen zwischen der ober- und unterirdischen biologischen Vielfalt in Agrarökosystemen: (1) Eine Komposttee-Applikation erhöht die Anzahl und Vielfalt an Mikroorganismen auf dem Blatt und im Boden (Boden-Biota) und hat auf das Blatt eine wachstumsstimulierende Wirkung;; (2) Die organische Bodensubstanz (OS) bietet ein Substrat für Mikro-, Meso- und Makro-Boden-Biota; (3) Prädatoren reduzieren Bodenschädlinge; (4) OS unterstützt Antagonisten, welche bodenbürtige Krankheitserreger unterdrücken; (5) langsame Mineralisierung von C und N aktiviert Gene, die Krankheitstoleranz und Langlebigkeit der Pflanzen sowie einen niedrigen Gehalt an freiem N im Laub fördern; (6) Mutualisten verbessern N-Fixierung, P-Aufnahme, Wassernutzungseffizienz usw. (7) Bestimmte wirbellose Tiere (z. B. Springschwänze) dienen natürlichen Feinden als Ersatznahrung wenn Schädlinge rar sind (Alamy Ltd., 2022; abgeändert nach Altieri et al., 2012; Freepik company, 2021)	19
Abbildung 6: Rosenkohl Versuch; links nach der Pflanzung (19.7), Mitte in Kulturwoche 4 (19.8), rechts in Kulturwoche 9 (20.9)	25
Abbildung 7: Versuchsparzelle (40 x 4.4 m) in Rot auf dem Gelände der ZHAW (GIS-ZH, 2022)	25
Abbildung 8: Schäden durch das Hagel-Ereignis (links und Mitte) und durch Schneckenfrass (rechts) ..	27
Abbildung 9: Schaden durch <i>Pieris rapae</i> (links) <i>P. rapae</i> -Raupe (rechts) (Lindsey, 2006).....	27
Abbildung 10: Rudimentär von Erde befreiter Wurzelballen (links), Stängel mit Apikal-Röschen (Mitte), Rosenkohlernte (rechts)	29
Abbildung 11: Gewaschene und getrocknete Wurzelballen der vier Verfahren der Beete B (links) und C (rechts)	31
Abbildung 12: Pilzbefall der Röschen (links und Mitte) befallenes Blattgewebe unter dem Mikroskop (rechts)	32
Abbildung 13: Übersicht zur Nährstoffversorgung der unterschiedlichen Verfahren anhand der Resultate der 1. und 2. Blattsaftanalyse – logarithmierte positive bzw. negative Abweichung des Mittelwertes vom Nova Crop Controll Optimal-Bereich (0) in %. Bei Nitrat (NH_3^-) besteht gemäss dem von Nova Crop Controll empfohlenen Optimal-Bereich eine negative Abweichung, jedoch wird für Nitrat grundsätzlich ein Wert nahe Null empfohlen. Elektrische Leitfähigkeit (EC), Gesamtstickstoff (Gesamt N), Aluminium (Al), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Ammonium (NH_4^+), Chlor (Cl), Schwefel (S), Phosphor (P), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Silizium (Si), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo)	33
Abbildung 14: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Zucker-Wert [%] der 1. (A) und 2. Blattsaftanalyse (B). Die grüne Linie zeigt den optimalen Bereich für den jeweiligen Wert.	34
Abbildung 15: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Befall durch(A) <i>Pieris rapae</i> -Befall und (B) Krankheitsbefall (<i>Botrytis</i> spp.) auf einer Bonitierungsskala von 1-9	35
Abbildung 16: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Erntegewicht [kg] und Pflanzenhöhe [cm] der vier Verfahren.....	36
Abbildung 17: Boxplot; Wurzelgewicht [g] der vier Verfahren	36
Abbildung 18: Boxplot; Kohlenstoffanteil (Ctot [%]) und Stickstoff (Ntot [%]) der vier Verfahren.	37
Abbildung 19: Mulders Chart – Nährstoff-Interaktionen (NutriAg, 2020).....	40
Abbildung 20: Schema der Beziehung zwischen pH-Wert und der Verfügbarkeit von Nährstoffen (abgeändert nach Flisch et al., 2017).....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2: Mikrobielle Biomasse von verschiedenen Komposten (nach 8-Wochen) (abgeändert nach: Amos, 2017; Ingham, 2003).....	5
Tabelle 3: Nährstoffgehalt der verschiedenen Nährstoff Pools in einem Kompost in µg/ g TS Kompost (nach Ingham, 2003).....	7
Tabelle 1: Überlebensdauer verschiedener menschlicher und tierischer Krankheitserreger bei unterschiedlichen Temperaturen (abgeändert nach: Martin, 2019).....	9
Tabelle 4: Artenreichtum und Diversität von Bakteriengemeinschaften in belüftetem und nicht belüftetem Komposttee (abgeändert nach: Diáñez et al., 2018)	17
Tabelle 5: Übersicht zu Studien zur krankheitsunterdrückenden Wirkung von belüftetem Komposttee abgeändert nach (J. G. Fuchs et al., 2004; C. St. Martin, 2014)	21
Tabelle 6: Tabelle 3: Übersicht zu Studien zur Düngewirkung von belüftetem Komposttee (eigene Darstellung)	23
Tabelle 7: Versuchsanordnung – Beet-Länge 40 m, Teilparzelle 1.2 x 6 m, Weg 0.4 m, Puffer 4 m.....	24
Tabelle 8: Nährstoffbedarf Rosenkohl nach Fläche und Korrekturfaktor korrigiert (Neuweiler & Krauss, 2017).....	25
Tabelle 9: Bodenprobe der Parzelle vom 20.1.2020.....	26
Tabelle 10: Jeweils pro Teilparzellen: Mittelwert der Nmin Messungen in 0 - 30 cm Tiefe, Nettonährstoffbedarf (g) bei gedüngten Verfahren, erfolgte Düngung nach Düngemittel (g)	26
Tabelle 11: Zusammensetzung Kompost Nährhumus von Bionika (in Vol%) (Bionika, 2022).....	28
Tabelle 12: Datum und Besonderheiten der 4 Kompostteeapplikationen	29
Tabelle 13: Vergleich der vier Verfahren auf den Zucker-Wert [%] bei der 1. Und 2. Blattsaftanalyse..	34
Tabelle 14: Vergleich der zweiten mit der ersten Blattsaftanalyse; (+) Verbesserung (-) Verschlechterung (0) gleich. Elektrische Leitfähigkeit (EC), Gesamtstickstoff (Gesamt N), Aluminium (Al), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Ammonium (NH ₄ ⁺), Chlor (Cl), Schwefel (S), Phosphor (P), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Silizium (Si), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo).....	34
Tabelle 15: Vergleich der vier Verfahren auf den Befall durch <i>Pieris rapae</i> (Wilcoxon-Rangsummentest) und <i>Botrytis</i> spp. (Tukey) auf einer Bonitierungsskala von 1-9 (Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.	35
Tabelle 16: Vergleich der Behandlungsmethoden «Komposttee» (Wilcoxon-Rangsummentest) und «Düngung» (Tukey) auf den Befall durch <i>Pieris rapae</i> auf einer Bonitierungsskala von 1-9 (Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.	35
Tabelle 17: Erntegewicht [kg] und Pflanzenhöhe [cm] der Verfahren (Tukey). Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.	36

1. Einleitung

Im folgenden Abschnitt wird zunächst kurz erläutert was Komposttee ist und welcher Fragestellung die vorliegende Arbeit nachgeht, bevor Komposttee aus einer historischen und wissenschaftlichen Perspektive unter die Lupe genommen wird. Wie wir sehen werden, werden Komposttee ähnliche Extrakte bereits seit Jahrhunderten genutzt, warum die Anwendung von Komposttee trotzdem noch nicht weiter in der Landwirtschaftlichen Praxis verbreitet ist, wird diskutiert. Anschliessend werden im Kapitel 1.4. die einzelnen Produktionsschritte erläutert – vom organischen Ausgangsmaterial über die Kompostierung bis hin zum für die Blatt- oder Bodenapplikation fertigen Komposttee. In diesem Kapitel wird ebenso der Frage nachgegangen, wie Komposttee wirkt und es wird darauf hingewiesen was es bei der Herstellung zu beachten gilt.

Die intensive Landwirtschaft hat mit dem übermässigen Einsatz mineralischer Düngemittel und chemisch synthetischer Pflanzenschutzmittel massgeblich zur Reduktion der Bodenfruchtbarkeit und der natürlichen Widerstandsfähigkeit von Pflanzen beigetragen (Yatoo et al., 2021). Auch in der Schweiz zeigt sich, dass die Böden durch mineralische Dünger belastet und die Bodenbiodiversität und damit die Bodenfruchtbarkeit durch den Einsatz chemisch synthetischer Pflanzenschutzmittel negativ beeinträchtigt wird (BAFU, 2017; Riedo et al., 2021). Neben den direkten Auswirkungen dieser Düngemittel und Pflanzenschutzmittel auf das Agrarökosystem gelangt bei einem nicht fachgerechten Einsatz zudem ein Teil der Stoffe in Gewässer oder entweicht in die Luft, wo sie verheerende Auswirkungen auf ganze Ökosysteme sowie die menschliche Gesundheit haben können (Lefrancq et al., 2013; Malone et al., 2004; Yatoo et al., 2021). Die globale Nahrungsmittelproduktion wird durch Pflanzenkrankheiten, Unkräuter und Insekten um 36 % geschmälert (Agrios, 2005). Auch wenn der übermässige Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durch die Reduktion von Nützlingen zu diesem Problem beigetragen hat, so helfen Pflanzenschutzmittel zumindest kurzfristig, das Problem von Krankheiten und Schädlingen in den Griff zu bekommen. Folglich werden umweltfreundliche Alternativen benötigt, welche bei einer langfristigen Kontrolle dieser Probleme helfen. Um die stetig wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, muss gemäss Schätzungen die globale Nahrungsmittelproduktion bis 2050 verdoppelt werden (Ray et al., 2013). Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) schätzt, dass 66 % der Böden der Welt in irgendeiner Form degradiert sind (Bot et al., 2000). Höhere Erträge mit krankheitsanfälligeren Kulturen sowie zunehmend mit degradierten Böden und dies ohne synthetische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel scheint eine Quadratur des Kreises. Doch gibt es eine Palette an risikoreduzierteren Alternativen zu synthetischen Düngemitteln und Pestiziden. In Bezug auf den Pflanzenschutz zählen dazu verschiedene mikrobielle biologische Pflanzenschutzmittel. Auch Kompost und Komposttee, ein gebrauter, wässriger Auszug aus Kompost, zählen zu den nachhaltigen Alternativen (Ingham, 2003; Yatoo et al., 2021). So fördert Komposttee beispielsweise durch seinen hohen Nährstoffgehalt sowie durch zahlreiche Phytohormone und nützliche Mikroorganismen direkt das Pflanzenwachstum. Durch die Förderung der biologischen Vielfalt im Boden hilft Komposttee zudem degradierte Böden zu regenerieren (Hernández et al., 2014; Kumar et al., 2013; Passarini et al., 2014). Ferner gelangen durch eine Komposttee-Applikation zahlreiche nützliche Mikroorganismen auf die Blattoberfläche und den Boden, wo sie Pflanzenschädlinge abwehren, Insekteninfektionen unterdrücken und bei den Pflanzen eine biologische Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge injizieren (Munroe, 2007). In der vorliegenden Studie wird der Frage nachgegangen, ob sich Komposttee als umweltfreundliche Alternative zu synthetischen Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln eignet. Noch wenige Studien haben die Auswirkungen von Komposttee auf die Bodenchemie untersucht. Daher wird in der vorliegenden Studie neben dem Ertrag und der Pflanzenschutz-Wirkung auch das Potential von Komposttee zur Erhöhung des Humusgehaltes geprüft. Veränderung im Humusgehalt nach einer Kulturzeit von einem halben Jahr sind sehr gering und werden vermutlich vom Rausch der Daten überdeckt. Die Bodenchemie wird stark von den Wurzeln beeinflusst. Wurzeln reagieren in ihrem Wachstum und ihrer chemischen Zusammensetzung auf unterschiedlichen Behandlungen (Hamedani et al., 2020). Infolgedessen werden in der vorliegenden

Studie die Auswirkung von Komposttee auf die Wurzelchemie untersucht. Angesichts dieser Fragestellungen wurden folgende vier Hypothesen formuliert.

HI Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Zucker-Wert als unbehandelte Verfahren.

HIII Komposttee behandelte Verfahren sind weniger von Schädlingen und Krankheiten betroffen als unbehandelte Verfahren.

HIIV Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Ertrag als unbehandelte Verfahren.

HIV Komposttee behandelte Verfahren haben ein höheres Wurzelgewicht als unbehandelte Verfahren.

1.1. Was ist Komposttee ?

Die kürzeste Definition von Komposttee ist «ein gebrauter, wässriger Auszug aus Kompost» (Ingham, 2003). Wie es der Ausdruck Tee also suggeriert, werden beim Komposttee, wie etwa bei einem Kräutertee die Aromen der Kräuter, nützliche Mikroorganismen, Vitamine, lösliche organische Stoffe und essenzielle Nährstoffe mit Wasser aus einem Kompost extrahiert (O'Rell, 2006; Zaccardelli et al., 2018). Der Einweichprozess des Komposts im Wasser entspricht am ehesten dem Prozess des Brauens (C. St. Martin, 2014). Entgegen dem von «Brauen» und «Tee» gemalten Bild wird für die Herstellung jedoch kein heisses Wasser verwendet (Radin & Warman, 2010).

1.2. Eine kurze geschichtliche Einordnung

Gemäss Ingham (2003) wurde Komposttee bereits zu Zeiten der Römer und vermutlich sogar noch früher verwendet. Scheuerell und Mahaffee (2002 (zitieren Koepf 1992) datieren den Gebrauch wässriger Kompost Extrakte hingegen erst auf einige Jahrhunderte zurück (Koepf, 1992). Um die Nährstoffe zu extrahieren, wurde ein Sack Kompost bis zu 14 Tage lang in einem Behälter mit Wasser aufbewahrt. Eine so zubereiteter Komposttee würde heute als «nicht belüfteter Komposttee» bezeichnet (Dearborn, 2011). Auch Rodale (1967) berichtet, dass das Einweichen von Samen oder das Tränken vom Boden mit "Kompostwasser" eine alte Praxis zur Steigerung der Gesundheit und Vitalität der Pflanzen ist. Chadha (2012) und Nene (2018) ihrerseits berichten, dass «Kunapajala», ein dem Komposttee ähnliches Gebräu, in Indien als Teil der traditionellen Landwirtschaft seit Jahrhunderten genutzt wird. Ähnliche Ursprünge wie im mehrheitlich hinduistischen Indien dürfte der Komposttee in der biodynamischen Landwirtschaft haben, wo ebenfalls solch gerührten Extrakte von Landwirt:innen angewendet werden.

Van Bruggen (1995) berichtet, dass solche seit Jahrhunderten eingesetzten organischen Pflanzenstärkungs- und Düngemittel im 20. Jahrhundert durch das Aufkommen synthetischer Düngemittel und Pflanzenschutzmittel in vielen Anbaugebieten verdrängt wurden. Mit dem Aufkommen der regenerativen Landwirtschaft zu Beginn des 21. Jahrhunderts hat das Thema Komposttee jedoch wieder an Bedeutung gewonnen (Newton et al., 2020).

Eine Literaturrecherche zum Thema Komposttee offenbarte, dass das Thema in den letzten 20 Jahren auch in wissenschaftlichen Forschungsfragen zunehmend an Interesse gewann (vgl. Abbildung 1).

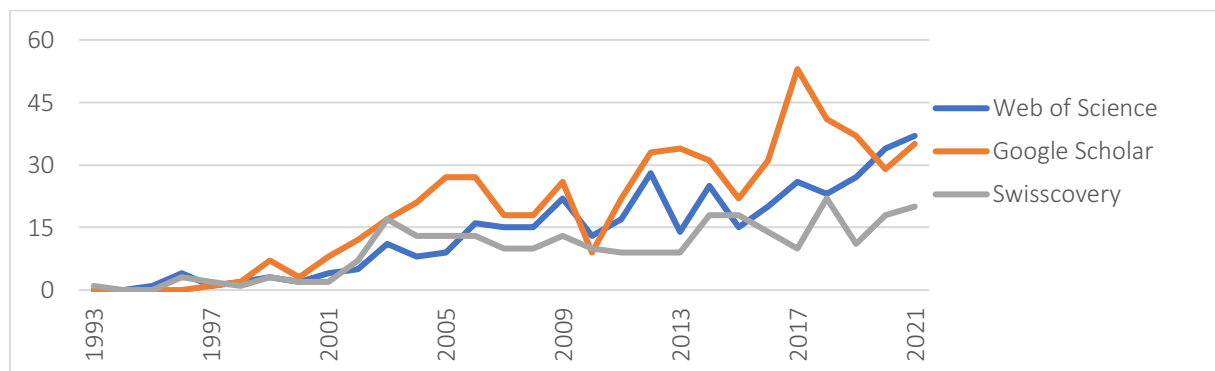


Abbildung 1: Suchergebnisse pro Jahr auf verschiedenen Suchplattformen zum Schlagwort "Compost tea"

Gemäss Dearborn (2011) und Kempf (2021) wurde bereits in den 1980er Jahren an der Universität Köln-Bonn unter der Leitung von Prof. Weltzien zum Thema Komposttee geforscht. Ende der 90er Jahre wurde das Thema von Dr. Elaine Ingham aufgegriffen (Ingham, 2003). Dr. Ingham promovierte 1981 an der Colorado State University zum Thema Bodenmikrobiologie und wechselte später zur Oregon State University, wo sie sich dem Thema «soil food web» widmete. Es war schliesslich Karl Rubenberger, welcher 1993 mit seiner Hightech Komposttee Braumaschine Dr. Ingham vom Thema Komposttee begeisterte. Fortan forschte Dr. Ingham, wie mit Komposttee die Bodenbiologie ergänzt werden kann. Das 2000 von ihr veröffentlichte Übersichtswerk «The Compost Tea Brewing Manual» fungiert heute in der Komposttee Community als eine Art «Bibel». Neben einer praktischen Zusammenfassung zum Thema Komposttees untermauert das Werk mit einer wissenschaftlichen Erklärung der angewandten Mikrobiologie auch dessen Funktionsweise.

Das wachsende Interesse für Komposttee hat neben dem oben erwähnten Aufkommen der regenerativen Landwirtschaft weitere Gründe (S. Scheuerell & Mahaffee, 2002; Touart, 2000). Themen rund um Komposttee gelangen über verschiedene Kanäle an die breite Öffentlichkeit. So werben beispielsweise Autoren von Gartenzeitschriften vor einem breiten Publikum für Komposttee, aber auch Landschafts- sowie Golfgärtner verwenden Komposttee und klären ihre Kunden über dessen Nützlichkeit auf. Auf der Landwirtschaft praktizierenden Seite haben der Druck der Öffentlichkeit, die Abhängigkeit von Pflanzenschutzmitteln zu verringern, sowie agrarökologische Bewegungen wie die Regenerative Landwirtschaft (Näser, 2020), die Permakultur (Ferguson & Lovell, 2014) oder das Carbon farming (Clement, 2011) dem Thema Aufschwung gegeben (Ferguson & Lovell, 2014; Vanbruggen, 1995).

1.3. Wissenschaftliche Studien zur Wirkung von Komposttee zeigen meist Vorteile und nur selten Nachteile

Dadurch, dass Komposttee zunehmend auch wissenschaftlich untersucht wird, konnten mittlerweile zahlreiche Studien belegen, dass sich Komposttee in unterschiedlicher Weise positiv auf das Pflanzenwachstum und die Pflanzengesundheit auswirkt (C. St. Martin, 2014). So hat Komposttee zum einen eine unterdrückende Wirkung auf Krankheiten und Schädlinge und führt andererseits zu einer Verbesserung der Bodengesundheit und -fruchtbarkeit (A. M. Litterick et al., 2004).

Es gibt jedoch auch einige Berichte über negative Auswirkungen von Komposttee auf das Pflanzenwachstum und die Ernährung. Gemäss Eudoxie und Martin (2019) haben all diese Studien gemeinsam, dass eine andere organische Quelle als Kompost verwendet wurde. Carballo et al. (2009) erwähnen hingegen, dass es durchaus sein kann, dass Komposttees von schlechter Qualität negative Auswirkungen haben können. Dies trifft vor allem auf nicht belüfteten Komposttee zu. So hat nicht belüfteter Komposttee eine hohe Konzentration an gelösten Salzen, welche eine schädliche Auswirkung auf die Keimung von Samen und das Pflanzenwachstum haben kann (Adriano et al., 1973; Ingham, 2003). Unter anaeroben Bedingungen produzieren Mikroorganismen zudem organische Säuren, mit teilweise ebenfalls negativen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum (W. F. Brinton, 1998). Andere Studien wiederum konnten zwar keine negative, aber auch keine positive Wirkung beobachten. So etwa Knewtson et al. (2009), welche bei Kohlgemüse und Spinat keine Auswirkungen von Komposttee auf die Pflanzenbiomasse und die biochemischen Eigenschaften des Bodens beobachteten. Auch Bali et al. (2021) berichten, dass die Komposttee-Applikation keinen Einfluss auf die bakterielle Vielfalt des Bodens, das Pflanzenwachstum und den Ertrag hatte.

Wie bereits erwähnt ist die wichtigste Zutat beim Komposttee der Kompost und es ist äusserst schwierig, die Qualität und die mikrobielle Zusammensetzung des Komposts über verschiedene Produktionschargen hinweg zu wiederholen und zu standardisieren (Bali et al. 2021). Abgesehen von der Reproduzierbarkeit des Kompostes unterscheiden sich zudem die meisten Studien hinsichtlich des Klimas, des Bodentyps und der Anbaupraktiken. So beobachtete beispielsweise Larkin (2008) in einer Gersten-Roggen-Fruchtfolge, dass sich nach einer Komposttee-Applikation die mikrobielle Population und Aktivität im Boden sowie der Ertrag signifikant erhöhten und es weniger bodenbürtige Krankheiten gab. Auf der Versuchspartzeile, auf welcher kontinuierlich Kartoffeln angebaut wurden, konnte jedoch kein positiver Effekt von Komposttee beobachtet werden. Folglich ist es möglich, dass Komposttee für

seine Wirksamkeit ein Mindestmass an Unterstützung durch die autochthone Boden-Biota benötigt. Gemäss St. Martin (2015) ist die Variabilität in der Wirkungsweise eine der grössten Einschränkungen für die Empfehlung von Komposttee als Pflanzenschutzmittel im kommerziellen Pflanzenbau. Diese Zusätzlich zur Variabilität in der Wirkungsweise variiert der Detailgrad der Erläuterungen zur Methodik zwischen den unterschiedlichen Studien stark (Eudoxie & Martin, 2019). Daher ist eine Metaanalyse zum Thema Komposttee oder eine objektive Bewertung der Ergebnisse zu Pflanzenwachstum und -entwicklung nicht möglich. Folglich appellieren Eudoxie und Martin (2019) an die Autorenschaft zukünftiger Studien, dass sie alle für die Methodik relevanten Informationen, wie etwa die verwendeten Ausgangsmaterialien für den Kompost oder den Sauerstoffgehalt beim Brauprozess bereitstellen sollen. Die mikrobielle Population im Komposttee gilt als wichtiger Faktor für seine krankheitsbekämpfende Wirkung (S. Scheuerell & Mahaffee, 2002). Trotz dieser Bedeutung ist das Wissen über die mikrobielle Artenzusammensetzung in einem Komposttee und darüber, wie diese Organismen auf der Pflanzenoberfläche überleben, sehr bescheiden. Dieses begrenzte Wissen bezüglich der Komposttee-Biologie trägt zum einen zu den unterschiedlichen Erfolgen bei der Bekämpfung von Pflanzenpathogenen mit Komposttee bei. Und andererseits bietet diese Wissenslücken Raum für Kritik. So äussert beispielsweise Jan-Hendrik Cropp, ein landwirtschaftlicher Berater, Seminarleiter und Fachreferent mit dem Spezialgebiet Bodenfruchtbarkeit die Frage, wie Mikroorganismen in einer ihnen nicht zuträglichen Umgebung wie dem Boden oder der Blattoberfläche ihre Wirkung tun können (Cropp, 2021). Auf solche Kritik gibt es auf Grund mangelnden Wissens noch keine definitiven Gegenargumente. Es kann lediglich die Beobachtung angebracht werden, dass autoklavierte Komposttees keine krankheitsunterdrückende Wirkung mehr aufweisen, was darauf hindeutet, dass die dieser Effekt von Komposttee auf das Vorhandensein von Mikroorganismen zurückzuführen ist (Gea et al., 2009; Weltzien, 1991a).

Erst seit kurzem ist es, dank Fortschritten in der Molekularbiologie, der Bioinformatik und der Sequenzierungstechnologien möglich, bessere Einblicke in die Mikrobiologie vom Komposttee zu gewinnen (C. C. G. St. Martin et al., 2020). Möglicherweise kann zukünftig, dank eines besseren Verständnisses über die Struktur, Vielfalt und Funktionen der mikrobiellen Gemeinschaft der Kompostierungsprozesse optimiert und die Wirksamkeit von Komposttee verbessert werden. Dafür wäre jedoch ein wissenschaftlicher Konsens über ein standardisiertes Kompostierungsverfahren notwendig. In diesem Rahmen können neue Technologien dabei helfen, durch systematische Analysen die Vielfalt, Funktion und Ökologie von Mikroorganismen in Kompostprodukten zu bewerten.

Obwohl Komposttee in den letzten 20 Jahren an Bekanntheit gewonnen hat und die wissenschaftliche Beweislage für dessen Einsatz spricht, wurde Komposttee in der Praxis nur in begrenztem Umfang zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten eingesetzt. Dies unter anderem da in grossen Teilen der Landwirtschaft noch immer das Paradigma dominiert, dass ein Wirkstoff gezielt gegen einen oder mehrere Krankheitserreger eingesetzt werden kann (Mahaffee & Scheuerell, 2006). In einem solchen Umfeld hat es Komposttee schwer. So ist Komposttee nur ein Werkzeug aus einem vielfältigen Instrumentarium für eine gesunde Pflanzenernährung und eine Förderung der Pflanzengesundheit (Näser, 2020). Es ist das Zusammenspiel verschiedener Praktiken, welche sich positiv auf die Pflanzen, den Boden und seine Lebewesen auswirken. Anders als beim Einsatz synthetischer Pflanzenschutz- und Düngemittel muss das Agrarökosystem als Ganzes verstanden werden und es kann nicht gezielt ein Schädling bekämpft oder ein Nährstoff gedüngt werden.

1.4. Komposttee – Vom Ausgangsmaterial zum Endprodukt

Im Folgenden Kapitel wird etwas näher auf Kompost, das wichtigste Ausgangsmaterial von Komposttee eingegangen. So gibt es verschiedene Herstellungsverfahren und einige für den Kompostierungsprozess wichtige Aspekte, welche es zu kennen gilt. Anschliessend werden die verschiedenen Herstellungsverfahren der unterschiedlichen Komposttee-Arten erläutert und Faktoren diskutiert, welche die Qualität und die Wirksamkeit von Komposttee beeinflussen. Zum Schluss dieses Kapitels wird die biologische Zusammensetzung eines Komposttees besprochen sowie die Applikations-Methoden dargelegt, um so die anschliessend erklärte Wirkungsweise von Komposttee besser zu verstehen.

1.4.1. Kompost

Für die Herstellung von Kompost gibt es verschiedene Methoden. Im Folgenden wird die thermophile Kompostierung sowie die Wurmkompostierung vorgestellt.

1.4.1.1. Thermophiler Kompost

Bei der thermophilen Kompostierung kommt es zu einer Heissrotte-Phase (45 bis 65 °C), in welcher labiles organisches Material abgebaut wird und Krankheitserreger reduziert werden (J. Fuchs, 2020; Tognetti et al., 2005). Durch die aerobe Kompostierung wird ein Lebensraum aufrechterhalten, welcher es den nützlichen Organismen ermöglicht, die nicht oder zumindest weniger nützlichen Organismen, welche unter sauerstoffarmen Bedingungen besser wachsen, zu verdrängen (Ingham, 2003).

Um die Wachstumsbedingungen für die nützlichen Organismen zu verbessern, kann der Kompost mit zusätzlichen Organismen beimpft werden oder es können Nährstoffe hinzugegeben werden. Wenn diese Zusätze nicht vor der Heissrotte-Phase hinzugefügt werden, müssen sie auf Krankheitserreger geprüft werden. Zudem sollten nicht zu viele Nährstoffe aufs Mal zugesetzt werden, da das so übermässig angekurbelte Wachstum der Organismen zu einem zu starken Sauerstoffverbrauch führen würde. Tabelle 2 zeigt die Mikrobielle Biomasse verschiedener thermophiler Komposte.

Tabelle 1: Mikrobielle Biomasse von verschiedenen Komposten (nach 8-Wochen) (abgeändert nach: Amos, 2017; Ingham, 2003)

Kompost	Pilze [µg/g]	Bakterien [µg/g]	Protozoen [Anzahl/g]	Nematoden [Anzahl/g]	Pilz:Bakterien- Verhältnis
40 % Wirtschaftsdünger, 10 % Holz, 50 % Grünabfälle	60.1	1'736	1'315	0.1	0.03
40 % Tiermist, 20 % Holz, 40 % Grünschnitt	442	835	12'002	0.1	0.53
35 % Holz, 65 % Grünabfälle	984	1'188	7'948	0.3	0.83
50 % Holz, 50 % Grünabfälle	422	393	17'206	14.1	1.07
Qualitätskompost (Ingham)	> 300	> 300	> 50'000	60	50:50

1.4.1.2. Wurm- oder Vermikompost

Wurmkompost entsteht, indem organisches Material von Würmern (v.a. *Eisenia fetida*) aufgenommen und verdaut wird (Dunst, 2015; Nemoto, 2012). Die Wurmkompostierung ist folglich ein Bio-Oxidations- und Stabilisierungsprozess (Gershuny, 2011). Im Gegensatz zur thermophilen Kompostierung kommt es bei der Wurmkompostierung zu keiner Hitzeperiode da Temperaturen über 35°C die Regenwürmer töten würden (Tognetti et al., 2005). Im Verdauungssystem der Würmer werden dem organischen Material Pflanzenwachstumshormone sowie Enzyme hinzugefügt (Ingham, 2003; Nemoto, 2012; A. P. Pant et al., 2012). Die Wurmkompostierung erfordert verglichen mit der thermophilen Kompostierung einen deutlich höheren Feuchtigkeitsgehalt von 70 bis 90 Prozent (Tognetti et al., 2005). Zudem hat Wurmkompost eine höhere Konzentrationen an pflanzenverfügbaren Nährstoffen sowie eine vielfältigere und grössere Mikroorganismenpopulationen (Tognetti et al., 2005).

1.4.1.3. Ein Vergleich der beiden Methoden

Für eine Verringerung der Phytotoxizität benötigt thermophiler Kompost im Gegensatz zum Wurmkompost eine lange mesophile (20°- 45°C) Phase (Eudoxie & Martin, 2019). Wurmkompost hingegen ist sofort einsatzbereit (Morales-Corts et al., 2018). Neben der direkten Verwendbarkeit unterstreichen verschiedenen Autoren weitere Vorteile von Wurmkompost gegenüber thermophilem Kompost. So besitzt Wurmkompost unter anderem eine geringere elektrische Leitfähigkeit (EC), was sich in einer tieferen Phytotoxizität zeigt (Belda et al., 2013). Weitere Vorteile von Wurmkompost gegenüber thermophilem Kompost sind weniger Krankheitserreger, mehr Pilze sowie eine höhere Anzahl, Diversität und funktionelle Vielfalt an Bakterien, eine höhere Nährstoffkonzentration, mehr Makronährstoffe und Wachstumshormone, ein niedriges C:N-Verhältnis sowie eine höhere Enzymaktivität (Bloem et al., 2017; Devi et al., 2009; C. Edwards et al., 2006; Garcia-Gomez et al., 2002;

T. N. Joshi et al., 2020; A. P. Pant et al., 2012; Soobhany et al., 2017; Tognetti et al., 2005; Yattoo et al., 2021). Gegenüber diesen qualitativen Vorzügen von Wurmkompost steht bei der thermophilen Kompostierung der grosse Vorteil von Pathogen-freiem Kompost (J. Fuchs et al., 2010). So werden durch die Heissrotte-Phase sowohl Pflanzen- als auch Humanpathogene Keime abgetötet oder deaktiviert. Bei der Wurmkompostierung kommt es hingegen, gemäss heutigem Wissen, nur zu einer selektiven und nicht zuverlässigen Pathogen-Reduktion (Gómez-Brandón, 2013; Monroy et al., 2009). Die Reduktion erfolgt durch die Passage durch das Verdauungssystem der Regenwürmer und ihre Effektivität ist davon abhängig, welche Wurmpezies bei der Kompostierung zum Einsatz kommt (Aira et al., 2009) und ob es sich um gram-positive oder -negative Keime handelt (Monroy et al., 2009). Hinsichtlich der nicht zuverlässigen Pathogen-Reduktion beim Wurmkompost empfiehlt sich, bei der Wahl der Ausgangsstoffe darauf zu achten, dass diese nicht mit Pathogenen kontaminiert sind. Wie im Abschnitt 1.4.4.2 dargelegt, können viele der aufgezählten qualitativen Nachteile von thermophilem Kompost gegenüber Wurmkompost mit einer längere Reifephase reduziert oder gar behoben werden (J. Fuchs et al., 2010; Kupper & Fuchs, 2007). Wie später im Text erläutert wird (Kompostmaterial der vorliegenden Arbeit), kann als Ausgangssubstrat für den Komposttee auch eine Mischung aus einem thermophilen Kompost und einem Wurmkompost verwendet werden, um so die Vorzüge beider Kompostarten zu kombinieren (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021).

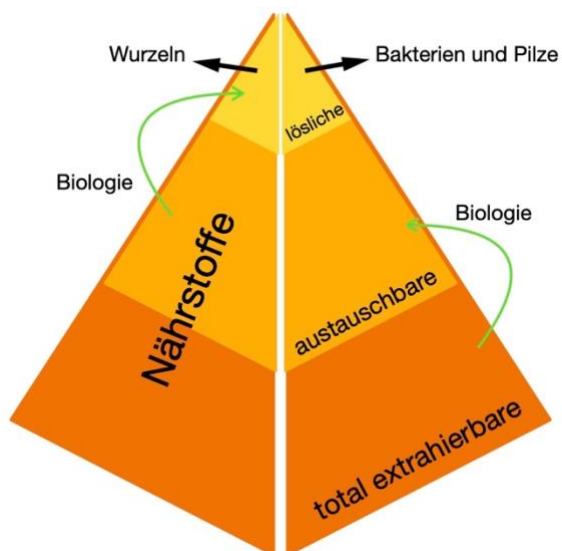


Abbildung 2: Die drei Nährstoff-Pools im Kompost (nach Ingham, 2003)

Im Kompost gibt es drei verschiedene Pools an Nährstoffen (vgl. Abbildung 2) (Ingham, 2003). Der kleinste Pool beinhaltet lösliche und somit pflanzenverfügbare Nährstoffe. Der nächstgrössere Pool besteht aus austauschbaren Nährstoffen. Die Nährstoffe im grössten Pool können nur pflanzenverfügbar gemacht werden, wenn die Bakterien und Pilze im Kompost diese Nährstoffe auflösen und dann Protozoen, Nematoden und Mikroarthropoden diese Nährstoffe von den Bakterien und Pilzen freisetzen.

1.4.2. Komposttee ein Kompost-Derivat

Gemäss (Ingham, 2003) werden beim Komposttee-Brauprozess alle im Kompost vorkommenden Arten an Mikroorganismen und viele Individuen jeder Art aus dem Kompost extrahiert. In einem Milieu mit ausreichend Sauerstoff und Nährstoffen vermehrt sich diese Kompostbiologie exponentiell (Eudoxie & Martin, 2019; Ingham, 2003). Hinsichtlich der drei Nährstoffpools im Kompost werden in den Komposttee nahezu alle Nährstoffe aus dem löslichen und austauschbaren Pool sowie ungefähr die Hälfte vom Gesamtpool extrahiert (Ingham, 2003). Würden folglich 2'000 Liter Wasser zusammen mit 7 kg Kompost aerob zu einem Tee gebraut, so würden zirka 45'500 µg (0.0455 g) Stickstoff in den Komposttee abgegeben (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 2: Nährstoffgehalt der verschiedenen Nährstoff Pools in einem Kompost in $\mu\text{g}/\text{g}$ TS Kompost (nach Ingham, 2003)

	$\mu\text{g N}/\text{g TS Kompost}$	$\mu\text{g P}/\text{g TS Kompost}$
Löslich	286	-
Austauschbar	340	-
Total extrahierbar	17'000	9'000

Im Komposttee wird folglich die gesamte Kompostbiologie angereichert und sogar vermehrt und zudem wird ein Grossteil der Kompostnährstoffe in den Komposttee extrahiert (Ingham, 2003). Infolgedessen bietet der flüssige Komposttee gegenüber dem festen Kompost den Vorteil, dass der Nutzen und die Reichweite einer kleinen Menge Qualitätskompost durch die Applikation als Komposttee enorm erweitert werden kann. Dies ist insofern wertvoll, als dass der Transport und das Ausbringen von Kompost in grossen Mengen teuer sein kann (Radovich et al., 2011a).

Weiter kann Kompost nur als Grunddüngung zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit eingesetzt werden, nicht aber als eine direkt wirksame Nachdüngung (Luo et al., 2021). Im Gegensatz dazu ist die Wirkung von Komposttee auch kurzfristig effizient (W. Brinton et al., 1996). So können die im Komposttee gelösten Nährstoffe als Fertigation über die Tropfbewässerung oder in Form einer Kopfdüngung mit gebräuchlichen Bewässerungsanlagen oder Feldspritzen ausgebracht werden. Darüber hinaus können mit der Blattapplikation von Komposttee direkt Blattkrankheiten bekämpft werden, was mit einer Kompost Gabe nur indirekt über die Pflanzenstärkung und die Beimpfung der Bodenbiologie erfolgt.

1.4.3. Die Herstellung der verschiedenen Komposttee-Arten

Die Verwendung vom Begriff "Komposttee" in der Literatur ist uneinheitlich (Eudoxie & Martin, 2019). So wird Komposttee für eine breite Palette an wässrigen Lösungen oder Suspensionen verwendet, welche mit unterschiedlichen organischen Ausgangsmaterialien und Herstellungsverfahren erzeugt werden. Zudem wird Kompostextrakt oft als Synonym für Komposttee verwendet (C. St. Martin, 2014). Zur Klärung wird im Folgenden die in der vorliegenden Arbeit verwendete Terminologie erläutert.

Beim Komposttee können grob drei Arten unterschieden werden; Belüfteter Komposttee, nicht belüfteter Komposttee und Kompost-Extrakt (Ingham, 2003). Hinsichtlich der Wirkweise dieser unterschiedlichen Arten ist sich die Wissenschaft uneinig (J. G. Fuchs et al., 2004). So kann gemäss Ingham (2003) ohne Belüftung nicht garantiert werden, dass der Komposttee keine toxischen Metaboliten enthält. Demgegenüber erachten Brinton et al. (1996) sowie Cronin et al. (Cronin et al., 1996) eine Belüftung als überflüssig oder sprechen belüftetem Komposttee gar eine geringere Wirksamkeit zu. In der vorliegenden Arbeit wurde ein belüfteter Komposttee mit einer Zugabe von Nährstoffen für die Untersuchung verwendet (vgl. 1.4.3.).

1.4.3.1. Belüfteter Komposttee

Belüfteter Komposttee ist ein wässriges Extrakt aus Kompost, welches mit Sauerstoffzufuhr gebraut wird (Ingham, 2003). Durch die gleichzeitige Zufuhr von Nährstoffen und Sauerstoff wird ein Milieu geschaffen, in welchem sich die nützlichen Mikroorganismen exponentiell vermehren können. Die Sauerstoffzufuhr garantiert, dass sich die nützlichen Mikroorganismen vermehren können, ohne dass ihr sauerstoffzehrendes Wachstum zu anaeroben Bedingungen führen würde. Ziel ist es, dass der Sauerstoffgehalt über 5 mg/l bleibt. Das anhaltend aerobe Milieu fördert somit zum einen das Wachstum konkurrenzfähiger aerober Mikroorganismen und hemmt zugleich jenes von pathogenen. Xu et al. (2015) berichten, dass mit zunehmender Belüftung der Nährstoffgehalt (Gesamtstickstoff und -phosphor) sowie die Humifizierung anstiegen. Diese Beobachtung unterstreicht den bereits von Eudoxie und Martin (2019) geäusserten Wunsch, dass für die Vergleichbarkeit in zukünftigen Studien Angaben zur O_2 -Konzentration gemacht werden. In der vorliegenden Arbeit wurde das von EDAPRO geprüfte Verhältnis von Kompost, Nahrung und Sauerstoffzufuhr verwendet, bei welchem die Konzentration an gelöstem O_2 nie unter 5 mg/l fällt (EDAPRO, 2021b). Verglichen mit den anderen Komposttee-Arten hat belüfteter Komposttee eine kürzere Brauzzeit, eine höhere Anzahl und Vielfalt an

Mikroorganismen, eine geringere oder gar keine Phytotoxizität, aber aufgrund der kontinuierlichen Belüftung einen höheren Energiebedarf (A. M. Litterick et al., 2004; A. Litterick & Wood, 2009; S. Scheuerell & Mahaffee, 2002; C. C. G. St. Martin & Brathwaite, 2012).

1.4.3.2. Nicht belüfteter Komposttee

Nicht belüfteter Komposttee unterscheidet sich von belüftetem Komposttee dadurch, dass er nicht belüftet wird (Ingham, 2003). Bei der Verwendung eines reifen Kompostes sind die Mikroorganismen nur wenig aktiv, sodass der Sauerstoffgehalt nicht unter 5 mg/l sinkt. Sinkt der Sauerstoffgehalt dennoch für eine kurze Zeit unter die Grenze von 5 mg/l, ist es möglich, dass sich die Vielfalt nützlicher Mikroorganismen sogar erhöht, vorausgesetzt diese Perioden ist kurz genug, dass die aeroben Organismen nicht absterben oder inaktiv werden.

Wird ein unreifer Kompost verwendet, so kann es durch die Freisetzung löslicher Nährstoffe zu einem Wachstum der Mikroorganismen und folglich zu anaeroben Bedingungen kommen. Dann sollte das Produkt laut Ingham (2003) nicht mehr als Komposttee bezeichnet werden. Nach dem Mischen vom Kompost mit dem Wasser wird das Gebräu mindestens drei Tage lang ungestört stehen gelassen (Weltzien, 1991b). Um die Freisetzung von Mikroben aus den Kompostpartikeln zu erleichtern, empfehlen Brinton und Droffner (1995 zitiert in; C. St. Martin, 2014) auch den nicht belüfteten Komposttee alle 2-3 Tage umzurühren.

1.4.3.3. Kompost-Extrakt

Als Kompost Extrakt bezeichnet Ingham (2003) das Produkt aus dem Vorgang, bei welchem man Wasser mit erheblichem Druck durch den Kompost fließen lässt. Abhängig davon, mit welcher Kraft dieser Vorgang erfolgt, können so Mikroorganismen sowie auch lösliche Nährstoffe aus den Feststoffen extrahiert werden. Verglichen mit belüftetem und nicht belüftetem Komposttee ist der Zeitaufwand für die Zubereitung bedeutend geringer.

1.4.3.4. Anaerober Komposttee

Wie es der Name anaerober Tee suggeriert, darf bei dessen Herstellung der Sauerstoffgehalt nicht in den aeroben Bereich fallen (Ingham, 2003). Folglich wird dieser Komposttee nicht belüftet. Die Herstellung anaerober Tees ist bis anhin zu wenig erforscht, sodass es noch keine standardisierte Produktionsanleitung gibt, bei welcher vorhergesagt werden könnte, wie genau und ob der Tee funktioniert. Die Idee ist jene, dass dem Komposttee so viele Nährstoffe hinzugefügt werden, dass es zu einer schnellen Vermehrung der Mikroorganismen kommt, sodass der Sauerstoffverbrauch grösser ist als die Sauerstoffdiffusion in das Wasser. Die biologische Zusammensetzung in einem anaeroben Tee beschränkt sich vorwiegend auf anaerobe Bakterien und Hefen. Einige dieser Organismen bilden unter bestimmten Bedingungen spezifische Toxine, welche bestimmte Krankheiten sowie Schadorganismen bekämpfen können. Die Biologie anaerober Tees ist deutlich weniger divers als jene aerober Komposttees, weshalb sie ausdrücklich als anaerobe Tees bezeichnet werden sollten. Auch ist die Fähigkeit Nährstoffe zu liefern deutlich geringer.

Vor einer Anwendung anaerober Tees sollten folgende Punkte beachtet werden (Ingham, 2003). Die Blattoberfläche ist eine aerobe Zone. Folglich sind anaerobe Mikroorganismen auf ihr weder aktiv noch können sie ihre Funktionen erfüllen. Die einzige Funktion, welche anaerobe Mikroorganismen aus einem anaeroben Tee in einer aeroben Umgebung erfüllen können, ist eine kurzzeitige physische Barriere gegen Pathogene zu bilden. Bei anaeroben Verhältnissen gehen fadenförmige Pilze, welche die Bodenstruktur aufbauen und Nährstoffe speichern, verloren oder werden inaktiv. Auch gehen aerobe, Mikroaggregat-bildende Bakterien in ein Ruhestadium über, was sich folglich negativ auf die Bodenstruktur auswirkt. Zudem sterben Protozoen, Nematoden und Mikroarthropoden unter anaeroben Bedingungen, sodass im Nahrungsnetz eine Lücke bleibt. Da unter anaeroben Bedingungen verschiedene chemische Verbindungen wie beispielsweise Ammonium oder Nitrat in die gasförmige Form übergehen, verflüchtigen sich ebenfalls Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor oder Schwefel und der pH-Wert sinkt.

1.4.3.5. Pflanzentees oder -jauche

Pflanzenjauche wird typischerweise durch das Einlegen von Pflanzen wie Brennnesseln, Kamille, Ringelblumen oder Schachtelhalm in Wasser hergestellt (Ingham, 2003). Üblicherweise ist der Sauerstoffgehalt mehrere Tage bis Wochen niedrig, weshalb auch teilweise von fermentiertem Pflanzentee gesprochen wird. Sind die verfügbaren Nährstoffe aus dem Pflanzenmaterial aufgebraucht, stellen die Mikroorganismen ihr Wachstum ein, sodass der Sauerstoff wieder in das Ferment zurückkehrt. Die Biologie unterscheidet sich stark von derjenigen eines Komposttees. So können in Pflanzentees für gewöhnlich nur Bakterien und Wimperntierchen und einige wenige Pilze beobachtet werden. Da Kompost für gewöhnlich nicht Teil der Rezeptur ist, sollte Pflanzentee nicht mit Komposttee verwechselt werden.

1.4.3.6. Dung-Tee

Für die Zubereitung von Dung-Tee wird Mist in Wasser eingeweicht (Azeez et al., 2014; A. M. Litterick et al., 2004). Wird das Gemisch nicht verrührt, können nur lösliche Nährstoffe extrahiert werden und der Dung-Tee hat somit zumeist einen hohen Gehalt an Nitraten, Salzen, Phosphor und Kalium. Allfällige den Tieren verabreichte Antibiotika sind löslich und werden in der Regel ausgewaschen, was für die Mikroorganismen in dem flüssigen Extrakt problematisch ist. Wird das Gemisch hingegen gerührt, werden anaerobe Bakterien extrahiert, welche, verglichen mit aeroben Bakterien weniger gut an Oberflächen haften. Dung-Tee ist durch eine hohe Anzahl von Wimpertierchen und Nematoden sowie einer geringen Pilzbiomasse gekennzeichnet. Aufgrund der fehlenden Erhitzung durch eine Kompostierung können im Dung-Tee menschliche und tierische Krankheitserreger vorhanden sein. Damit Mist möglichst frei von potenziellen menschlichen und tierischen Krankheitserregern wie *Escherichia coli* O157:H7 oder Salmonellen ist, muss er eine Heissrotte-Phase (45 bis 65 °C) durchleben (J. Fuchs, 2020; Tognetti et al., 2005). In Tabelle 1 wird aufgezeigt, welche Pathogene wie lange bei welchen Temperaturen überleben. Es zeigt sich, dass Mist mindestens 4 Wochen kompostiert werden muss, damit er auch frei von *Cryptosporidium* ist. Neben der erforderlichen Heissrotte-Phase sind es Mikroorganismen, welche das Überleben, das Wachstum und die Persistenz von Krankheitserregern im Kompost beeinflussen.

Tabelle 3: Überlebensdauer verschiedener menschlicher und tierischer Krankheitserreger bei unterschiedlichen Temperaturen (abgeändert nach: Martin, 2019)

Material	Überlebensdauer			
	<i>Cryptosporidium</i>	Salmonellen	<i>Campylobacter</i>	<i>E. coli</i> O157:H7
Boden - gefroren	>1 Jahr	>12 Wochen	2-8 Wochen	>300 Tage
Boden - kalt (5° C)	8 Wochen	12-28 Wochen	2 Wochen	100 Tage
Boden - warm (30° C)	4 Wochen	4 Wochen	1 Woche	2 Tage
Rinder-Mist - gefroren	> 1 Jahr	>6 Monate	2-8 Wochen	>100 Tage
Rinder-Mist - kalt (5° C)	8 Wochen	12-28 Wochen	1-3 Wochen	>100 Tage
Rinder-Mist - warm (30° C)	4 Wochen	4 Wochen	1 Woche	10 Tage
Gülle	>1 Jahr	13-75 Tage	>112 Tage	10-100 Tage
Kompostierter Mist	4 Wochen	7-14 Tage	7 Tage	7 Tage

1.4.4. Komposttee Qualität

Für die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Komposttees ist die Qualität des Komposts massgebend (Ingham, 2003). So beeinflusst die Qualität einerseits wie gut Nährstoffe aus dem Kompost in den Komposttee extrahiert werden können und andererseits ist je nach Qualität die mikrobielle Aktivität sowie die Anzahl Phytohormone höher oder tiefer (A. P. Pant et al., 2012). Als qualitativ hochwertig gilt ein fein strukturierter, feuchter und Pathogen-freier Kompost mit einem hohen Gehalt an nützlichen Mikroorganismen, löslichen Mineralstoffen, Humusbestandteilen, Phytohormonen und einem geringen Gehalt an phytotoxischen organischen Säuren und Schwermetallen. Neben der Herstellungsmethode kann die Kompostqualität mit der Wahl des Kompostausgangsmaterials sowie mit

dem Reifegrad des Komposts beeinflusst werden. In den folgenden zwei Abschnitten wird aufgezeigt, welche jeweiligen Massnahmen sich förderlich auf die Qualität auswirken.

1.4.4.1. Geeignetes Kompostausgangsmaterial

In diesem Abschnitt geht es von der Komposttee Herstellung einen Produktionsschritt zurück zur Kompostierung. So ist das bei der Kompostierung gewählte Ausgangsmaterial entscheidend für die Qualität des Komposttees. Bei den Ausgangsmaterialien gilt, je diverser und vielfältiger die Nahrungsressourcen und Nährstoffe desto höher die Diversität an Mikroorganismen (Ingham, 2003). Die verschiedenen Materialien beeinflussen die Mikrobiologie im Kompost und schliesslich auch im Komposttee (S. Scheuerell & Mahaffee, 2002). Kohlenstoffreiches Ausgangsmaterial beispielsweise befeuert das Wachstum der Pilzpopulation, während stickstoffreiches Material jenes von Bakterien fördert (Mahaffee & Scheuerell, 2006).

Einige Autoren weisen darauf hin, dass tierische Ausgangsstoffe zu einer besseren Kompostqualität führen (Mahaffee & Scheuerell, 2006; Weltzien, 1990). So beobachtete Weltzien (1990), dass Komposttee, welcher aus Tierkompost hergestellt wurde, sich besser zur Unterdrückung von Krankheiten eignet als aus Pflanzenkompost hergestellter Tee. Andere Autoren hingegen konnten hinsichtlich der Unterdrückung von Pflanzenkrankheiten keinen Unterschied zwischen Pflanzen- und Tierkompost feststellen (Elad & Shtienberg, 1994). Die ungleiche Wirksamkeit unterschiedlicher Ausgangsmaterialien wurde auch von You et al. (2018) beobachtet. So unterdrückte Komposttee, der nur aus Unkraut hergestellt wurde das Schlüpfen von *Meloidogyne incognita* Eiern, nicht aber solcher auf der Basis von Gemüse. Solche Feststellungen verdeutlichen, dass Komposttee ein Naturprodukt ist, dessen Wirksamkeit je nach Ausgangsmaterial, Herstellungsmethode, Kulturart und Bewirtschaftungsziel variiert (Dearborn, 2011; A. P. Pant et al., 2012).

1.4.4.1.1. Vermeidung von Pathogenen im Komposttee

Jegliche tierischen Exkremate sollten aufgrund der möglichen Kontamination mit Humanpathogenen vor der Verwendung in einem Komposttee möglichst thermophil kompostiert werden (Ingham, 2003). Wie im Abschnitt 1.4.1.3. erwähnt, empfiehlt es sich bei der Wurmkompostierung aufgrund einer unzuverlässigen Pathogen-Reduktion auf tierische Ausgangsmaterialien zu verzichten. Um zu verhindern, dass beim Brauprozess der Tee durch Krankheitserreger kontaminiert wird, sollte beim ganzen Vorgang ein aerobes Milieu aufrechterhalten werden sowie das Braugeräte gründlich gereinigt werden, damit kein anaerober Biofilm entstehen kann. Weiter kann ein Kompostausgangsmaterial mit einer hohen Vielfalt an aeroben Bakterien und Pilzen dabei helfen, allfällige Pathogene zu bekämpfen. Werden diese Punkte eingehalten, so ist das Risiko der Kontamination minimal. Abgesehen von der Gefahr einer Verunreinigung durch Humanpathogene könnte in Zukunft mit Herbiziden belastetes Grünzeug ein Problem darstellen (Bezdicke et al., 2001; und Rynk, 2001).

1.4.4.2. Kompostreife

Gemäss De Ceuster und Hoitink (1999) besitzt frisches organisches Material keine krankheitsbekämpfende Wirkung. Noch unreifer Kompost enthält ferner oft sogar toxische Inhaltsstoffe mit nachteiligem Effekt auf das Pflanzenwachstum. Demgegenüber hat ein reifer Kompost mit einem C: N-Verhältnis von 12-15 eine hohe Produktstabilität sowie eine gute Pflanzenverträglichkeit (J. Fuchs et al., 2010; Kupper & Fuchs, 2007). Die gute Pflanzenverträglichkeit gegenüber unreifem Kompost kommt daher, dass Stickstoff vor allem in Form von Nitrat und nicht als Ammonium vorliegt, was zu einem tiefen EC- und pH-Wert führt. Reifer Kompost hat gegenüber unreifem Kompost folglich einen höheren Gehalt an löslichen Nährstoffen und setzt weniger phytotoxische organische Säuren und Schwermetalle frei (Griffin & Hutchinson, 2007). Auch Pant et al. (2012) beobachteten, bei Pak-choi, dass im Vergleich von Komposttee aus einem reifen und einem unreifen Kompost, ersterer eine bessere Wirkung erzielte. Neben den weiter oben erwähnten chemischen Charakteristiken (relativ mehr Nitrat-N als Ammonium-N) von reifem Kompost, beobachteten die Autor:innen zudem, dass Komposttee aus reifem Kompost mehr aktive Bakterien und Pilze sowie eine signifikant höhere Dehydrogenase-Aktivität (DHA) hatte. Dehydrogenasen Enzyme sind Bestandteil aller lebenden mikrobiellen Zellen (Agnieszka Wolińska, 2012; Radovich et al., 2011b). Daher wird die DHA als Indikator für die gesamte biologische Aktivität

herangezogen. Folglich ist zu vermuten, dass nicht nur die chemischen Eigenschaften von reifem Kompost sondern auch seine erhöhte biologische Aktivität ihn für das Brauen eines Komposttees geeigneter machen.

1.4.5. Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Komposttee

Die Wirksamkeit von Komposttee wird neben der Kompostqualität noch von weiteren Faktoren wie etwa der Brauzzeit, der verwendeten Zusätze oder der Menge des verwendeten Wassers beeinflusst (Egwunatum & Lane, 2009; Manandhar & Yami, 2010; Pane et al., 2012).

1.4.5.1. Brauverhältnis Kompost zu Wasser

Um die Vermehrung von Mikroorganismen nicht zu hemmen, wird empfohlen, chlorfreies Trinkwasser zu verwenden (Ingham, 2003). Das Mischverhältnis von Kompost zu Wasser ist von der Kompostart und dem Verwendungszweck abhängig. Die von Weltzien (Weltzien, 1990) empfohlene Mischung von 1:3 bis 1:10 wird in der hiesigen so wie auch in zahlreichen anderen Studien angewendet (S. Scheuerell & Mahaffee, 2002; Seddigh & Kiani, 2018; Weltzien, 1991a).

1.4.5.2. Brauzzeit

Auch die Brauzzeit beeinflusst die Wirksamkeit vom Komposttee (Yatoo et al., 2021). So werden in dieser Zeit die Nährstoffe sowie verschiedene Phytohormone aus dem festen Kompost in den Komposttee extrahiert (El-din & Hendawy, 2010; A. Pant et al., 2011). Die Brauzzeit muss so gewählt werden, dass die meisten Nährstoffe und nützlichen Mikroorganismen extrahiert werden (Ingham, 2003). Bei belüftetem Komposttee wird in der Regel eine Extraktionszeit zwischen 24 und 48 Stunden empfohlen (Ingham, 2003). Gemäss Weltzien (1990) eignet sich Komposttee mit einer Brauzzeit von 24 Stunden insbesondere für die Düngung, während bei einer Brauzzeit von 7 bis 14 Tagen die krankheitshemmenden Qualitäten von Komposttee optimal zur Geltung kommen.

1.4.5.3. Zusätze

Dem Komposttee werden teilweise Nährstoffe beigemischt, um mit einer zusätzlichen Nahrungsquelle das Wachstum der Mikroorganismen zu stimulieren (Eudoxie & Martin, 2019; Ingham, 2003). Durch die Zugabe von Nährstoffen wird garantiert, dass die wachsende Anzahl Mikroorganismen nicht auf Grund ungenügender Nahrung im Komposttee inaktiv wird und so bei der Komposttee Applikation nur der stoffliche Effekt bleiben würde (vgl. 1.4.8.2.). Neben Zusätzen wie Seetang, Melasse, Gesteinsmehl, Huminsäuren oder Karottensaft werden auch Pflanzenextrakte (Beinwell, Löwenzahn oder Brennnessel) eingesetzt (Ingham, 2003). Je nach Zusatz entwickelt sich die Kompostteebiologie anders: Seetang sowie Huminsäuren eignen sich insbesondere, um das Wachstum von Pilzen anzuregen. Das Bakterienwachstum kann hingegen durch Einfachzucker beispielsweise aus Melasse, Karotten- oder Apfelsaft sowie Hefen stimuliert werden. Da Pilze und Bakterien oft um Nahrung, Platz, Sauerstoff und Wasser konkurrieren, können nicht beide in ihrem Wachstum gefördert werden, sondern es ist ein Entweder-oder. Diese Steuerungsmöglichkeit kann dazu genutzt werden, die Mikroorganismengemeinschaft möglichst so zu selektionieren, dass sie die Bodenbiologie optimal ergänzt. Es ist jedoch unmöglich, mit den Zusätzen lediglich die Nahrungsressourcen aller nützlichen Mikroorganismen zu befriedigen. Daher sollte diese Selektion sorgfältig durchgeführt werden, um möglichst keine pathogenen Organismen zu fördern. Die Selektion kann ebenfalls je nach Anwendungsgebiet des Komposttees anders aussehen. So wachsen Pflanzen sowohl in bakterien- als auch in pilzdominierten Böden, wohingegen Bäume pilzdominierte Böden¹ bevorzugen. Gemäss Naidu et al. (2010) hatte ein mit Zusätzen versehener Komposttee 10 - bis 100 mal mehr Bakterien, Pilze und Actinomyceten als ein reiner Komposttee. Solche Zusätze werden dem Komposttee teilweise nochmals direkt vor der Blattapplikation zugesetzt. Dies bewirkt zum einen, dass die Mikroorganismen nochmals

¹ Bäume vertragen in der Regel Ammonium viel besser als Nitrat oder Nitrit, welche das Auftreten von Wurzelkrankheiten begünstigen (Ingham, 2003). Ammonium bildet ein Dissoziationsgleichgewicht mit Ammoniak, welches pH-abhängig ist. Das Gleichgewicht verschiebt sich bei abnehmendem pH-Wert in Richtung Ammonium. Da wiederum kommen Pilze ins Spiel, deren Metaboliten für einen pH-Wert unter 7 sorgen.

aktiviert werden und zum anderen wird so auf der Blattoberfläche ein Biofilm gebildet, welcher die mikrobielle Besiedlung der Pflanzenoberfläche fördert (Mengesha et al., 2017).

1.4.5.4. *Verdünnung, Anwendungsintervall und -zeitpunkt*

Litterick und Wood (2009) beobachteten, dass die Verdünnung die Effektivität von Komposttee in der Unterdrückung von Pflanzenkrankheiten beeinflusst. Je nach Anwendungsgebiet und Autor:innen unterscheiden sich die Applikationsmengen sowie das Intervall der Applikation (EDAPRO, 2021b). So wird von EDAPRO in der Landwirtschaft beispielsweise eine Menge von 80 l/ha in der Hortikultur von 150 l/ha und in der Rasenpflege hingegen 250 l/ha empfohlen. Scheuerell (2003) und Ingham (2003) hingegen empfehlen allgemein Komposttee in einer Menge von 40 bis 50 l/ha auszubringen. Bezüglich dem Ausbringungsintervall schlägt EDAPRO in der Landwirtschaft 4, in der Hortikultur 6 und in der Rasenpflege 7 Anwendungen pro Jahr vor (EDAPRO, 2021b). Andere Autoren empfehlen jedoch ein deutlich kürzeres Anwendungsintervall. So beobachteten Istifadah et al. (2020) eine Reduktion beim Echten Mehltau sowie der Kraut- und Knollenfäule, als sie alle 3 bis 7 Tage Komposttee applizierten. Neben der Verdünnung und dem Intervall ist bei der Anwendung ebenfalls der Zeitpunkt von grosser Bedeutung (Ingham, 2003). Folglich empfiehlt Ingham (2003) den Komposttee am besten in den Abendstunden oder bei bedecktem Himmel auszubringen. Andernfalls werden die Mikroorganismen dem für sie schädlichem UV-Licht ausgesetzt und es kommt zu einer raschen Verdunstung. Ferner sollte bei starkem Wind und bei Regen auf eine Applikation verzichtet werden, da die Mikroorganismen ansonsten von der Blattoberfläche abgetragen werden.

1.4.6. *Biologische Zusammensetzung im Komposttee*

Das Ziel einer Komposttee-Applikation ist es, die Lücken im «soil food web» zu schliessen, um somit das System Boden wieder funktionsfähig zu machen (Ingham, 2003). Abbildung 3 illustriert die Abhängigkeiten im «soil food web». Ein jedes Glied wird für die Funktionsweise benötigt. Wenn Organismen komplexe Materialien zersetzen oder andere Organismen verzehren, werden Nährstoffe von einer Form in eine andere umgewandelt und für Pflanzen und andere Bodenorganismen verfügbar gemacht (Ingham, 2022). Fehlen beispielsweise Bakterien fressende Protozoen, so kommt es nicht zur Mineralisierung der in den Bakterien vorhandenen Nährstoffe, was wiederum das Wachstum von Bakterien, Pilzen und Pflanzen beeinträchtigt (Ingham, 2003). In geringer Anzahl und Vielfalt sollten sogar Schädlinge vorhanden sein, weil auch sie eine Funktion im Boden haben. So beseitigen Schädlinge beispielsweise gestresste Pflanzen. Viele verschiedene Organismen sind zu unterschiedlichen Zeiten aktiv und interagieren miteinander, mit Pflanzen und mit dem Boden (Ingham, 2022). Das kombinierte Ergebnis ist eine Reihe nützlicher Funktionen, darunter der Nährstoffkreislauf, die Regulierung des Wasserflusses und die Schädlingsbekämpfung.

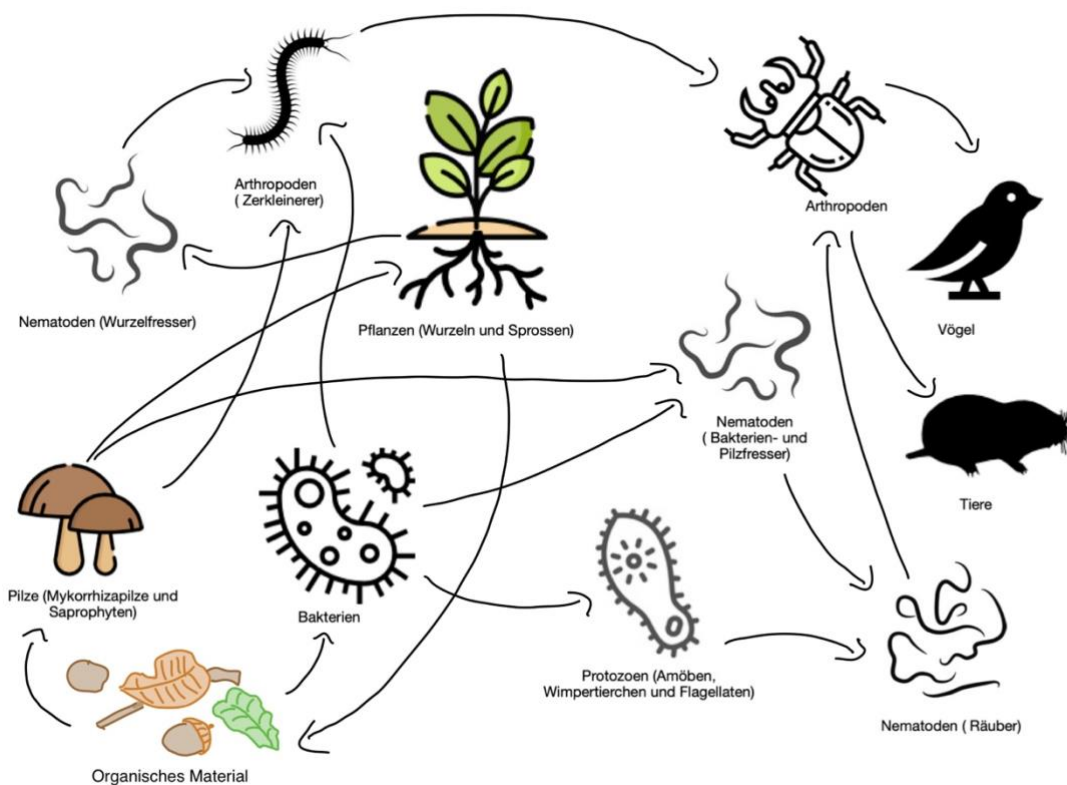


Abbildung 3: Das « soil food web» mit seiner Vielzahl von Organismen, welche die notwendige Arbeit leisten, damit gesunde Böden frei von Krankheiten, Schädlingen und Unfruchtbarkeit wachsen können. Die Linien illustrieren die Wechselwirkungen und Nahrungsbeziehungen in diesem Netz (Flacticon, 2022; abgeändert nach: Ingham, 2003)

Solche Lücken im «soil food web» sind unter anderem durch verschiedene Praktiken der modernen Landwirtschaft entstanden (Bali et al., 2021). So wirkt sich beispielsweise eine intensive Bodenbearbeitung negativ auf die Vielfalt der Boden-Biota im Ackerland aus (Van der Heijden et al., 2014). Gleiches gilt auch für mineralische Düngemittel, die erwiesenermaßen die funktionelle Vielfalt der Boden-Biota verringern und zur Dominanz einiger weniger Taxa führen (Bai et al., 2020; Bali et al., 2021; Ji et al., 2018; Liang et al., 2020; Ma et al., 2018; Tsiafouli et al., 2015; Van der Heijden et al., 2014). Auch synthetische Pflanzenschutzmittel verringern die mikrobielle Vielfalt und die enzymatische Aktivität im Boden (Hussain et al., 2009; Jacobsen & Hjelmsø, 2014; Larras et al., 2022; Lo, 2010; Lupi et al., 2016).

Um dem Boden die fehlenden Akteure vom «soil food web» wieder zu injizieren, benötigt es zunächst eine intensive und aufmerksame Auseinandersetzung mit der Bodenbiologie (Ingham, 2003). Sind die Lücken im «soil food web» ausgemacht, kann mit dem richtigen Kompost und den passenden Zusätzen eine dem Bodenbedarf gerechte Komposttee-Biologie gebraut werden, bei welcher das Verhältnis zwischen den verschiedenen Mikroorganismengruppen die gewünschte Kultur in ihrem Wachstum möglichst begünstigt.

Ein Qualitätskompost verfügt über eine enorme Biomasse an Mikroorganismen (Ingham, 2003). So befinden sich in einem Gramm Kompost über 300 Mikrogramm Bakterien und Pilze und über 50'000 Protozoen- und 60 Nematoden-Individuen. Folglich sind in einem solchen Kompost, abgesehen von Schädlingen und Krankheitserregern, alle wichtigen Mikroorganismen Gruppen, welche im Boden vorkommen. Bei dem Brauprozess werden alle Arten und viele Individuen jeder Art aus dem Kompost in den Tee extrahiert. Je nach Milieu im Komposttee vermehren sich dann andere Mikroorganismen. Die Artenvielfalt variiert zwischen 25'000 und einer halben Million Arten pro Gramm Tee. Diese Vielfalt an synergetisch wirkenden Mikroorganismen ist für die Funktionsweise von Komposttee entscheidend (Otero et al., 2019).

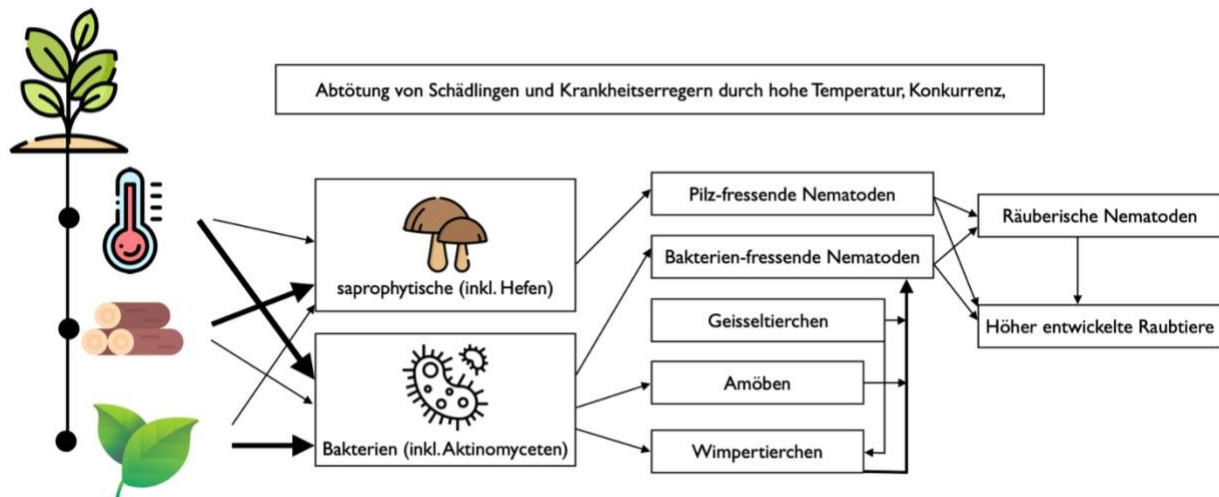


Abbildung 4: Das Nahrungsnetz im Kompost (Flacticon, 2022; abgeändert nach: Ingham, 2003)

Abbildung 3 illustriert das Nahrungsnetz in einem Kompost (Ingham, 2003). Bakterien und Pilze immobilisieren Nährstoffe oder konkurrieren mit Pathogenen um Nahrung. Zudem kleben sie Bodenpartikel zu Aggregaten zusammen, was so die Bodenstruktur verbessert, Erosion und Abfluss verhindert und es den Pflanzen ermöglicht, tief in den Boden zu wurzeln. Protozoen, Nematoden und Mikroarthropoden wiederum verzehren Bakterien und Pilze, was im Wurzelbereich zu einer Freisetzung von pflanzenverfügbaren Nährstoffen führt.

Aber auch schädliche Mikroorganismen haben, wenn sie in geringer Zahl und Vielfalt im Boden vorhanden sind, eine wichtige Funktion im Boden (Ingham, 2003). So beseitigen sie beispielsweise gestresste Pflanzen und fungieren so als Indikatoren für die Bodengesundheit. Zudem ist es möglich, dass ein Organismus in einem System schädlich, im anderen hingegen nützlich ist. Ebenfalls kommt es vor, dass Schädlinge sich im Ruhestadium befinden und so den Kompostierungsprozess überleben. Da sie jedoch inaktiv sind, verursachen sie meist auch keine Krankheiten oder können allenfalls in einem neuen System einen positiven Nutzen haben.

Wie bereits erwähnt kommt es bei der Kompostierung durch die Heissrotte-Phase beim thermophilen Kompost und, zu einem bestimmten Grad, auch mittels der Passage durch das Verdauungssystem der Regenwürmer zu einer Bekämpfung schädlicher Organismen und Krankheitserreger (Ingham, 2003). Der Temperaturanstieg bei der thermophilen Kompostierung erfolgt durch die mikrobielle Aktivität, vor allem von Bakterien (J. G. Fuchs, 2010). Die anfängliche Bakteriendominanz wird während der Kompostreifung durch jene der Pilze abgelöst. Beim Kompostierungsprozess ist es das Ziel, günstige Bedingungen für nützliche und ungünstige Bedingungen für schädliche Mikroorganismen zu schaffen. Schädliche Mikroorganismen werden hauptsächlich mit dem zugeführten Substrat in den Kompost eingebracht. Die bereits erwähnte Heissrotte-Phase sowie bestimmte Pflanzeninhaltsstoffe und antagonistische Wechselwirkungen mit nützlichen Mikroorganismen führen zu einer Verdrängung der schädlichen Mikroorganismen. Bei der Heissrotte wird ausgenutzt, dass schädliche Mikroorganismen empfindlicher auf Hitze reagieren als nützliche. Zudem sind nützliche Mikroorganismen besser in der Lage, den Kompost nach der Hitzephase neu zu besiedeln. Diese gewollte Neuansiedlung wird durch eine geeignete Kompostbewirtschaftung beeinflusst. So muss in einem Kompost neben der richtigen Maximaltemperatur (68° bis 71° C nicht überschreiten) auch die Feuchtigkeit, der pH-Wert sowie der Sauerstoffgehalt stimmen (J. Fuchs, 2020; Ingham, 2003). Gemäss Ingham (2003) ist die Biomasse an Pilzen sowie die Anzahl nützlicher Nematoden, Protozoen und Mikroarthropoden umso grösser, je weniger der Kompost gestört wird, insbesondere in der Reifungsphase. Wenn nicht erhitztes Material nach der Heissrotte-Phase in den Kompost eingebracht wird, kann es zu einer Wieder-Verunreinigung mit schädlichen Mikroorganismen kommen.

1.4.6.1. Protozoen

Protozoen fressen Bakterien. Durch diesen Vorgang kommt es zur mikrobiellen Mineralisierung der in den Bakterien vorhandenen Nährstoffe, was wiederum das Wachstum von Bakterien, Pilzen und Pflanzen stimuliert (Ingham, 2003).

Je nachdem variiert die Anzahl Protozoen im Komposttee. So kommt es bei einer kurzen Brauzzeit noch zu keiner Vermehrung, sodass sich die Anzahl auf die aus dem Kompost extrahierten Protozoen beschränkt (Ingham, 2003). Ab einem 24-stündigen Brauvorgang kommt es zu einer graduellen Zunahme der Protozoen. Damit sich in einem Kompost jedoch Protozoen ansiedeln können, muss dieser reif sein und für mindestens eine Woche ohne Umdrehung bei unter 50° C gelagert haben. In einem unreifen Kompost können sich die Protozoen noch nicht vernünftig vermehren. Zu den Protozoen gehören unter anderem Flagellaten, Amöben und Wimperntierchen. Bei anaeroben Bedingungen sterben Flagellaten und Amöben, weshalb ihre Präsenz als Indikator für dauerhaft aerobe Bedingungen herangezogen werden kann. Demgegenüber ernähren sich Wimpertierchen bevorzugt von anaeroben Bakterien, was sie zu einem Indikator dafür macht, dass während dem Brauprozess zeitweilig anaerobe Bedingungen herrschten.

1.4.6.2. Pilze

Ein guter Komposttee sollte pro ml 2 bis 10 Mikrogramm (μg) aktive Pilzbiomasse und 5 bis 20 μg Gesamtpilzbiomasse aufweisen (Ingham, 2003). Ein dazu nötiger Qualitätskompost, welcher pro Gramm 150 bis 200 μg Gesamtpilzbiomasse enthält, sollte sowohl einfache extrahierbare Kohlenstoffquellen² als auch komplexere Pilznahrung³ beinhalten, da Pilze auf beide Nahrungsquellen angewiesen sind. Hinsichtlich der Zugabe von Nährstoffen sollten diese so ausgesucht werden, dass jene Pilze gefördert werden, welche sich im Konkurrenzkampf mit krankheitserregenden Organismen gut durchsetzen können. Obwohl Pilze üblicherweise nur 5 bis 20 % der Blattoberfläche besiedeln, sind sie für die Konkurrenz sehr wichtig. Nützliche Pilze auf der Blattoberflächen oder auf Stängeln verzehren beispielsweise Pflanzen-Exsudate, sodass krankheitserregende Organismen keine Nahrung finden. Auch im Boden konkurrieren nützliche Pilze mit krankheitserregenden Organismen um Nährstoffe und Platz. Ingham (2003) umschreibt die fünf wichtigsten Funktionen der Pilze im Boden folgendermassen:

1. Retention von Nährstoffen wie N, P, S, Ca, Fe. Pilze mineralisieren N nicht, sondern immobilisieren es in ihrer Biomasse.
2. Pilze immobilisieren ebenfalls wichtige Mikronährstoffe (bspw. Ca).
3. Abbau von schwer zersetzbaren pflanzentoxischen Materialien und Pflanzenresten.
4. Aufbau der Aggregatstruktur des Bodens, durch das Zusammenkleben von organischem Material, Wurzelhaaren und Ausscheidungen von Bodenarthropoden. Durch die so gebildeten Gänge zwischen den Aggregaten funktioniert der Sauerstoff und Kohlendioxid Austausch im Boden.
5. Diese Aggregatstrukturen verbessern zudem die Wasserspeicherkapazität des Bodens.

Damit unter den gegebenen Umweltbedingungen einige nützliche Pilze ihre Funktion erfüllen können, ist es wichtig, eine möglichst grosse Pilzvielfalt im Komposttee zu haben (Ingham, 2003). Von den Tausenden von Pilzarten im Komposttee sind in einem landwirtschaftlich genutzten Boden die Bedingungen nur für wenige Pilzarten optimal. So fehlt auf Feldern, welche mehr als 10- bis 15-mal gepflügt wurden, die Pilzbiomasse zumeist gänzlich. Pflanzen können mit ihren Exsudaten gezielt die von ihnen benötigten Arten fördern. Wird dem Boden mit der Komposttee-Applikation eine grösstmögliche Pilzvielfalt injiziert, so übernehmen danach die Pflanzen selbst die Selektion. Da Pilze durch das Mischen und Rühren beim Brauprozess teilweise abgetötet werden, ist ihre Extraktion aus dem Kompost jedoch eher schwierig.

Zu den Pilzgattungen, welche in einem Komposttee vorkommen, zählen *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* und *Gliocladium* sowie nicht-pathogene *Fusarium*-Arten (C. St. Martin et al., 2020). Vertreter der ersten drei Gattungen werden als Pflanzenwachstum fördernde Pilze (PGPF; Plant Growth-Promoting Fungi) beschrieben, da sie sich positiv auf Faktoren wie die Keimung, die Pflanzenvitalität,

² Zucker, Proteine, Aminosäuren, einfache organische Säuren

³ Hormone, Phenole, Tannine und Huminsäuren sowie komplexe Kohlenhydrate, Aminozucker und Proteine

die Biomasseproduktion oder die photosynthetische Effizienz auswirken (Hossain et al., 2017). Zudem sind PGPFs an der Mineralisierung von organischem Phosphor beteiligt (Gómez-Guiñán, 2004). Durch das Stimulieren pflanzeigener Abwehrmechanismen kontrollieren gewisse Stämme zudem das Auftreten von Blatt- und Wurzelpathogenen (Hossain et al., 2017).

Um die Pilzvielfalt im Komposttee zu steigern, prüft EDAPRO zur Zeit die Verwendung eines Hybridkompostes aus einem Johnson-Su Bioreaktor (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021). Der Begriff Hybridkompost kommt daher, dass der Kompost zu Beginn eine Heissrotte-Phase durchläuft, ihm danach aber Würmer zugegeben werden. Durch den hohen Holzanteil und dadurch, dass der Kompost nie gewendet wird, hat dieser Hybridkompost eine hohe Diversität an nützlichen Pilzen (Johnson & DeSimio, 2017).

1.4.6.2.1. Mykorrhiza Pilze

Die Heissrotte-Phase bei der thermophilen Kompostierung tötet oft die Sporen von Mykorrhiza Pilzen ab, so dass sie zwar vorhanden, aber nicht lebensfähig sind (Ingham, 2003). Folglich können die Sporen und Hyphen, welche beim Brauprozess extrahiert werden, im Komposttee auch nicht wachsen. Soll mit dem Komposttee die Bodenbiologie mit Mykorrhiza Pilzen angereichert werden, ist es daher sinnvoll, kurz vor der Anwendung den Komposttee mit Mykorrhiza Sporen zu beimpfen. Dieser Zeitpunkt ist von Bedeutung, da es wichtig ist, dass, sobald die Sporen gekeimt sind, sie innerhalb von 24 bis 48 Stunden aktive Wurzeln finden.

1.4.6.3. Nematoden

Wie auch die Protozoen werden beim Brauvorgang alle Nematoden in den Tee extrahiert (Ingham, 2003). Von der Vielzahl an Nematoden sind die meisten für das Pflanzenwachstum förderlich und nur eine kleine, dafür aber bekannte Gruppe ist schädlich. Diese kleine Gruppe an schädlichen Nematoden, kann im Kompostierungsprozess nur durch eine ausreichend lange Heissrotte-Phase oder durch eine Passage durch das Verdauungssystem der Regenwürmer beseitigt werden. Bei den nützlichen Nematoden gibt es Pilz-, Bakterien- sowie Nematoden-fressende Taxa. Nematoden, welche sich von Bakterien oder Pilzen ernähren, setzen bei diesem Prozess pflanzenverfügbaren N, P und S frei. Räuberische Nematoden, welche andere Nematoden fressen, regulieren die Populationsgrösse. So kann beispielsweise ein Zuviel an Bakterienfressenden Nematoden schädlich sein, falls die Bakterienanzahl so stark reduziert wird, dass diese ihre Funktion (Unterdrückung von Krankheiten, Nährstoffretention, Aufbau von Bodenaggregaten) nicht mehr erfüllen können. Das Wachstum nützlicher Nematoden beginnt erst, wenn die Komposttemperatur unter 45° C gesunken ist. Zudem werden räuberische sowie die meisten pilzfressenden Nematoden getötet, wenn der Kompost zu oft gewendet wird. Um folglich eine möglichst hohe Nematoden Zahl im Kompost anzusiedeln, sollte der nach dem Absinken der Temperatur unter 45° C für mindestens zwei bis drei Wochen ungestört reifen.

1.4.6.4. Bakterien

In einem guten Komposttee sind pro Milliliter rund eine Milliarde Bakterien enthalten und die meisten davon sind für das Pflanzenwachstum nützlich (Ingham, 2003). Wie in Tabelle 3 ersichtlich, haben Komposttees aus unterschiedlichen Quellen alle eine hohe Bakterien-Diversität. Wie auch bei den Pilzen konkurrieren die nützlichen Bakterien mit den krankheitserregenden Organismen um Nahrung und Platz auf der Pflanzenoberfläche.

Bakterien produzieren Klebstoffe, dank welchen sie fest auf der Blatt- oder Wurzeloberfläche haften (Ingham, 2003). So gehen die in ihnen enthaltenen Nährstoffe nach ihrem Absterben nicht verloren, sondern stehen der Pflanze zur Verfügung. Mengenmässig besetzen Bakterien den grössten Teil der Blatt- oder Wurzeloberfläche und können folglich am besten die Platzhalterfunktion einnehmen und mit krankheitserregenden Organismen um Nahrungsressourcen konkurrieren. Zu den vier wichtigsten Funktionen der Bakterien zählt (Ingham, 2003):

1. Retention von Nährstoffen wie P, S, Ca und Fe, sowie mit der Ausnahme einiger Gruppen⁴ auch N.

⁴ Nitrifizierende und ammonifizierende Bakterien nutzen N als Elektronenakzeptoren respektive -donatoren

2. Wie auch Pilze sind Bakterien am Abbau pflanzentoxischer Materialien und Pflanzenreste beteiligt, jedoch zersetzen Bakterien die wenig persistenten Stoffe.
3. Bakterien bilden jene Bausteine, welche von den Pilzen zum Aufbau der Aggregatstruktur zusammengeklebt werden.
4. Durch diesen Beitrag am Aufbau der Aggregatstruktur wird die Wasserspeicherkapazität des Bodens verbessert.

Wie auch bei den Pilzen ist die Diversität der Bakterien im Komposttee entscheidend, damit bei den vorherrschenden Umweltbedingungen zumindest einige ihre Funktion erfüllen können (Ingham, 2003). Der Grossteil der Bakterien verfällt nach der Applikation in einen inaktiven Zustand und wird erst wieder aktiviert, wenn die Umweltbedingungen für sie stimmen.

Tabelle 4: Artenreichtum und Diversität von Bakteriengemeinschaften in belüftetem und nicht belüftetem Komposttee (abgeändert nach: Diánez et al., 2018)

Kompost		Artenreichtum (R') ⁵	Diversität (H') ⁶
<hr/>			
aus Pilzsubstrat			
	belüftet	34	3.14
	nicht belüftet	32	2.86
<hr/>			
aus Traubentrester			
	belüftet	43	3.03
	nicht belüftet	41	2.81
<hr/>			
aus Ernterückständen von Gewächshäusern			
	belüftet	43	2.83
	nicht belüftet	20	2.51
<hr/>			
Wurmkompost			
	belüftet	46	2.91
	nicht belüftet	37	2.81

Diánez et al. (2018) untersuchten die Diversität von Komposttees von Kompost aus: Pilzsubstrat, Traubentrester, Ernterückständen von Gewächshäusern und Wurmkompost. Aus diesen vier Ausgangsmaterialien erstellten sie sowohl belüftete als auch nicht belüftete Komposttees. Um die Diversität der Komposttee-Proben zu untersuchen, wurde mit DGGE-Bandenprofilen der genetische Fingerabdruck der in den Proben enthaltenen Bakterien-Individuen ermittelt. Alle Komposttees zeigten bezüglich der Bakteriengemeinschaft sowohl beim Artenreichtum und der Diversität hohe Werte und es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kompostquellen (vgl. Tabelle 4). Hinsichtlich des Artenreichtums und der Diversität hatten die belüfteten Komposttees jedoch jeweils höhere Werte als die nicht belüfteten. Zudem zeigte sich, dass die beiden Phyla *Bacteroidetes* (u.a. *Flavobacterium*) und *Proteobacteria* (u.a. *Serratia*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas* und *Enterobacte*) dominant vertreten waren. Gemäss St. Martin et al. (2020) ist die Häufigkeit der gewöhnlich vorkommenden Phyla, wie *Bacteroidetes* und *Proteobacteria* aber auch Actinobacteria und Firmicutes, von den Eigenschaften des Ausgangsmaterials und der Art des Kompostierungsverfahrens abhängig. Aufgrund der hohen Variation bei den Kompostierungsverfahren, den Ausgangsmaterialien und den abiotischen Faktoren, empfehlen St. Martin et al. (2020) nicht von einem idealtypischen Bakterien-Profil für einen guten Komposttee zu sprechen, insbesondere nicht auf Ebene der Gattungen oder Arten. Allgemein werden bis anhin jedoch die Gattungen *Bacillus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* und *Enterobacter* zu nützlichen Bakterien gezählt. Dank verschiedener nützlicher Eigenschaften gehören diese Gattungen zu den pflanzenwachstumsfördernden Rhizobakterien (PGPR; Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Otero et al., 2019). So können Arten der Gattung *Pseudomonas* beispielsweise

⁵ Der Richness Index wurde anhand der verschiedenen DGGE-Bandprofilen berechnet und gibt die Anzahl der Bakterienarten im Komposttee wieder (Fromin et al., 2002).

⁶ Mit dem Shannon-Weaver-Index kann die biologische Vielfalt ermittelt werden, wobei tiefe Werte für eine geringe und hohe für eine hohe Diversität stehen (C. E. Shannon & Weaver, 1963). $H' = -\sum P_i \ln P_i$, wobei P_i die relative Intensität vom Bandprofil i ist ($i = N_i/N$; N_i , Intensität vom Band i ; und N die Summe der Intensitäten aller Bandenprofile).

Phytohormone produzieren, sind in der Lage, Phosphat pflanzenverfügbar zu machen und besitzen ACC (1-Aminocyclopropan-1-carboxylat)-Desaminase Aktivität⁷ (Pandey et al., 2006; Patten & Glick, 2002; Shaharoona et al., 2008). Die Art *Bacillus subtilis* kann unter anderem Stickstoff fixieren und Auxine synthetisieren (Iqbal et al., 2018).

1.4.7. Die Applikation von Komposttee

Hinsichtlich der Applikation von Komposttee wird zwischen der Blatt- und der Bodenapplikation unterschieden (Ingham, 2003). Die Bodenapplikation erfolgt oft bei Gemüsekulturen, bei welchen der Komposttee direkt über die Bewässerungsanlage ausgebracht werden kann. Ingham (2003) empfiehlt zudem, dass Böden, auf welchen Krankheiten aufgetreten sind, vor einer erneuten Pflanzung mit Komposttee gewässert werden sollten. Die Blattanwendung kann mit einer normalen Feldspritze erfolgen. So können einerseits gezielt einzelne Pflanzen mit einer Rückenspritze behandelt werden oder aber ganze Felder per Traktor und einer angehängten Feldspritze. Gemäss Scheuerell und Mahaffee (2002) sei es unklar, wie sich herkömmliche Feldspritzen auf die Lebensfähigkeit der komplexen mikrobiellen Gemeinschaften im Komposttee auswirken. Ingham (2003) empfiehlt, dass bei der Applikation darauf geachtet werden soll, dass der Druck 6.9 Bar überschreitet und dass der Komposttee mit weniger als 5.5 Bar auf der Blattoberflächen auftrifft. Rückenspritzern mit einem geringen Volumen und mässigem Druck eignen sich am besten für die Applikation von Komposttee. EDAPRO empfiehlt einen maximalen Druck von 2 Bar (EDAPRO, 2021b). Bei der Blattanwendung werden nützliche Mikroorganismen auf die oberirdischen Pflanzenteile ausgebracht, wo sie mit pathogenen Mikroorganismen um Infektionsstellen oder Nahrungsquellen konkurrieren. Neben diesem mikrobiellen Effekt kommt es durch die Bereitstellung von Nährstoffen zu einer Kopfdüngung. Die Bodenapplikation bewirkt auf der Wurzeloberfläche mit einem ähnlichen Mechanismus wie auf der Blattoberfläche einen Schutz vor Schädlichen und Krankheitserregern. Zudem kommt es zu einer Verbesserung des Bodenlebens im Allgemeinen: Auswirkungen auf die Nährstoffverfügbarkeit, die Bodenstruktur, das Wasserhaltevermögen, die Wurzeltiefe sowie die Krankheitsunterdrückung. Die Wirkweise von Komposttee wird genauer im folgenden Abschnitt erläutert.

1.4.8. Wirkungsweise von Komposttee

Komposttee hat eine duale Wirkungsweise (Eudoxie & Martin, 2019; A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021). So wird zwischen der stofflichen oder direkten und der mikrobiellen, respektive indirekten Wirkung unterschieden. Diese Unterscheidung kommt von Studien, bei welchen Komposttee durch den Prozess des Autoklavierens sterilisiert wurde (Cotxarrera et al., 2002; R. Joshi et al., 2015; Pane et al., 2011, 2012; A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021; Van Beneden et al., 2010). Dabei wurde festgestellt, dass durch die Sterilisierung die krankheits- und schädlingunterdrückende Wirkung von Komposttee ausblieb, der Wachstum stimulierende Effekt jedoch weiterhin erfolgte. Neben dieser Dualität in der Wirkungsweise erfolgt die Wirkung je nach Anwendung nur im Boden (Bodenapplikation) oder durch den Abdrift bei einer Blattapplikation sowohl auf der Blattoberfläche als auch im Boden. Abbildung 5 illustriert diese Wirkungsweise von Komposttee. Im Folgenden Abschnitt wird der stoffliche sowie der mikrobielle Wirkmechanismus kurz erläutert.

⁷ Senkt den Ethylenspiegel der Pflanze und fördert dadurch das Wachstum (Shaharoona et al., 2008)

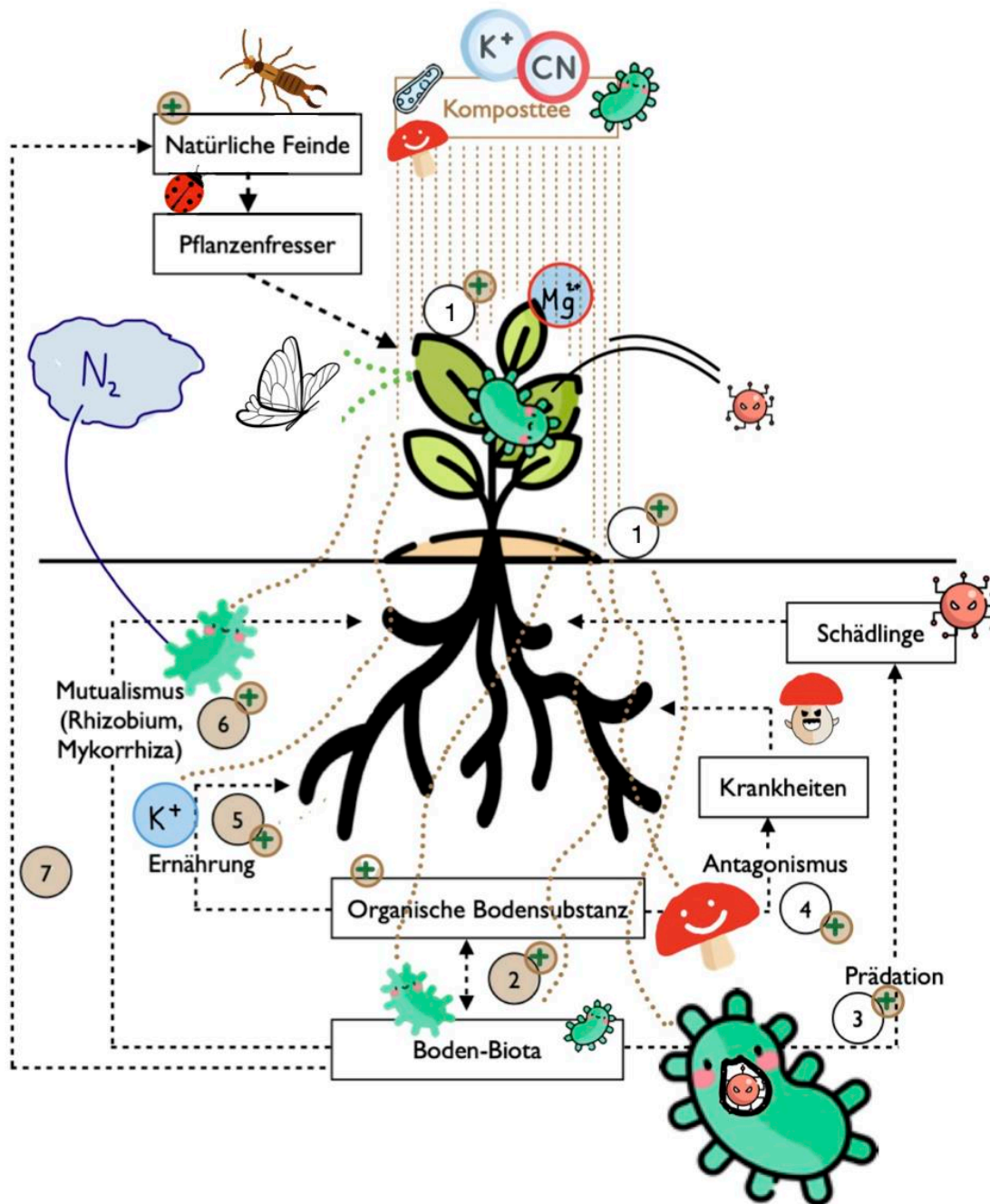


Abbildung 5: Komplexe Wechselwirkungen zwischen der ober- und unterirdischen biologischen Vielfalt in Agrarökosystemen: (1) Eine Komposttee-Applikation erhöht die Anzahl und Vielfalt an Mikroorganismen auf dem Blatt und im Boden (Boden-Biota) und hat auf das Blatt eine wachstumsstimulierende Wirkung;; (2) Die organische Bodensubstanz (OS) bietet ein Substrat für Mikro-, Meso- und Makro-Boden-Biota; (3) Prädatoren reduzieren Bodenschädlinge; (4) OS unterstützt Antagonisten, welche bodenbürtige Krankheitserreger unterdrücken; (5) langsame Mineralisierung von C und N aktiviert Gene, die Krankheitstoleranz und Langlebigkeit der Pflanzen sowie einen niedrigen Gehalt an freiem N im Laub fördern; (6) Mutualisten verbessern N-Fixierung, P-Aufnahme, Wassernutzungseffizienz usw. (7) Bestimmte wirbellose Tiere (z. B. Springschwänze) dienen natürlichen Feinden als Ersatznahrung wenn Schädlinge rar sind (Alamy Ltd., 2022; abgeändert nach Altieri et al., 2012; Freepik company, 2021)

1.4.8.1. Mikrobielle Wirkung

Die mikrobielle Wirkung umfasst die Mechanismen, bei welchen die im Komposttee vorhandenen Mikroorganismen die Gesundheit und das Wachstum der Pflanzen fördern (Eudoxie & Martin, 2019). Wie bereits oben erwähnt zeigte die Forschung, dass diese mikrobielle Wirkung vor allem eine krankheits- und schädlingsunterdrückende Wirkung hat (Simsek Ersahin et al., 2009; Szczech, 1999). Im Folgenden wird die mikrobielle Wirkung beschrieben. Dabei spielen Mechanismen wie die erhöhte Konkurrenz, die Prädation oder das gestärkte Pflanzenwachstum durch eine verbesserte Nährstoffverfügbarkeit eine wichtige Rolle.

1.4.8.1.1. Mikrobielle Aktivierung bringt zusätzliche Konkurrenz

Wie bereits erwähnt ist Komposttee reich an nützlichen Mikroorganismen (Yatoo et al., 2021). Ob die Menge an Mikroorganismen, welche mit einer typischen Dosis Komposttee ausgebracht wird, ausreicht, um das vielfältige und komplexe Mikrobiom im Boden zu dominieren, ist noch zu wenig erforscht (Carpenter-Boggs, 2005; Eudoxie & Martin, 2019; Reeve et al., 2010). So berichten beispielsweise Bali et al. (2021), dass die Anwendung von Komposttee keinen Einfluss auf die bakterielle Vielfalt oder die Struktur der Boden-Biota hatte und dass die positiven Auswirkungen möglicherweise durch andere Mikroorganismen-Gruppen (z. B. Pilze, Protisten und Nematoden) verursacht werden. Amen und Kolleg:innen (2016) hingegen beobachteten, dass im Boden die Populationen von Bakterien, aeroben N₂-fixierenden Bakterien und Pilzen durch signifikant beeinflusst wurden. Sicher ist jedoch, dass die gewisser der ausgebrachten nützlichen Mikroorganismen, die Aktivitäten der nützlichen autochthonen Boden-Biota unterstützt (Natarajan, 2003). Es mangelt jedoch noch an Wissen, wie lange die durch den Komposttee injizierten Mikroorganismen überleben und ob sie sich erfolgreich etablieren können (Bali et al., 2021). Feststeht jedoch, dass je grösser die Biomasse nützlicher Mikroorganismen, desto erfolgreicher können sie mit schädlichen Mikroorganismen konkurrieren und desto effizienter ist deren Unterdrückung (Yatoo et al., 2021). So produzieren beispielsweise unter eisenlimitierenden Bedingungen einige nützliche Mikroorganismen eisenhaltige Liganden, welche die Verfügbarkeit von Eisen für pathogene *Pythium* Arten reduzieren (Srivastava et al., 2010). Auch beim nicht pathogenen *Fusarium oxysporum* ist die Konkurrenz um Platz und Nährstoffe der Hauptmechanismus in der Bekämpfung von *Verticillium dahlia* (Pantelides et al., 2009). Schlussendlich ist es auch bei den Schlauchpilzarten der Gattung *Trichoderma* die Konkurrenz um Nährstoffe, welche sie in der Landwirtschaft zu beliebten Organismen für die Kontrolle von Krankheitserregern macht (Abdelrahman et al., 2016; Jogaiah et al., 2013; Stewart & Hill, 2014). Während die oben erwähnten Mechanismen die Wirkung im Boden beschrieben, kommt es bei einer Blattapplikation zu ähnlichen Wirkungsweisen auf der Blattoberflächen (El-din & Hendawy, 2010). So besiedeln durch die Applikation nützliche Mikroorganismen die Blattoberfläche, wo sie ebenfalls mit Krankheitserregern konkurrieren. Um bei der Blattapplikation eine zufriedenstellende Wirkung zu erzielen, muss darauf geachtet werden, dass es zu einer guten Benetzung der Blattoberfläche kommt (Ingham, 2003). So sind Mikroorganismen auf der Blattoberfläche häufig durch Wasser- oder Nährstoffmangel eingeschränkt (Andrews & Harris, 2000). Für eine erfolgreiche Konkurrenzierung schädlicher Organismen, sollten wenn möglich alle Infektionsstellen auf dem Blatt von Nützlingen besetzt sein, so dass Schädling keine freie Stelle vorfinden.

1.4.8.1.2. Induzierte Resistenz durch nützliche Mikroorganismen

Zusätzlich zur Konkurrenz können gewisse nützliche Mikroorganismen bei der Pflanze ebenfalls eine Resistenz gegenüber verschiedenen Krankheitserregern induzieren (Barman et al., 2013). Diesen Mechanismus, bei welchem eine Pflanze durch eine Stimulierung eine frühere oder auf einem höheren Niveau wirksame Resistenz gegenüber einem Krankheitserreger aufweist nennt man induzierte systemische Resistenz (Van Loon, 2000). Als Beispiel dafür gilt, die Resistenz von Nutzpflanzen gegen *Phytophthora* Arten und *Botrytis cinerea*, welche durch Arten der Gattung *Trichoderma* verstärkt wurden (Hoitink et al., 2006; Horst et al., 2005).

1.4.8.1.3. Erhöhte Prädation und Hyperparasitierung

Neben der Induktion einer systemischen Resistenz und der Konkurrenz um Nährstoffe, erhöht sich mit einer Komposttee Applikation auch die Anzahl und die Vielfalt an räuberischen Organismen und Hyperparasiten (Yatoo et al., 2021). So fressen räuberische Nematoden beispielsweise unter anderem schädliche Bakterien, Pilze und Nematoden (Renčo & Kováčik, 2015; You et al., 2018). Hyperparasiten sind Parasiten, welche Parasiten erster Ordnung parasitieren (Hoitink & Grebus, 1997). Zu solchen Hyperparasiten zählen *Rhizoctonia solani* oder *Trichoderma harzianum* (Benhamou N & Chet I, 1997; Benítez et al., 2005; Hoitink et al., 1996).

1.4.8.1.4. Produktion toxischer Stoffe

Ferner produzieren gewisse durch den Komposttee eingebrachte Mikroorganismen (wie *Bacillus subtilis*, *Gliocladium virens* und *Trichoderma harzianum* sowie Arten der Gattungen *Enterobacter*, *Pseudomonas*) Enzyme oder Antibiotika, welche das Wachstum, die Entwicklung und die Vermehrung verschiedener Pflanzen Pathogene beeinträchtigen (W. Brinton & Droffner, 1995; C. A. Edwards et al., 2004; Z. A. Siddiqui & Mahmood, 1999; Suárez-Estrella et al., 2007; Vinale et al., 2009).

1.4.8.1.5. Förderung der Pflanzengesundheit

Neben diesen direkten Wirkungen auf die Pflanzengesundheit wirkt Komposttee auch indirekt, indem er die für ein gesundes Pflanzenwachstum erforderlichen Bedingungen verbessert (Yatoo et al., 2021). So wird der Boden durch das Einbringen von Mikroorganismen zusätzlich belebt, was die Verfügbarkeit von im Boden immobilisierten Nährstoffen erhöht (Yatoo et al., 2020, 2021). Dies führt zusätzlich zur bereits besprochenen stofflichen Wirkung von Komposttee zu einer besseren und gesünderen Ernährung der Pflanzen, was ihr Potenzial zur Abwehr von Schädlingsbefall erhöht (Arancon et al., 2006; Ramesh, 2000). Während die Düngung mit schnell verfügbarem synthetischem Stickstoff durch die Anhäufung von zellulärem N zu einem ungesund raschen vegetativen Wachstum führt, bewirkt ein langsam durch Mikroorganismen freigesetzter N eine ausgewogene Aufnahme, wodurch die Pflanzen eine stabilere Zellstruktur besitzen und einen verbesserten Phenolgehalt aufweisen, was sie weniger anfällig für Schädlingsbefall macht (Altieri et al., 2012; Pathma & Sakthivel, 2012; Patriquin et al., 1995). Eine ausgewogen ernährte Pflanze kann ebenfalls eine dickere Kutikula ausbilden, wodurch sie vor mechanischen Angriffen sowie mikrobiellen Infektionen besser geschützt ist (Eudoxie & Martin, 2019). Wie im Abschnitt 1.4.6. erläutert, sind Pilze und Bakterien für eine stabile Aggregatstruktur des Bodens von zentraler Bedeutung. Diese Aggregatstruktur wiederum hat grossen Einfluss auf das Porensystem und die Durchwurzelbarkeit des Bodens (Kulli et al., 2019). Zwischen den Aggregaten sorgen grobe Sekundärporen für ein besseres Wasserhaltevermögen sowie für eine Erweiterung des durchwurzelbaren Bodenvolumens. Weitere positive Effekte dieser Aggregatstruktur sind mechanisch stabilere und auch weniger erosionsanfälliger Böden.

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurde in zahlreichen Studien die Pflanzengesundheit fördernde und krankheitsunterdrückende Wirkung von Komposttee untersucht (Yatoo et al., 2020, 2021). Etliche Autor:innen beschreiben eine positive Wirkung von Komposttee und wenige konnten keine Wirkung beobachten (C. St. Martin, 2015). In Tabelle 5 ist eine Übersicht zu Studien, welche die Wirksamkeit von Komposttee zur Unterdrückung von Krankheiten untersuchten.

Tabelle 5: Übersicht zu Studien zur krankheitsunterdrückenden Wirkung von belüftetem Komposttee abgeändert nach (J. G. Fuchs et al., 2004; C. St. Martin, 2014)

In-vitro-, Gewächshaus- und/oder Containerversuche zur Wirkung von Komposttee bei verschiedenen Kulturen			
Pflanze	Phytopathogene (Krankheit)	Kontrolle ⁸	Quelle
Blaubeere	<i>Monilinia vaccinii-corymbosi</i>	–	(McGovern et al., 2012)
Blaubeere	<i>M. vaccinii-corymbosi</i>	–	(McGovern et al., 2012)
Melone	<i>Golovinomyces cichoracearum</i>	+	(Naidu et al., 2012)
Gurke	<i>Puccinia xanthii</i>	+	(Tateda et al., 2007)
Gurke	<i>Pythium ultimum</i>	+	(S. Scheuerell & Mahaffee, 2004)

⁸ + Behandlung zeigt statistisch weniger Krankheitsfälle ($\geq P=0,05$) als die Kontrollbehandlung; – Behandlung kein Unterschied zur Kontrollbehandlung.

In-vitro-, Gewächshaus- und/oder Containerversuche zur Wirkung von Komposttee bei verschiedenen Kulturen

Pflanze	Phytopathogene (Krankheit)	Kontrolle ⁹	Quelle
Geranie	<i>Botrytis cinerea</i>	+	(S. Scheuerell & Mahaffee, 2006)
Gerste	<i>Erysiphe graminis</i>	+	(Budde & Weltzien, 1988)
Kartoffeln	<i>Phytophthora infestans</i> (Kraut- und Knollenfäule)	+	(Al-Mughrabi, 2007)
Paprika	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phytophthora capsici</i>	+	(González-Hernández et al., 2021)
Tomate	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Pythium debaryanum</i> , <i>P. aphanidermatum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	+	(Dukare et al., 2011)
Tomate	<i>B. cinerea</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	+	(Pane et al., 2012)
Weizen	<i>Tilletia caries</i>	+	(Becker & Weltzien, 1993)

Feldversuchen zur Wirkung von Komposttee gegen Blatt- und Fruchtkrankheiten bei verschiedenen Kulturen

Pflanze	Phytopathogene (Krankheit)	Kontrolle	Quelle
Apfel	<i>Venturia inaequalis</i> (Apfelschorf)	–	(Granastein, 1999)
Erdbeere	<i>B. cinerea</i> (Grauschimmel)	+	(Welke, 2004)
Okra	<i>Choanephora cucurbitarum</i>	+	(Y. Siddiqui, Meon, Ismail, & Ali, 2008)
Rebe	<i>B. cinerea</i> (Grauschimmelfäule)	+	(K. J. Evans et al., 2013)
Rebe	<i>Erysiphe necator</i> (Echter Mehltau)	+	(K. J. Evans et al., 2013)
Rose	<i>Sphaerotheca pannosa</i> (Echter Mehltau)	+	(S. J. Scheuerell & Mahaffee, 2000)

Feldversuchen zur Wirkung von Komposttee gegen bodenbürtige Krankheiten bei verschiedenen Kulturen

Pflanze	Phytopathogene (Krankheit)	Kontrolle	Quelle
Agrostis	<i>Sclerotinia homoeocarpa</i> (Dollarflecken-Krankheit)	+	(Kelloway, 2012)
Apfel	Komplex v. Phytopathogenen (Bodenmüdigkeit)	+	(van Schoor et al., 2009)
Kartoffeln	<i>Rhizoctonia solani</i> (Stängelfäule)	+	(Larkin, 2008)
Kartoffeln	<i>Streptomyces scabiei</i> (Gewöhnlicher Schorf)	+	(Larkin, 2008)
Reis	<i>Fusarium moniliforme</i> (Fusspilz)	+	(Manandhar & Yami, 2010)
Reis	<i>F. moniliforme</i> (Fusspilz)	+	(Manandhar & Yami, 2010)
Tomate	<i>Fusarium oxysporum</i> spp.	+	(D. Xu et al., 2012a)

Einzig in den Studie von Xu et al. (2012b) und Pereira et al. (2021) wird von einer direkten schädlingsunterdrückenden Wirkung von Komposttee gesprochen. So bewirkte eine Komposttee Applikation bei Tomaten beziehungsweise Tomaten und Paprika eine Reduktion im Befall durch Wurzelnekrotomyzeten.

1.4.8.2. Stoffliche Wirkung

Gemäss Budde und Weltzien (1988) zeigten Autoklavierungs-Versuche, dass die wachstumsstimulierende Wirkungsweise vom Komposttee durch die Sterilisierung nur um 20 -30 % reduziert wurde. Dementsprechend sind die im Komposttee vorhandenen Makro- und Mikronährstoffen wie N, P, K, Kalzium, Bor und Magnesium, aber auch Huminsäuren und Phytohormone wie Gibberelline und Auxine sowie frische und hoch konzentrierte Vitamine zu 70-80 % für den Stimulanz Effekt von Komposttee verantwortlich (Eudoxie & Martin, 2019; A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021; Yattoo et al., 2020). Diese Stoffe werden sowohl bei der Kompostherstellung als auch beim Brauprozess synthetisiert und in den Komposttee extrahiert. Die löslichen Nährstoffe können von der Pflanze direkt über die Blatt-oder Wurzeloberfläche aufgenommen werden, was einen kurzfristigen Energieschub bewirkt (O'Rell, 2006; Zaccardelli et al., 2018). (Eudoxie & Martin, 2019). (Zaccardelli et al., 2018). Folglich kann der stoffliche Effekt mit der stimulierenden Wirkung einer Düngung verglichen werden. Im Abschnitt 1.4.8.1. wurde gezeigt, dass verschiedene Autoren die schädlingsunterdrückende Wirkung von Komposttee allein den im Komposttee enthaltenen Mikroorganismen zuschreiben. Dahingegen mutmassen Edwards et al. (2010), dass für die Reduktion schädlicher Insekten und Nematoden auch phenolische Substanzen im Komposttee verantwortlich sein könnten. So wirken Pflanzenteile, welche phenolische Substanzen enthalten, abstossend auf Schädlinge, weshalb sie von Pflanzen auch selber zur Abwehr synthetisiert werden (Barman et al., 2013; C. A. Edwards & Heath, 1962, 1962). Diese wässerigen phenolischen Substanzen werden beim Brauprozess

⁹ + Behandlung zeigt statistisch weniger Krankheitsfälle ($\geq P=0,05$) als die Kontrollbehandlung; – Behandlung kein Unterschied zur Kontrollbehandlung.

aus dem Kompost extrahiert und nach der Applikation von den Pflanzen in ihr Gewebe aufgenommen, was diese danach vor dem Befall durch Schädlinge schützt. Gemäss (Rodríguez-Kábana, 1986) wirken auch weitere im Komposttee enthaltene Stoffe wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Nitrate auf gewisse Schädlinge toxisch. In Tabelle 6 folgt eine Übersicht zu Studien, welche den Dünges Effekt von Komposttee beobachteten.

Tabelle 6: Tabelle 3: Übersicht zu Studien zur Düngewirkung von belüftetem Komposttee (eigene Darstellung)

Pflanze	Beobachteter Effekt	Kontrolle ¹⁰	Quelle
Borretsch	Pflanzenhöhe, Gewicht, Anzahl Zweige und Ableger	+	(El-din & Hendawy, 2010)
<i>Centella asiatica</i>	Vegetatives Wachstum, Ertrag und Gehalt an Antioxidantien	+	(Y. Siddiqui et al., 2011)
Erdbeeren	Ertrag	+	(Welke, 2004)
Kartoffeln	Knollenertrag	+	(El-Tantawy et al., 2009)
Linsen	Keimung, Knöllchenbildung, Wachstum, Ertrag und Eiweissgehalt	+	(Ali et al., 2018)
Orange	Ertrag, Fruchtgewicht und Vitamin C	+	(Omar et al., 2012)
Paprika	Ertrag (Früchte/Pflanze, nicht aber das Gewicht)	+	(Zaccardelli et al., 2018)
Zuckermelone	Durchmesser, Fruchtgewicht und -grösse	+	(Naidu et al., 2013)
Zuckerrüben	Ertrag und Saftqualität	+	(El-Gizawy et al., 2014)
Zwiebeln	Gewicht und Höhe	+	(El-Shaieny et al., 2022)

Wie zu Beginn erwähnt, werden Komposttee oder Komposttee ähnliche Extrakte in vielen Kulturen weltweit angewendet (Ingham, 2003). Gemäss Eudoxie und Martin (2019) wirken die stofflichen Vorteile von Komposttee sowie die mikrobielle Verfügbarmachung von Nährstoffen vor allem in nährstoffarmen Böden. Dies trifft vor allem auf bereits stark verwitterte Böden der Tropen und Subtropen zu. Dementsprechend kommen viele Studien zum Nutzen von Komposttee aus Indien oder Ägypten (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021).

¹⁰ + Behandlung hat bezogen auf den beobachteten Effekt, statistisch ($\geq P=0,05$) bessere Werte als die Kontrollbehandlung

2. Material und Methoden

Für die vorliegende Studie wurde im Jahr 2021 ein Feldversuch mit Rosenkohl und den zwei Anbauvarianten Komposttee und Düngung nach Entzug mit Hilfsstoffen der biologischen Produktion auf dem Gelände der Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil durchgeführt. In den folgenden Abschnitten wird unter anderem erläutert, weshalb gerade Rosenkohl als Kultur ausgesucht wurde, welchen Kompost die Gründer der Firma EDAPRO als besonders geeignet für die Herstellung eines Komposttees erachten und wie die Daten für die vorliegende Arbeit erhoben und ausgewertet wurden.

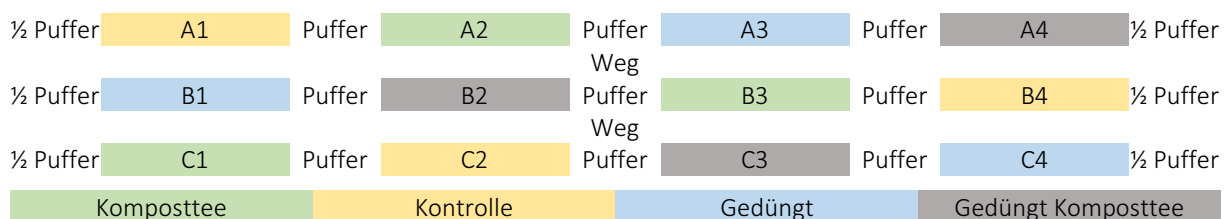
2.1. Kulturwahl

Rosenkohl wurde aus unterschiedlichen Gründen als zu untersuchende Kultur gewählt. Rosenkohl ist eine Kultur mit einer hohen Stickstoffverwertung (Mills, 2001; Smit et al., 1995). Vom Wurzelballen, welcher bis in eine Tiefe von 1 Meter wurzelt, befindet sich ein Grossteil in den obersten 5 - 10 cm. Dadurch kann zum einen der Dünge-Effekt von Komposttee gut beobachtet werden. Zum anderen kann dank der oben beschriebenen Verteilung der Wurzelbiomasse durch ein Ausstechen mit dem Spaten ein beachtlicher Anteil des Wurzelballens analysiert werden. Die Vorbereitungen für die vorliegende Arbeit wurden Mitte Juni getroffen. Zu diesem Zeitpunkt war von den zur Frage kommenden Kulturen Rosenkohl jene mit der längsten Kulturdauer (Freud, 2005). Bei einer langen Standzeit kann mehrere Male Komposttee appliziert werden, was dessen Wirkung verbessert. Für den Versuch wurde die Rosenkohl-Sorte 'Marte' verwendet.

2.2. Studienaufbau

Bei der Studie werden Düngestufe «Null» (keine Düngung) und Düngestufe «eins» (organische Düngung gemäss dem Nettonährstoffbedarf von Rosenkohl) unterschieden. Die Studie besteht aus den 4 Verfahren: «Kontrolle», «Komposttee», «Gedüngt» und «Gedüngt Komposttee». Jedes Verfahren, wurde mit 3 Wiederholungen ausgeführt. Für den Versuch wurden auf einer Parzelle (176 m²) 3 Beete (A, B und C; 40 m lang und 1.2 m breit) mit 0.4 m Wegbreite angelegt. Auf den 3 Beeten wurden 12 Teilparzellen so angeordnet, dass auf jedem Beet 4 Teilparzellen (1.2 x 6 m) mit einem Pufferbereich (4 m) dazwischen zu liegen kamen (vgl. Tabelle 7 und Abbildung 6).

Tabelle 7: Versuchsanordnung – Beet-Länge 40 m, Teilparzelle 1.2 x 6 m, Weg 0.4 m, Puffer 4 m



Die Versuchsanordnung wurde in abgeänderter (nicht quadratisch) und randomisierter Form nach dem Prinzip vom lateinischen Quadrat erstellt. So wurden die Verfahren so auf die Teilparzellen verteilt, dass in jeder Reihe jedes Verfahren einmal vorkommt, die Verfahren in den 3 Reihen aber nicht an gleicher Lage positioniert sind. Die Randomisierung erfolgte mit einem Würfel, bei welchem die Zahlen 1-4 an die 4 Verfahren verteilt wurden.



Abbildung 6: Rosenkohl Versuch; links nach der Pflanzung (19.7), Mitte in Kulturwoche 4 (19.8), rechts in Kulturwoche 9 (20.9)

2.3. Versuchsfläche

Für den Versuch wurde eine Parzelle auf dem Gelände der ZHAW zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 7). Diese Fläche diente bereits für verschiedene Versuche. Vor dem Versuch der vorliegenden Studie war auf der Fläche eine Wiese eingesät. Beim Bodentyp handelt es sich um eine Braunerde (GIS-ZH, 2022).

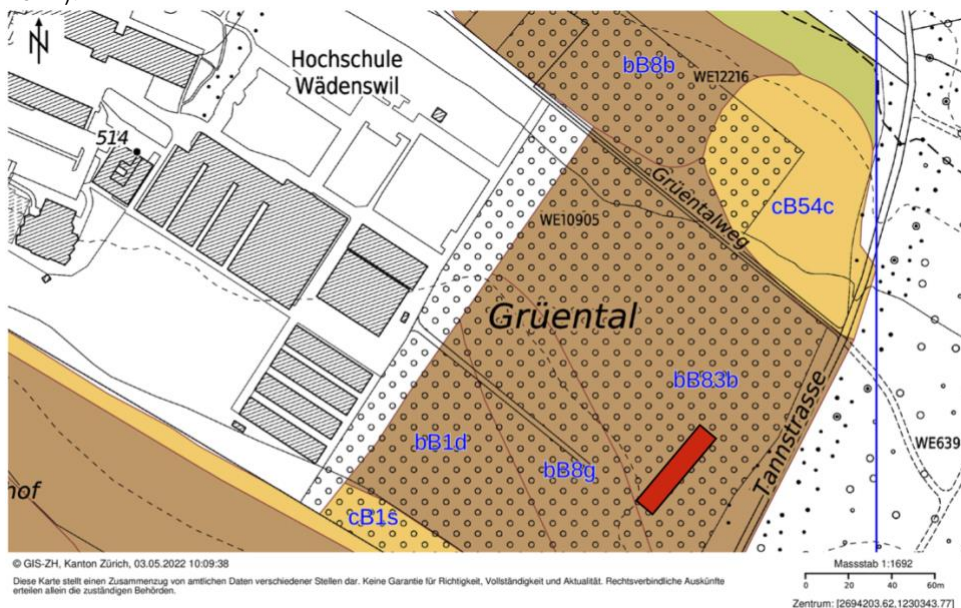


Abbildung 7: Versuchsparzelle (40 x 4.4 m) in Rot auf dem Gelände der ZHAW (GIS-ZH, 2022)

2.4. Pflanzung und Düngung

Vor der Pflanzung in der Kalenderwoche (KW) 27 wurde die Wiesenparzelle gepflügt und mit der Krümelwalze bearbeitet. Die Düngung erfolgte am selben Tag wie die Pflanzung (KW 29). Bei der Düngung wurde zunächst mit Stickstoff eine Ausgleichsdüngung gemacht, bevor die gedüngten Verfahren gemäss dem Nettonährstoffbedarf von Rosenkohl nach Neuweiler und Krauss (2017) gedüngt wurden (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Nährstoffbedarf Rosenkohl nach Fläche und Korrekturfaktor korrigiert (Neuweiler & Krauss, 2017)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Nährstoffbedarf brutto [kg/ha]	300	48	307.1	20
Nährstoffgehalt der Ernterückstände [kg/ha]	200	40	60	200
Nährstoffbedarf Netto [kg/ha]	260	50	170	5
Korrekturfaktor	1	1.1	1.2	1.4
korrigierter Nährstoffbedarf Netto [kg/ha]	260	52.5	204	6.8
korrigierter Nährstoffbedarf Netto [g/ Teilparzelle (7.2 m ²)]	187.2	37.8	146.9	4.9

Der Nettonährstoffbedarf wurde anhand der Korrekturfaktoren einer Bodenprobe der Parzelle vom 20.1.2020 korrigiert (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Bodenprobe der Parzelle vom 20.1.2020

pH	Humusgehalt	Faktor N	Faktor P	Faktor K	Faktor Mg	
6.5	schwach humos	2.4 %	1	1.05	1.2	1.35

Für die Stickstoff Ausgleichsdüngung wurden gemäss Gysi et al. (1988) in allen 12 Teilparzellen in 0-30 cm Tiefe, jeweils 12 Nmin Messungen gemacht und diese pro Teilparzelle gemittelt. Der höchste Nmin-Wert von 27 mg/L in der Teilparzelle A1 diente als Referenzwert für die restlichen Teilparzellen (vgl. Tabelle 3). Beim Boden der Parzelle handelt es sich um einen skelettarmen bis schwach skeletthaltigen (<5 - 10 %) sandigen Lehm bis Lehm (Conradin, 1996). Folglich wurde bei der Umrechnung der mg/ L Angaben in kg/ ha folgende Formel verwendet.

$$kg \text{ Nitrat-N/ha} = mg \text{ Nitrat-N/L} \times kB \times kS$$

kB	Korrekturfaktor Bodenfeuchte	feucht	=	1.45
kS	Korrekturfaktor Steinanteil	6-15 %	=	0.9

Die Nmin Werte in kg/ ha wurden in Gramm auf die Fläche der Teilparzelle (7.2 m²) heruntergerechnet (vgl. Tabelle 10). Die finale Düngung bestand bei den nicht gedüngten Verfahren lediglich aus der Nmin Ausgleichsdüngung. Bei den gedüngten Verfahren setzte sich die gedüngte Menge aus der Nmin Ausgleichsdüngung und dem korrigierten Nettonährstoffbedarf pro Teilparzelle zusammen. Für die Düngung wurden folgende, im Biolandbau zugelassenen Düngemittel verwendet: Biorga N (12% N), Rohphosphat (26 % P₂O₅) sowie Kalimagnesia (40 % K₂O und 2 % Mg) (Speiser et al., 2022).

Tabelle 10: Jeweils pro Teilparzellen: Mittelwert der Nmin Messungen in 0 - 30 cm Tiefe, Nettonährstoffbedarf (g) bei gedüngten Verfahren, erfolgte Düngung nach Düngemittel (g)

Teilparzelle		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Nmin Ausgleich (Nitrat N)	mg/ L	0	5	5	7	7	13	17	19	13	16	13	8
	g/ Teilparzelle	0	2	2	3	3	6	8	9	6	8	6	4
Düngung gemäss Nährstoffbedarf Netto (g)	N			125	125	125	125					125	125
	P ₂ O ₅			25	25	25	25					25	25
	K ₂ O			98	98	98	98					98	98
	Mg			3	3	3	3					3	3
Σ Nmin Ausgleich und Nettonährstoffbedarf (g)	N	0	2	189	190	190	193	8	9	6	8	193	191
Düngung nach Düngemittel (g)	Biorga N	0	17	1577	1585	1585	1610	67	75	50	67	1610	1593
	Kalimagnesia	0	0	367	367	367	367	0	0	0	0	367	367
	Rohphosphat	0	0	145	145	145	145	0	0	0	0	145	145

Für die Pflanzung hat die Firma Max Schwarz 400 Bio Rosenkohl Jungpflanzen der Sorte 'Marte' gratis zur Verfügung gestellt. Die Jungpflanzen wurden in KW 29 (19.7.21) in den 3 Beeten (A, B und C) in einem Abstand von 60 cm in und zwischen der Reihe, zweireihig in eine Mulchfolie gepflanzt.

2.5. Nachpflanzungen, Pflanzenschutz und Unkrautregulierung

Da die Mulchfolie ungenügend mit Erdnägeln befestigt und gespannt war, wurde sie vom Wind aufgeblasen, sodass einige Jungpflanzen kurz nach der Pflanzung unter die Folie gedrückt wurden, wo sie in Kombination mit der starken Sonneneinstrahlung verbrannten. So mussten rund 100 Setzlinge nachgepflanzt werden (21.7.21). In der zweiten Woche nach der Pflanzung (24.7.21) führte ein starkes Hagel-Ereignis bei einigen Pflanzen zu Blattschäden. Neben dem Hagel sorgten auch Schnecken für Schäden an den Rosenkohlpflanzen (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8: Schäden durch das Hagel-Ereignis (links und Mitte) und durch Schneckenfrass (rechts)

Die hohe Schnecken Abundanz ist auf die unüblich hohen Juli-Regenfälle zurückzuführen, welche als positiven Effekt für eine ausreichende Wasserversorgung der Jungpflanzen sorgten (Agrometeo, 2022). Um den Schaden durch die Schnecken gering zu halten, wurden diese zum einen abgelesen und zum anderen wurden Schneckenkörner ausgebracht. Beim Hagel-Ereignis und Schneckenfrass wurde das Ausmass des Schadens bei den einzelnen Verfahren nicht bonitiert. In der dritten Woche nach der Pflanzung, gegen Ende Juli, sorgten nebst den Schnecken auch Raupen vom kleinen Kohlweissling (*Pieris rapae*) für Schäden bei den Rosenkohlpflanzen (vgl. Abbildung 9). Auch diese wurden zunächst abgelesen. Als die von der Forschungsanstalt für biologischen Landbau (FiBL) angegebene Schadschwelle¹¹ erreicht war und der Gemüsebau-Info-Newsletter von Agroscope keine Besserung versprach, wurde im Abstand von zwei Wochen (10.9. und 27.9.21) zweimal das BIO-konforme Bt-Präparat «Delphin WT» von Andermatt Biocontrol mit einer Feldspritze (Birchmeier Akku-Rückensprünger REC 15), gemäss der Gebrauchsanleitung appliziert (Andermatt Biocontrol, 2020, 2021; Hauenstein et al., 2021; Sauer, 2021; Speiser et al., 2022).



Abbildung 9: Schaden durch *Pieris rapae* (links) *P. rapae*-Raupe (rechts) (Lindsey, 2006)

¹¹ 10-20 kleinen oder 1-4 grossen Raupen auf 10 Pflanzen (5 am Feldrand, 5 in Feldmitte)

2.6. Komposttee

Im folgenden Abschnitt wird das kurz auf das in der Arbeit verwendete Kompostmaterial eingegangen und beschrieben wie der Komposttee gebraut und appliziert wurde.

2.6.1. Kompostmaterial der vorliegenden Arbeit

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Mischung aus einem Heissrotte- und einem Wurmkompost verwendet. Der thermophile Kompost wurde von der Firma Bionika in Kleinmieten aus regionalen Rohmaterialien hergestellt (Bionika, 2022). Die Zusammensetzung besteht aus Laufstallmist, Gartenabfälle, Gras, tonhaltiger Erde, Humuskompost, Urgesteinsmehl sowie Bentonit (vgl. Tabelle 11). Die Reifephase vom Bionika Heissrotte-Kompost dauert mehr als ein Jahr, weshalb das Produkt sehr stabil ist und eine hohe Diversität an Mikroorganismen aufweist (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 2. Dezember 2021). Der Wurmkompost wurde von der Firma Fuhrers Wurmerde produziert (Fuhrer, 2022). Wurmkompost besitzt eine hohe Vielfalt an nützlichen Mikroorganismen. Durch das Mischen von Heissrotte und Wurmkompost wird die Diversität im Kompost folglich erhöht.

Tabelle 11: Zusammensetzung Kompost Nährhumus von Bionika (in Vol%) (Bionika, 2022)

Zusammensetzung für Kompostierung	In Vol%
Grüngut (Gartenabfälle, Gras)	50
Stallmist (Rinder, Pferde)	25
Tonhaltige Erde	10
Humuskompost/ Siebreste	12
Urgesteinsmehl	1.5
Bentonit E558	1.5

2.6.2. Brauen

Der Komposttee wurde im «EdaLife» Brausystem V60 von EDAPRO gemäss der Betriebsanleitung mit dem von EDAPRO gelieferten «EdaBiom Mikrobensubstrat» und der «EdaBiom+ Mikrobennahrung» gebraut (EDAPRO, 2021b). Damit der Gehalt an gelöstem Sauerstoff (DO_2) nie unter 6 mg/l fiel, wurden dazu 0.3 l «EdaBiom+» und 1.8 l «EdaBiom» verwendet. Um die Umgebungstemperatur während des Brauvorgangs möglichst auch im Herbst nahe dem Optimum (18 - 28 °C) zu halten, wurde das Brausystem in ein beheiztes Gewächshaus platziert. Rund 24 bis 48 Stunden nach dem Start wurde der Brauvorgang gestoppt und der Komposttee durch ein Sieb ab gesiebt.

2.6.3. Applikation

Der Komposttee wurde insgesamt viermal mit einem Birchmeier Akku-Rückensprüngerät (REC 15, Vollkegeldüse 0.8 mm Durchmesser) als Blattapplikation appliziert. Dazu wurde der Komposttee in einem Verhältnis von 1:2 mit Wasser vermischt. Je nach Entwicklungsstufe der Rosenkohlpflanzen wurde die applizierte Menge angepasst (vgl. Tabelle 12). Bei der Applikation wurde darauf geachtet, dass es zu einer vollständigen Benetzung der Blattober- und Unterseite kam (vgl. Tabelle 9). Die erste Applikation erfolgte ein Tag nach der Pflanzung und die 3 weiteren in einem ein-Monats-Rhythmus, sofern es die Witterung (keine starken Regenfälle nach der Applikation) zuließ. Aufgrund eines Kommunikationsproblems mit dem durchführenden Lehr- und Forschungsbetrieb erfolgte nur die 2. Applikation bei einem Maximaldruck von 2 Bar. Bei den restlichen 3 Applikationen ist es möglich, dass dieser Maximaldruck überschritten wurde.

Tabelle 12: Datum und Besonderheiten der 4 Kompostteeapplikationen

Applikation	Datum	Komposttee [l]	Wasser [l]	Besonderes
1	20.7.	0.65	1.3	Nur Blattoberseite
2	22.8.	2	4	Bei 2 Bar, Blatt Ober- und Unterseite
3	21.9.	3	6	Mit Netzmittel ¹² , Blattober- und -unterseite
4	27.10	3	6	Mit Netzmittel ¹² , Blattober- und -unterseite

2.7. Blattsaftanalyse

Die Blattsaftanalyse wurde gemäss der Anleitung von EDAPRO erstellt (EDAPRO, 2021a). Dazu wurde früh morgens vor Sonnenaufgang pro Teilfläche von den jüngsten, voll entwickelten Blättern eine Mindestmenge von 150 Gramm geerntet, trockengetupft und in einem Probebeutel gesammelt und luftdicht verschlossen. Die 12 Probebeutel wurden in einem Paket verstaut und für die Analyse an die Firma Nova Crop Control in Oisterwijk (NL) versendet. Es wurden zwei Analysen durchgeführt. Einmal kurz nachdem die ersten Blätter voll entwickelt waren (30.9.21) und einmal einen Tag vor der Ernte (3.1.22). Analysiert wurden die Nährstoffe Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Schwefel (S), Silizium (Si), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Chlor (Cl), Zink (Zn), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Aluminium (Al), Natrium (Na), der Gesamtstickstoff sowie die Stickstoffformen Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) das K:CA-Verhältnis sowie der Zuckergehalt und der pH- und der EC-Wert. Gemäss Hegger (2021) nimmt der pH-Wert durch eine Transportzeit von 3 bis 4 Tagen um 0.1 bis 0.2 ab. Diese pH Veränderung resultiert aus der Erhöhung des Ammoniumgehalts in der Zeit zwischen der Probenahme und deren Analyse. Bei der zweiten Analyse kam es am Zoll zu einer Verzögerung, weshalb das Paket nicht nach 3 bis 4 Tagen, sondern erst nach mehr als einem Monat nach dem Versand analysiert wurde (11.2.2022). Abgesehen vom pH- und dem Ammonium-Wert sollten alle anderen analysierten Parameter von dieser Verzögerung nicht beeinflusst worden sein (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 14. Februar 2022).

2.8. Rosenkohlernte

Die Rosenkohlernte erfolgte am 4.1.22. (KW 1) Für die Ernte wurde teilparzellenweise vorgegangen. Dazu wurden die Stängel der Rosenkohlpflanzen 2 cm über dem Boden mit einer Heckenschere abgetrennt. Danach wurden alle Blätter entfernt, um das Ablösen der Röschen zu erleichtern. Die Röschen wurden pro Teilparzelle in einer faltbaren Klappkiste gesammelt (vgl. Abbildung 10). Dabei wurden die faulen von den einwandfreien Rösschen separiert und beide separat gewogen («Erntegewicht» und «Faulgewicht»). Mit einem Doppelmeter wurde die Stängellänge bis zum Apikal-Röschen gemessen und zusammen mit seiner Position (bspw. A1 – 1 linke Reihe) in der Teilparzelle notiert (vgl. Abbildung 10).



Abbildung 10: Rudimentär von Erde befreiter Wurzelballen (links), Stängel mit Apikal-Röschen (Mitte), Rosenkohlernte (rechts)

¹² Profital Netz- und Haftmittel (Andermatt Biocontrol, 2018)

2.9. Die Rosenkohl-Wurzeln

Im Folgenden Abschnitt wird darauf eingegangen wie die Ernte der Wurzeln verlief, wie die CHN-Analyse erfolgte und was es bei der Vorbereitung der Wurzeln für die Analyse zu beachten gab.

2.9.1. Wurzelernte

Die Ernte der Rosenkohlwurzeln erfolgte am selben Tag wie die Rosenkohlernte (4.1.22). Pro Teilparzelle wurden 5 Wurzeln mit einem Spaten aus dem Boden gestochen. Dazu wurde mit dem Spaten um die noch aus dem Boden ragenden 2 cm des Rosenkohlstrunkes ein Kreis mit einem Radius von 20 cm gestochen. Danach wurde die Wurzel mit dem Spaten angehoben und durch ein behutsames Schütteln aus dem Boden herausgehoben. Die so freigelegten Wurzelballen wurden vor Ort rudimentär von der anhaftenden Erde befreit und je Teilparzelle separat in einer faltbaren Klappkiste gesammelt (vgl. Abbildung 10).

2.9.2. Wurzelwaschen, wägen, trocknen und mahlen

Für das Waschen der Wurzelballen wurden die Ballen in ein 4 mm Sieb gelegt und dieses auf ein Waschanlage-Abfluss-Gitter platziert. Danach wurde mit einer Gilmour Abspritzbrause die Erde von den Wurzeln abgesprüht. Die Wurzelteile eines so gewaschenen Wurzelballens wurden in einem eckigen 2100 ml Alubehälter gesammelt. Der Wurzelballen wurde anschliessend von den restlichen Fremdstoffen (bspw. Plastikteile, Steine, Holzstücke) entfernt. Das gesamte so gesammelte Wurzelmaterial eines Wurzelballens wurde in einem 940 ml Alubehälter bei 105°C in einem Binder Trockenschrank bis Gewichtskonstanz getrocknet. Danach wurde das getrocknete Wurzelmaterial der 5 Proben pro Teilparzelle einzeln gewogen. Die getrockneten Wurzelballen wurden pro Verfahren und Beet sortiert und fotografiert (vgl. Abbildung 11). Bei der fotografischen Dokumentation wurden die Bilder vom Beet A nur unscharf aufgenommen, weshalb sie in Abbildung 11 nicht abgebildet sind. Bedauerlicherweise habe ich beim Fotografieren vergessen, einen Doppelmeter als Referenzgrösse auf das Bild zu platzieren. Für die anschliessende CHN-Analyse wurden die 5 getrockneten Wurzelballen pro Teilparzelle zusammen in einen 2.5 l Aufbewahrungsbeutel gepackt und luftdicht verschlossen, sodass 12 Mischproben entstanden.





Abbildung 11: Gewaschene und getrocknete Wurzelballen der vier Verfahren der Beete B (links) und C (rechts)

2.9.3. CHN-Analyse

Für die CHN-Analyse wurden die 12 Mischproben in einer Schwingmühle (Retsch MM400) gemäss der Betriebsanleitung pulverisiert (Retsch GmbH, 2016). Dazu wurde pro Mischprobe-Beutel ein Mahlbecher zu 1/3 des Volumens mit zerkleinerten Wurzelstücken gefüllt und bei einer Frequenz von 25 Hz für 4 Minuten gemahlen. Das pulverisierte Wurzelmaterial wurde in einem 50 mL Tube gefüllt (Wanner, 2013). Für die Anschliessende Messung von Corg und CHN im TruSpec Macro Analyser von Leco wurden von jeder der 12 Mischproben 0.1 g in eine Zinnfolie eingewogen. Anschliessend wurde die Mischproben einmal nach dem organischen Kohlenstoff (Corg) bei 550 °C sowie einmal nach dem totalen Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalt (Ctot, Htot und Ntot) bei 950 °C gemäss der Betriebsanleitung analysiert (Leco, 2011).

2.10. Bonitierung

Der Befall durch den Kleinen Kohlweissling (*Pieris rapae*) wurde anhand einer Notenskala von 1 bis 9 bonitiert, wobei die 1 für keinen Befall steht und die 9 für einen sehr hohen Befall. Diese Bonitierung erfolgte am 20.9.21. Der Pilzbefall der Rosenkohl Röschen wurde direkt bei der Ernte (4.1.22) ebenfalls mit einer neuer Notenskala bonitiert. Für die Diagnose der Pilzkrankheit wurde von einem mit Pilz befallenen Blatt ein Foto gemacht sowie eine Blattprobe entnommen. Die Blattprobe wurde unter dem Mikroskop analysiert und fotografiert (vgl. Abbildung 12). Nachdem die eigene Analyse zu keinem eindeutigen Ergebnis gekommen ist, wurden das Fachwissen von zwei Expert:innen der ZHAW und der Agroscope Wädenswil (Dr. Ester Fischer, ZHAW IUNR und Dr. Matthias Lutz, Agroscope Wädenswil Extension Gemüsebau) konsultiert. Beide Expert:innen meinten, dass es sich sicher um *Botrytis* handelt und dass aber vermutlich auch noch weitere Pilze auf dem Blatt zu finden sind.



Abbildung 12: Pilzbefall der Röschen (links und Mitte) befallenes Blattgewebe unter dem Mikroskop (rechts)

2.11. Statistik

Die Daten wurden mit der Software Microsoft Excel 2021 (Version 16.56) verwaltet. Für die statistische Auswertung wurde R Studio Version 1.4.1717 verwendet (R Core Team, 2022). Zunächst wurden die Daten mit dem Shapiro–Wilk–Test auf die Normalverteilung der Residuen geprüft (J. P. Royston, 1982b, 1982a; P. Royston, 1995). War dies der Fall, so wurden die Daten mit dem Bartlett-Test auf ihre Varianzhomogenität getestet (Bartlett & Fowler, 1937). Wurden diese beiden Voraussetzungen erfüllt, so wurde eine parametrische einfaktorielle Varianz-Analyse durchgeführt und mit ANOVA überprüft, ob sich die Mittelwerte der verschiedenen Verfahren signifikant unterscheiden (J. M. Chambers et al., 1992). Als Post-hoc Test zum Vergleich der Mittelwerte wurde der Tukey-HSD Test verwendet (Mendiburu, 2021).

Wurde die Voraussetzung für Normalverteilung und Varianzhomogenität nicht erfüllt, so wurde mit dem Kruskal-Wallis Test getestet, ob sich die verschiedenen Verfahren signifikant unterscheiden (Hollander et al., 2015). Um den Mittelwert der verschiedenen Verfahren paarweise zu vergleichen, wurde der ebenfalls parameterfreie Wilcoxon Test mit der Bonferroni-Methode verwendet (Mendiburu, 2021). Als statistisch signifikant wurden Werte mit einem Signifikanzlevel von $\alpha \leq 0,05$ definiert.

3. Resultate

In diesem Kapitel werden die Resultate der beiden Blattsaftanalysen, der Bonitierung des Schädlings- (*Pieris rapae*) und Krankheitsbefalles (*Botrytis spp.*) der Ernte und des Wurzelgewichts sowie der CHN-Analyse vorgestellt. Die Interpretation der hier vorgestellten Resultate erfolgt im anschliessenden Kapitel 4. So dient dieses Kapitel als Hilfestellung, um in der nachfolgenden Diskussion einen Überblick über die Resultate der in der Arbeit gewonnenen Daten zu haben.

3.1. Die zwei Blattsaftanalysen

Die Ergebnisse der ersten Blattsaftanalyse zeigen, dass alle Verfahren bei zahlreichen Parametern Werte über (EC, Gesamtstickstoff, Ammonium und Phosphor) oder unter (Zucker, Calcium, Natrium, Nitrat, Chlor und Molybdän) dem optimalen Bereich haben (vgl. Abbildung 13). Die NO_3^- (Nitrat) Werte sind in der Analyse zwar unter dem Optimal-Bereich, jedoch werden bei Nitrat eigentlich Werte nahe Null angestrebt. Bezogen auf den Zucker-Wert im Blattsaft zeigt sich, dass die beiden Komposttee-Verfahren im Median einen tieferen Wert haben als die beiden unbehandelten Verfahren (vgl. Abbildung 14). Bei anderen Parametern gibt es Unterschiede zwischen den Verfahren (pH, Magnesium, Mangan, Zink, Kupfer, und Schwefel).

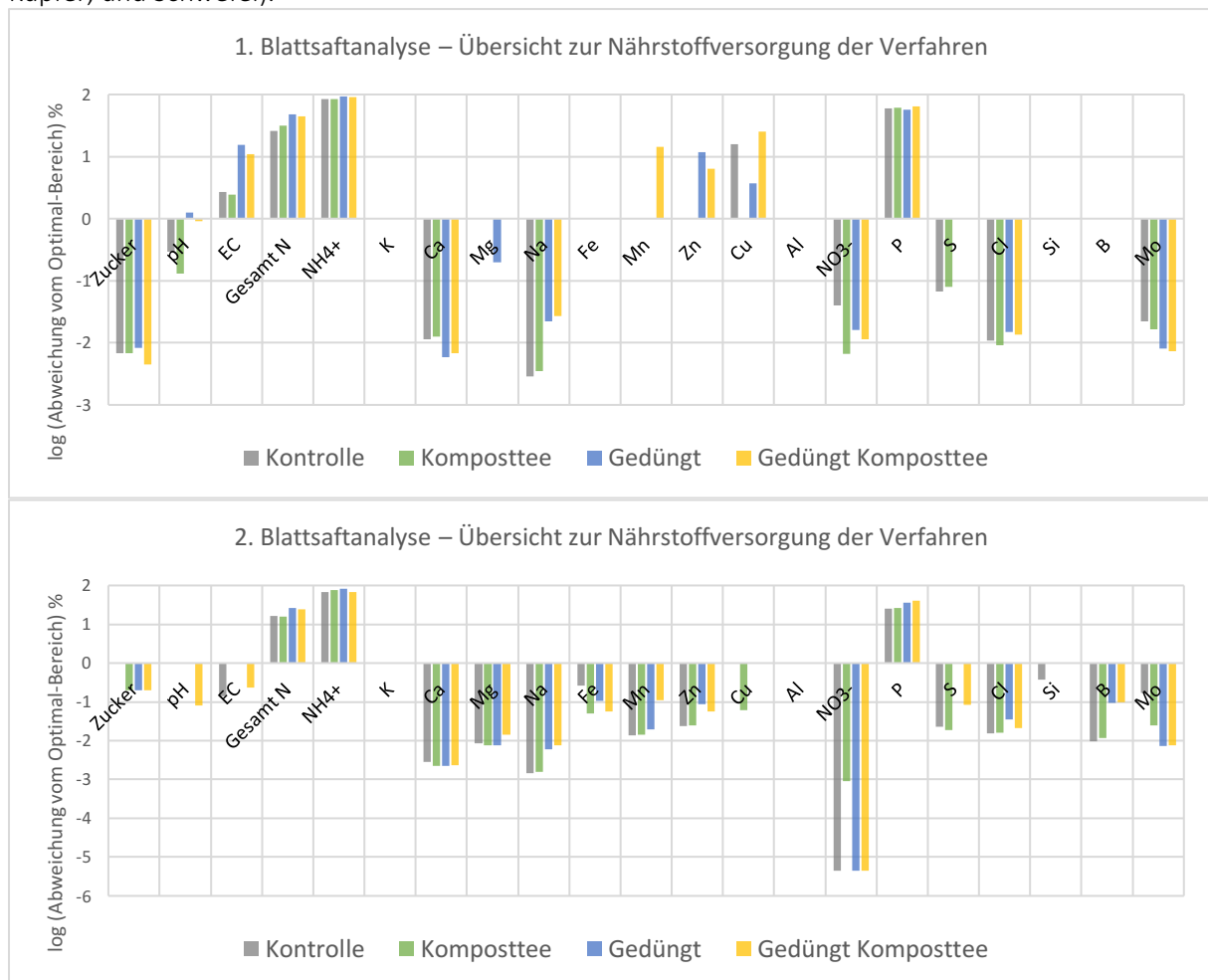


Abbildung 13: Übersicht zur Nährstoffversorgung der unterschiedlichen Verfahren anhand der Resultate der 1. und 2. Blattsaftanalyse – logarithmierte positive bzw. negative Abweichung des Mittelwertes vom Nova Crop Kontroll Optimal-Bereich (0) in %. Bei Nitrat (NH_3^-) besteht gemäss dem von Nova Crop Kontroll empfohlenen Optimal-Bereich eine negative Abweichung, jedoch wird für Nitrat grundsätzlich ein Wert nahe Null empfohlen. Elektrische Leitfähigkeit (EC), Gesamtstickstoff (Gesamt N), Aluminium (Al), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Ammonium (NH_4^+), Chlor (Cl), Schwefel (S), Phosphor (P), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Silizium (Si), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo)

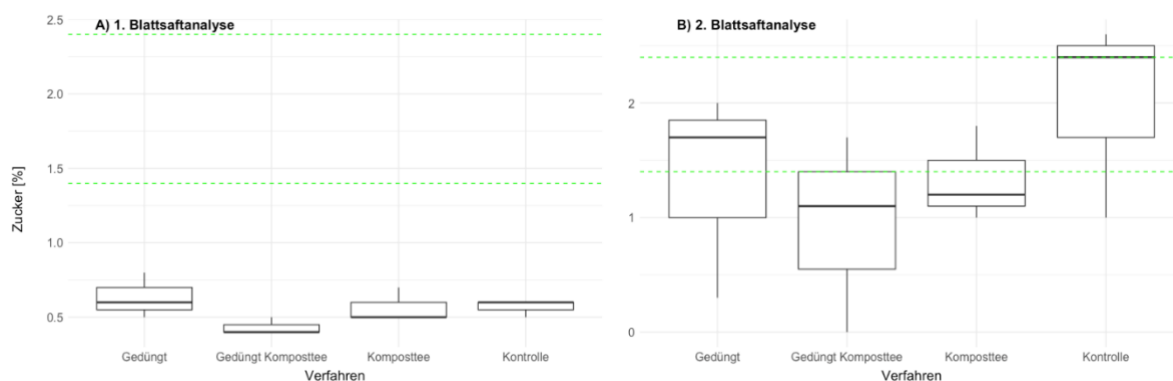


Abbildung 14: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Zucker-Wert [%] der 1. (A) und 2. Blattsaftanalyse (B). Die grüne Linie zeigt den optimalen Bereich für den jeweiligen Wert.

Auch bei den Ergebnissen der zweiten Blattsaftanalyse haben die Verfahren bei den ähnlichen Parametern Werte über (gesamt N, NH₄⁺ und P) und bei deutlich mehr Parametern (Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, NO₃⁻, Cl, B und Mo) Werte unter dem optimalen Bereich. Wie auch bei der ersten Analyse haben gewisse Verfahren bei einigen Parametern (Zucker, pH, EC, Cu, S und Si) zu tiefe Werte und andere Verfahren solche im optimalen Bereich. In Abbildung 14 ist der Median der Zucker-Werte abgebildet. Beim Mittelwert der vier Verfahren zeigt sich, dass einzig das Verfahren «Kontrolle» keinen zu tiefen Zucker-Wert hat (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Vergleich der vier Verfahren auf den Zucker-Wert [%] bei der 1. Und 2. Blattsaftanalyse

Verfahren	Zucker-Wert [%]	
	1. Blattsaftanalyse	2. Blattsaftanalyse
Gedüngt	0.63	1.33
Gedüngt Komposttee	0.43	0.93
Komposttee	0.57	1.33
Kontrolle	0.57	2

Zudem zeigt sich, dass sich die Nährstoffversorgung zwischen der ersten und der zweiten Analyse bei den gedüngten Verfahren geringfügig verbessert hat, wohingegen sie sich bei den ungedüngten Verfahren leicht verschlechterte (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Vergleich der zweiten mit der ersten Blattsaftanalyse; (+) Verbesserung (-) Verschlechterung (0) gleich. Elektrische Leitfähigkeit (EC), Gesamtstickstoff (Gesamt N), Aluminium (Al), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Ammonium (NH₄⁺), Chlor (Cl), Schwefel (S), Phosphor (P), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Silizium (Si), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo)

Verfahren	N																	Total				
	Zucker	pH	EC	gesamt	Al	K	Ca	Mg	Na	NH ₄	Cl	S	P	Fe	Mn	Zn	Si	B	Cu	Mo	+	-
Kontrolle	+	+	-	+	0	0	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	8	10
Komposttee	+	+	+	+	0	0	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	0	-	-	+	8	9
Gedüngt	+	+	+	+	0	0	-	-	-	+	+	0	+	-	-	-	0	-	+	0	8	7
G. + Komposttee	+	-	+	+	0	0	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	0	-	+	+	10	7

3.2. Schädlings- (*Pieris rapae*) und Krankheitsbefall (*Botrytis spp.*)

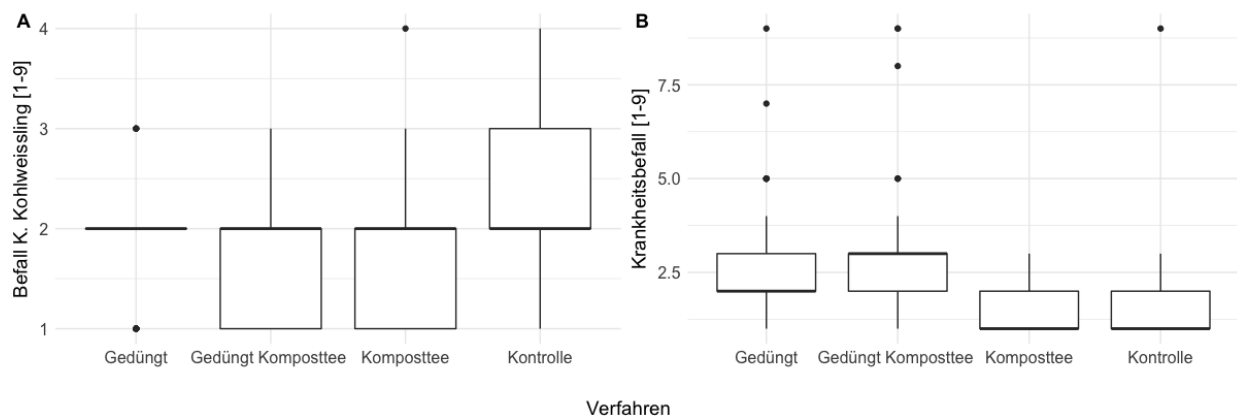


Abbildung 15: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Befall durch (A) *Pieris rapae*-Befall und (B) Krankheitsbefall (*Botrytis spp.*) auf einer Bonitierungskala von 1-9

Hinsichtlich des Befalls durch den Kleinen Kohlweissling (*Pieris rapae*) ist das Verfahren «Kontrolle» signifikant ($2.158e^{-06}$ ***) stärker betroffen als die restlichen Verfahren (vgl. Abbildung 15 und Tabelle 15).

Tabelle 15: Vergleich der vier Verfahren auf den Befall durch *Pieris rapae* (Wilcoxon-Rangsummentest) und *Botrytis spp.* (Tukey) auf einer Bonitierungskala von 1-9 (Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.

Verfahren	Befall <i>Botrytis spp.</i> [1-9]	Befall <i>P. rapae</i> [1-9]
Gedüngt	2.75 a ***	1.84 a ***
Gedüngt Komposttee	2.95 a ***	1.75 a ***
Komposttee	1.30 b	1.96 a **
Kontrolle	1.54 b	2.4 b

In Bezug auf den Befall durch *Botrytis spp.* zeigt sich, dass die gedüngten Verfahren signifikant ($1.43e^{-05}$ ***) stärker und jene mit einer Komposttee-Applikation signifikant (0.003504 **) schwächer befallen sind (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Vergleich der Behandlungsmethoden «Komposttee» (Wilcoxon-Rangsummentest) und «Düngung» (Tukey) auf den Befall durch *Pieris rapae* auf einer Bonitierungskala von 1-9 (Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.

		Befall <i>P. rapae</i> [1-9]			
Komposttee	Ja	1.9 a **	Düngung	Ja	1.8 a ***
	Nein	2.1 b **		Nein	2.2 b ***

3.3. Ertrag

Im Erntegewicht der Röschen gibt es einen signifikanten ($7.73e^{-07}$ ***) Unterschied zwischen den gedüngten und den ungedüngten Verfahren (vgl. Abbildung 16A und Tabelle 17). Die Pflanzen der gedüngten Verfahren sind ebenfalls signifikant höher ($<2e^{-16}$ ***) als jene der ungedüngten Verfahren vgl. Abbildung 16B und Tabelle 17).

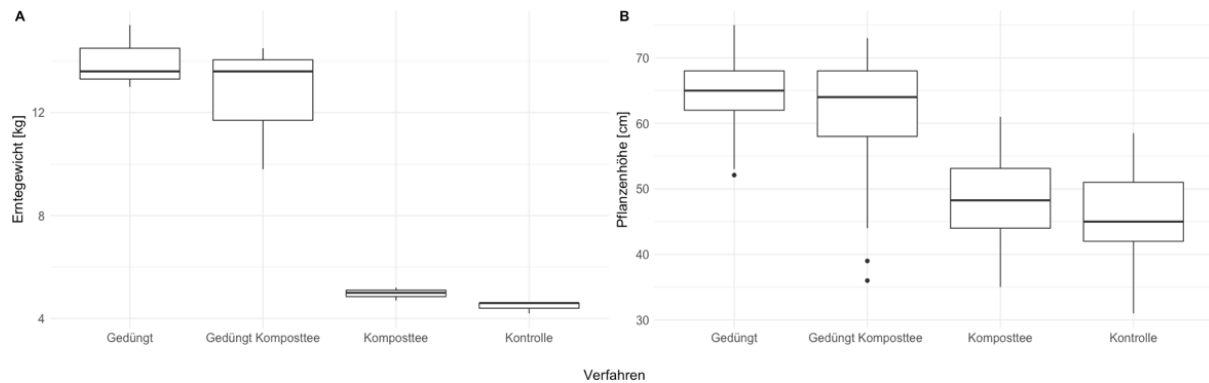


Abbildung 16: Boxplot vom Median der vier Verfahren; Erntegewicht [kg] und Pflanzhöhe [cm] der vier Verfahren

Die Unterschiede im Erntegewicht und der Pflanzhöhe zwischen den verschiedenen Verfahren sind hingegen nicht signifikant (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Erntegewicht [kg] und Pflanzhöhe [cm] der Verfahren (Tukey). Mittelwerte mit demselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Das Signifikanzniveau vom Unterschied zum anderen Buchstaben ist mit '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 angegeben.

Verfahren	Erntegewicht Mittelwert [kg]	Pflanzhöhe [cm]
Gedüngt	14.00 a ***	64.35 a ***
Gedüngt Komposttee	12.63 a ***	61.33 a ***
Komposttee	4.97 b	48.48 b
Kontrolle	4.47 b	45.61 b

3.4. Wurzelgewicht und CHN-Analyse

Im Boxplot-Diagramm sind Unterschiede im Wurzelgewicht zwischen den einzelnen Verfahren ersichtlich (vgl. Abbildung 17). Diese Unterschiede sind nicht signifikant, weder zwischen den Verfahren noch zwischen den Bearbeitungsmethoden Komposttee-Applikation respektive Düngung.

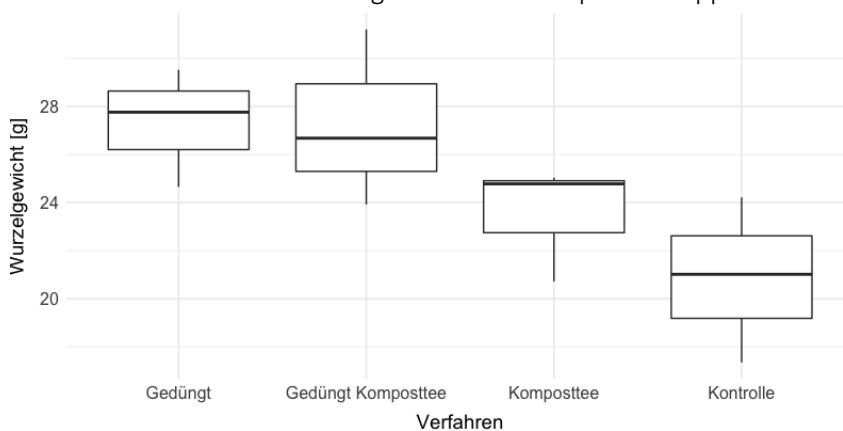


Abbildung 17: Boxplot; Wurzelgewicht [g] der vier Verfahren

Die Ergebnisse der CHN-Analyse zeigen, dass die gedüngten Verfahren einen höheren Kohlenstoffanteil (Ctot [%]) in den Wurzeln haben (vgl. Abbildung 18A). Auch beim Anteil Stickstoff (Ntot [%]) gibt es

Unterschiede. So haben die beiden gedüngten Verfahren einen signifikant (0.001892 ***) höheren Stickstoffanteil als die Kontrolle (vgl. Abbildung 18B).

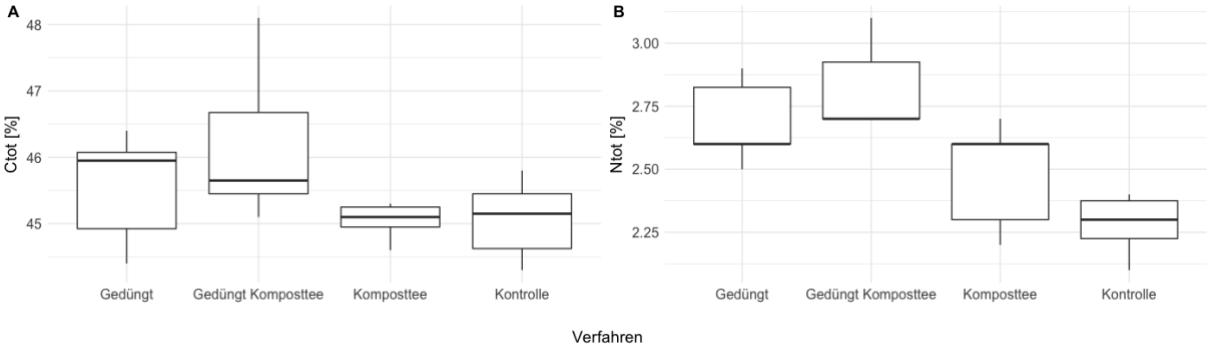


Abbildung 18: Boxplot; Kohlenstoffanteil (Ctot [%]) und Stickstoff (Ntot [%]) der vier Verfahren.

4. Diskussion

Im Folgenden werden die vier aufgestellten Hypothesen diskutiert. Dabei wird erläutert, wie verschiedene Nährstoffe teilweise in antagonistischer Wechselwirkung miteinander stehen und wie sich auf die Ernährung der Rosenkohl-Pflanze in den verschiedenen Anbauvarianten auswirkt (4.1.2). Ebenfalls werden mögliche Gründe für die niedrigen Zuckerwerte diskutiert (4.1.5) sowie Möglichkeiten besprochen, welche für den ungleichen Pilzbefall bei den verschiedenen Anbauvarianten verantwortlich sein könnten und was eine zu hohe Stickstoffversorgung damit zu tun hat (4.2). Im Abschnitt 4.3. wird der Frage nachgegangen, weshalb sich die Düngeeffekte von einer organischen Düngung und von Komposttee nicht kumulieren, bevor im Abschnitt 4.4. die Möglichkeit erörtert wird, ob Komposttee ein Mittel zum Humusaufbau ist. Zum Schluss wird eine Schlussfolgerung gezogen und ein Ausblick zu weiteren offenen Fragen zum Thema Komposttee gegeben.

4.1. Hypothese I. Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Zucker-Wert als unbehandelte Verfahren

Die Ergebnisse der Blattsaftanalyse zeigen, dass Hypothese I verworfen werden muss. So hat keines der mit Komposttee behandelten Verfahren («Komposttee» und «Gedüngt Komposttee») bei einer der beiden Blattsaftanalysen einen höheren Zucker-Wert als eines der beiden anderen Verfahren («Kontrolle» und «Gedüngt»). Bevor jedoch näher auf den Zucker-Wert eingegangen wird, werden zunächst die restlichen Ergebnisse der Blattsaftanalyse diskutiert.

4.1.1. Blattsaftanalyse

Für ein gesundes Wachstum benötigen Pflanzen 17 chemische Nährelemente (Zeng et al., 2014). Abgesehen von den Makroelementen Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) sind die restlichen 14 dieser Nährelemente mineralisch und werden über das Wurzelsystem aus dem Boden aufgenommen. Diese 14 mineralischen Nährstoffe werden weiter in Makro- (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel) und Mikronährstoffe (Chlor, Eisen, Bor, Mangan, Zink, Kupfer, Natrium, Silizium und Molybdän) unterteilt (Rietra et al., 2017). Makronährstoffe sind entweder Bestandteile organischer Verbindungen, wie Proteine und Nukleinsäuren, oder sie regulieren als Osmotika den osmotischen Druck in einer Zelle (Kirkby, 2012). Demgegenüber sind Mikronährstoffe überwiegend Bestandteile von Enzymmolekülen, weshalb sie für die Pflanze nur in «mikro» Mengen notwendig sind. Je nach Verfügbarkeit dieser Nährstoffe im Boden kann in der Pflanze ein Nährstoffmangel oder aber sogar ein Nährstoffüberschuss entstehen (Zeng et al., 2014). Nährstoffstress entsteht entweder durch eine suboptimale Verfügbarkeit von Nährstoffen oder aber durch eine übermäßige und toxische Menge an Makronährstoffen (M. Alam, 1999; Clarkson & Hanson, 1980). Im Folgenden wird auf der Grundlage zweier Blattsaftanalysen auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen eingegangen.

4.1.1.1. Nährstoffversorgung

Die Ergebnisse der beiden Blattsaftanalysen zeigen, dass bei allen Verfahren ein Ungleichgewicht im Hinblick auf die Nährstoffversorgung vorherrscht (vgl. Abbildung 13) (Bergmann et al., 2003). Neben diesem Trend wird ebenfalls ersichtlich, dass sich die Nährstoffversorgung zwischen der ersten und der zweiten Analyse bei den gedüngten Verfahren geringfügig verbessert hat, wohingegen sie sich bei den ungedüngten Verfahren leicht verschlechterte (vgl. Tabelle 14).

4.1.1.1.1. Makronährelemente

Der Gehalt der Makronährelemente Stickstoff, Phosphor und Kalium im Pflanzensaft ist bei allen Verfahren höher als der Optimal-Bereich oder befindet sich bei diesem im oberen Bereich. Die zu hohen Stickstoff und Phosphor Werte sind auch bei den ungedüngten Verfahren ersichtlich. Eine Erklärung könnte sein, dass nicht erst die Düngung, sondern bereits die hohe Verfügbarkeit dieser Nährstoffe im Boden für diese Überversorgung verantwortlich ist. Möglich ist es, dass der Korrekturfaktor der Bodenprobe vom 20.1.2020 nicht mehr die aktuellen Nährstoffverhältnisse widerspiegelte und der

Boden bereits vor der Düngung auf Reserve mit den Makronährelementen Stickstoff, Phosphor und Kalium angereichert war. Unterversorgt sind alle Verfahren bei beiden Analysen mit Calcium sowie Nitrat-N. Je nach Verfahren und Analyse ist die Schwefel-Versorgung ausreichend oder zu tief. So haben die ungedüngten Verfahren durchgehend einen Schwefel-Wert unter dem Optimal-Bereich, wohingegen dieser bei den gedüngten Verfahren bei der ersten Blattsaftanalyse noch innerhalb vom Optimal-Bereich liegt. Die Magnesium-Versorgung ist bei allen Verfahren bei der ersten Analyse im Optimal-Bereich und zeigen erst bei der zweiten Analyse Mängel.

4.1.1.1.2. Mikronährelemente

Die Versorgung mit Kupfer, Silizium, Mangan und Zink unterscheidet sich zwischen den Verfahren und Analysen. So haben bei der ersten Analyse die beiden gedüngten Verfahren bei Zink einen zu hohen Wert und bei der zweiten Analyse, wie auch die beiden ungedüngten Verfahren einen zu tiefen. Die Kupfer-Versorgung ist hingegen bei der ersten Analyse bei allen Verfahren ausser dem «Komposttee» Verfahren zu hoch und bei der zweiten Analyse einzig beim «Komposttee» Verfahren zu tief. Bei der Versorgung mit Silizium befinden sich die beiden gedüngten Verfahren sowie das «Komposttee» Verfahren jeweils im optimalen Bereich. Dahingegen hat das Verfahren «Kontrolle» bei der ersten Analyse einen zu tiefen Wert und befindet sich bei der zweiten, nur knapp im optimalen Bereich. Hinsichtlich der Versorgung mit den Elementen Eisen und Bor, weisen bei der zweiten Analyse alle Verfahren einen Mangel auf. Unterversorgt sind alle Verfahren bei beiden Analysen mit Natrium und Chlor sowie mit dem Spurenelement Molybdän.

4.1.2. Nährstoffaufnahme der Pflanze

Die Nährstoffaufnahme kann durch ladungsbedingte Wechselwirkungen zwischen den Nährstoff-Ionen beeinträchtigt werden (Reich et al., 2016). Nachdem die Nährstoff-Ionen in die Bodenlösung überführt wurden, gelangen sie über Diffusion oder Massenfluss in den frei zugänglichen Wurzelraum in der Zellwand (Sonnenwald, 2014). Der darauffolgende Transport der Nährstoff-Ionen ins Xylem wird unter anderem durch Transportproteine katalysiert (White, 2012). Oft konkurrieren Ionen um die Bindung an solche Transportproteine. Dieser Wettbewerb findet vor allem zwischen Ionen gleicher Wertigkeit statt, wie zum Beispiel zwischen den Alkali Kationen K^+ und Na^+ oder zwischen Mn^{2+} und Mg^{2+} . Hemmt ein Ion den Transport eines anderen Ions, so bedeutet dies jedoch nicht unbedingt, dass das hemmende Ion selbst transportiert wird. Ein solcher Mechanismus wird als Antagonismus bezeichnet. Kationen und Anionen werden durch unterschiedliche Transportproteine aufgenommen, daher sind direkte Antagonismen zwischen Kationen und Anionen bei der Aufnahme selten.

Indirekt kommt es jedoch auch zwischen Kationen und Anionen zu Wechselwirkungen. Diese Beeinflussung ist jedoch zumeist eine Konsequenz, um das Ladungsgleichgewicht aufrechtzuerhalten. Verschiedene Wechselwirkungen zwischen Ionen beschrieb D. Mulder mit dem sogenannten «Mulder Chart» (vgl. Abbildung 19) (Mulder, 1953). In den folgenden zwei Abschnitten wird unter anderem mit den im Mulder Chart illustrierten Wechselwirkungen erläutert, welche Mechanismen für die Überbeziehungsweise Unterversorgung der Rosenkohlpflanzen mit den einzelnen Nährstoffen verantwortlich sein könnte. Gemäss Eudoxie und Martin (2019) verbessert die Blattapplikation von Komposttee den Nährstoffgehalt der behandelten Pflanzen. Dies ist auf den im Abschnitt 1.4.8. beschriebenen stofflichen und mikrobiellen Effekt von Komposttee zurückzuführen. So werden einerseits direkt verfügbare Nährstoffe und Vitamine ausgebracht (stofflicher Effekt) und zum anderen wird durch die injizierten Mikroorganismen die Mineralisierung organischen Materials beschleunigt (mikrobieller Effekt), was zu einer besseren Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanzen führt.

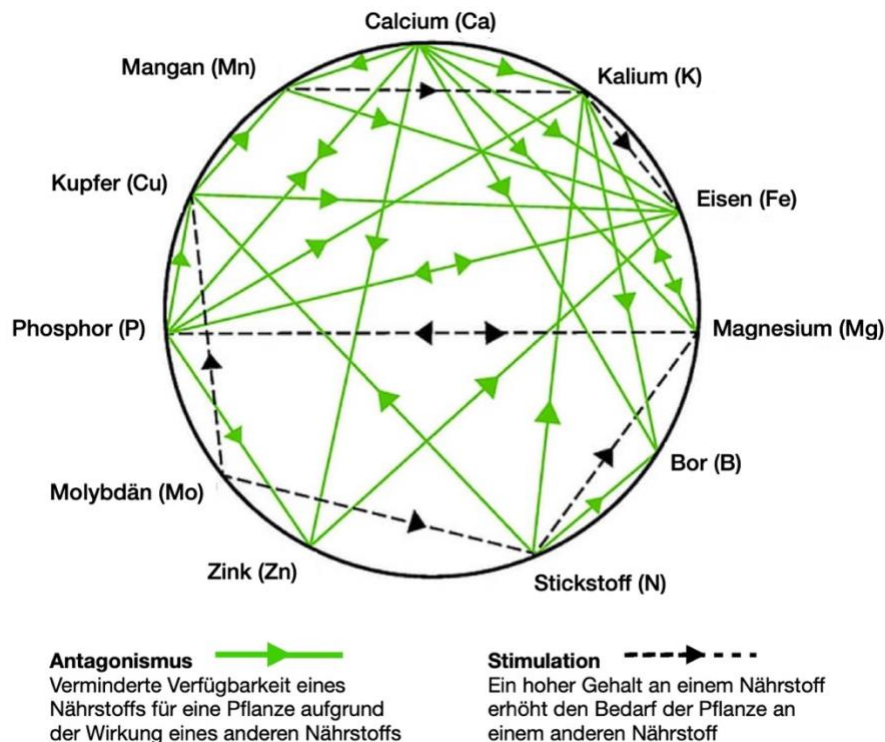


Abbildung 19: Mulders Chart – Nährstoff-Interaktionen (NutriAg, 2020)

Wie die beiden Blattsaftanalysen zeigten, kann ein solcher positiver Komposttee-Effekt in der vorliegenden Studie jedoch nicht beobachtet werden. Im Folgenden werden mögliche Gründe für die schlechte Nährstoffversorgung aller Verfahren diskutiert.

4.1.2.1. Kationen

Wie weiter oben erwähnt besteht zwischen den Kationen ein Antagonismus (Haney et al., 2005; Hegger, 2021; White, 2012). Folglich wäre es möglich, dass die hohen Ammonium-Werte sich negativ auf die Aufnahme von Na^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} und Zn^{2+} auswirkten. Es scheint jedoch, dass die Aufnahme vom ebenfalls reichlich verfügbaren K^+ durch diesen Kationen Antagonismus nicht beeinträchtigt wurde. Neben diesem allgemeinen Kationen Antagonismus gibt es zwischen einzelnen Kationen noch zusätzliche spezifische Wechselwirkungen. Von den zweiwertigen Kationen kommen Ca^{2+} und Mg^{2+} am häufigsten in Pflanzen vor (Ge et al., 2022). Diese beiden Kationen üben eine antagonistische Wechselwirkung aufeinander aus, da sie um dieselben Enzyme und Transporter konkurrieren. Dieser Antagonismus kommt vor allem bei hohem pH-Wert zum Tragen (Schumacher, 2019). Entsprechend könnten die durchwegs tiefen Calcium-Werte sowie die bei der zweiten Analyse tiefen Magnesium-Werte eine Folge von diesem Antagonismus sein. Die zweiwertige Metallkationen Fe^{2+} , Mn^{2+} und Zn^{2+} werden vom selben Kationen-Diffusionsförderer-Proteinen transportiert, weshalb es auch zwischen diesen Kationen antagonistische Wechselwirkungen gibt (Podar et al., 2012; Sieprawska et al., 2016). Bei der zweiten Analyse haben alle Verfahren bei diesen zweiwertigen Metallkationen einen Mangel. Folglich könnte der Antagonismus für den Mangel der oben erwähnten Ionen verantwortlich sein. Abgesehen vom Kationen Antagonismus gibt es verschiedene weitere Mechanismen, welche als Erklärung für die Unterversorgung mit gewissen Kationen herangezogen werden könnten. So wirkt sich ein hoher Phosphor-Gehalt ebenfalls hemmend auf die Aufnahme gewisser Kationen (Hegger, 2021; Hochmuth et al., 2022; Rietra et al., 2017). So könnten die tiefen Calcium-Werte sowie bei der zweiten Analyse die tiefen Werte von Eisen und Zink eine Folge des hohen Phosphor-Gehalts sein. Die Verfügbarkeit der zweiwertigen Kationen ist zudem vom Boden pH abhängig (Hegger, 2021). So wird Mn^{2+} beispielsweise hauptsächlich bei einem niedrigen pH-Wert aufgenommen (Rengel, 2000). Bei höherem pH oxidiert Mn^{2+} weiter zu Mn^{3+} und Mn^{4+} , in welcher Form es nicht mehr pflanzenverfügbar ist. Der Boden pH-Wert wurde nicht direkt vor der Studie untersucht. Ein Jahr vor der Studie (20.1.21) hatte der Boden der Parzelle einen pH-Wert von 6.5. Ein solcher, eher saurer pH sollte eigentlich die

Mangan-Aufnahme begünstigen. Auch die Calcium- und Magnesium-Aufnahme ist pH-abhängig (S. M. Alam et al., 1999). Beide Kationen sind bei tiefem pH-Wert weniger gut verfügbar. Auch die Witterung hat einen Einfluss auf die Aufnahme gewisser Kationen (Boos, 2022). So kann feucht-kühle Witterung die Magnesium-Aufnahme hemmen und anhaltende Regenfälle, wie sie im Juli und August 2021 auftraten, können zur Auswaschung von Mangan führen. Dies zeigt, dass es verschiedene Mechanismen hinter der Unter- beziehungsweise Überversorgung der Nährstoffe gibt und dass es unklar bleibt, welcher schlussendlich ausschlaggebend ist.

4.1.2.2. Anionen

Zwischen den Anionen Cl^- , NO_3^- (Nitrat), SO_4^{2-} (Sulfat) und den beiden von der Pflanze aufgenommenen Phosphorformen H_2PO_4^- (Dihydrogenphosphat) beziehungsweise HPO_4^{2-} (Hydrogenphosphat) besteht eine antagonistische Wechselwirkung (Hegger, 2021; White, 2012). Folglich könnte die übermässige Phosphor-Verfügbarkeit ein Grund dafür sein, dass die Chlor, Schwefel und Nitrat Werte bei den ungedüngten Verfahren tief sind (Hegger, 2021; Reich et al., 2016). Die tiefen Schwefel-Werte bei den ungedüngten und die genügend hohen Werte bei den gedüngten Verfahren ist in zweierlei Hinsicht interessant. Zum einen, da auch bei den gedüngten Verfahren keine Schwefel-Düngung erfolgte und zum anderen, da dieser Phosphor-Schwefel Antagonismus auch bei den beiden gedüngten Verfahren vorliegen sollte. So hat das Verfahren «Gedüngt Komposttee» zum einen den höchsten Phosphor-Wert, gleichzeitig aber auch einen ausreichenden Schwefel-Gehalt.

Gemäss Abdin et al. (2003) gibt es auch zwischen Stickstoff und Schwefel einen Zusammenhang. So verringert ein Mangel an dem einen Element die Aufnahme und Assimilation des anderen. Diese Beziehung kann im vorliegenden Beispiel nur annähernd beim Nitrat-Stickstoff beobachtet werden. So könnten also die tiefen Nitrat-N Werte eine Erklärung für die tiefen Schwefel Werte sein. Die hohen Ammonium-N Werte sprechen jedoch wieder gegen eine solche Stickstoff- Schwefel Beziehung.

Schwefelmangel bei Gemüsekulturen ist ein Phänomen, welches in der jüngeren Schweizer Geschichte erst seit der Umstellung auf schwefelarme Brenn- und Treibstoffe auftritt (Neuweiler, 2013). Noch bis in die 80er Jahre konnten selbst Kulturen mit einem hohen Schwefel-Bedarf, wie beispielsweise Vertreter aus der Familie der *Brassicaceae*, ihren Bedarf aus der Schwefel-Düngung über den Niederschlag decken. Daher wird die Schwefel-Düngung noch oft vernachlässigt. Mit dem Rückgang der Schwefel-Depositionen hat die Mineralisierung von Sulfat aus der organischen Substanz als natürliche Schwefelquelle an Bedeutung gewonnen. Angesichts der tiefen Schwefel-Werte konnte der schwach humose Boden der Versuchsparzelle den hohen Schwefel-Bedarf der Rosenkohlkultur nicht ausreichend decken. Dieser schwach humose Boden ist vermutlich ebenfalls für die tiefen Molybdän-Werte verantwortlich. So ist der grösste Pool an bioverfügbarem Molybdän organisch gebunden (Marks et al., 2015).

Das immobile Element Bor zeigt nur bei der zweiten Analyse einen Mangel. Die Bor-Aufnahme erfolgt sowohl durch die passive Diffusion, als auch bei tiefer Bor-Konzentration aktiv durch Kanalproteine (Shireen et al., 2018). Diese Aufnahme wird durch einen Überfluss an Calcium, Stickstoff und Phosphor negativ beeinträchtigt (Rietra et al., 2017). Der Bor Mangel tritt erst bei der zweiten Analyse auf. Da beide Blattsaftanalysen einen Calcium-Mangel sowie einen Stickstoff-Überschuss zeigen, ist der Bor-Mangel vermutlich nicht dem Calcium, Stickstoff oder Phosphor-Antagonismus geschuldet, sondern ein Anzeichen einer unzureichenden Bor-Verfügbarkeit. Diese zeigt auf, dass die Unter- beziehungsweise Überversorgung neben den Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Ionen schlussendlich auch einer unzureichenden Verfügbarkeit geschuldet sein kann. Ohne ausführliche Analyse der Nährstoffverhältnisse im Boden kann über diese Verfügbarkeit nur spekuliert werden.

4.1.2.3. Ammonium und Nitrat

Bemerkenswert ist, dass alle Verfahren bezogen auf Nitrat ausreichend und auf Ammonium überversorgt sind. Bei der Nitrat-N Versorgung wird ein Wert möglichst nahe Null angestrebt (Hegger, 2021). Nitrat in den Wurzeln zunächst zu Nitrit und dann zu Ammonium umgewandelt und schliesslich als Aminosäure assimiliert (Cooper & Clarkson, 1989; Miller et al., 2008). Folglich bedeutet ein Nitrat-Wert deutlich über Null, dass diese Nitratumwandlung ineffizient ist. Daher sind die tiefen Nitrat-Werte

bei den beiden Blattsaftanalysen ein gutes Zeichen. Für die hohen Ammonium-Werte könnten verschiedene Mechanismen verantwortlich sein.

Verzögerung zwischen der Ernte bis zur Analyse erhöht den Ammonium-Wert

Wie bereits besprochen kam es bei der zweiten Blattsaftanalyse zu einer langen Verzögerung (39 Tage) zwischen dem Zeitpunkt, zu welchem die Blätter für die Analyse geerntet wurden und dem Zeitpunkt ihrer Analyse. Bei einer normal langen Transportzeit von 2 bis 7 Tagen steigt der Ammonium-Wert in diesem Ausmass, dass der pH-Wert in der Regel um 0.1 bis 0.2 Punkte sinkt (Hegger, 2021). Angesichts der Transportzeit von mehr als einem Monat ist folglich anzunehmen, dass der Ammonium-Wert erheblich anstieg. Daher könnte diese Verzögerung für die hohen Ammonium-Werte bei der zweiten Blattsaftanalyse verantwortlich sein. Bei der ersten Blattsaftanalyse verstrichen zwischen der Ernte der Blätter und deren Analyse nur wenige Tage. Aber auch bei der ersten Analyse sind die Ammonium-Werte deutlich zu hoch. Folglich sind die zu hohen Ammonium-Werte nicht allein durch den langen Transport zu erklären.

Kationen-Anionen Transport Wechselwirkung

Zum einen könnten die hohen Ammonium-Werte ein Beispiel für eine indirekte Kationen-Anionen Transport Wechselwirkung sein. In der vorliegenden Studie wurden die gedüngten Verfahren organisch mit Stickstoff, Phosphor und Kalium gedüngt. Die Umwandlung vom organisch gebundenen Stickstoff in den anorganischen, pflanzenverfügbaren Zustand erfolgt durch Mikroorganismen (Alsanius & Wohanka, 2019). Dabei wird durch die Ammonifikation, der organisch Stickstoff mikrobiell in Ammonium umgewandelt, woraufhin Ammonium durch die Nitrifikation zu Nitrit und schliesslich zu Nitrat transformiert wird. Folglich ist im Prozess der Stickstoffmineralisierung, Ammonium vor Nitrat pflanzenverfügbar. Für Pflanzen ist Nitrat grundsätzlich leichter zugänglich als Ammonium, da es die Wurzeln durch Massenfluss erreicht, während Ammonium durch Diffusion zu ihnen gelangt (Schimel et al., 1989). Gelangt jedoch beispielsweise durch eine organische Düngung viel Ammonium in die Rhizosphäre, so wird Ammonium (NH_4^+) gegenüber Nitrat (NO_3^-) bevorzugt aufgenommen (Breteler & Nissen, 1982; 1989; Miller & Cramer, 2005; G. Xu et al., 1999). Vermutlich ist dieser Effekt auf die Beeinflussung des elektrochemischen Gradienten zurückzuführen, welcher die Nitrataufnahme unterstützt (R. Bor. Lee & Drew, 1989).

Niederschlag führt zu Nitrat Auswaschung

Die aerobe mikrobielle Aktivität und folglich auch die Mineralisierungsrate ist bei einem volumetrischen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 50 % und 70 % der Wasserhaltekapazität am höchsten (Cannavo et al., 2022). Die beiden Monate Juli und August waren im Jahr 2021 besonders regenreich (Agrometeo, 2022). Diese überdurchschnittlich hohen Regenfälle hatten eine hohe Bodenfeuchte zur Folge. Durch den anhaltenden hohen Niederschlag ohne bedeutende Trockenperioden, ist es wahrscheinlich, dass es vom Juli in den August zu einer Zunahme der Bodenfeuchtigkeit kam. Infolgedessen wäre es möglich, dass die hohe Bodenfeuchtigkeit im Juli eine rasche Mineralisierung begünstigte, weshalb es zu einer Nitrat Auswaschung aus dem Boden kam (Cregger et al., 2014; Liu & von Wirén, 2017). Zudem wechselt bei einer sehr hohen Bodenfeuchtigkeit die Stickstoff-Präferenz der Pflanzen von Nitrat zu Ammonium (Houlton Benjamin Z. et al., 2007). Demnach wäre es möglich, dass nicht nur mehr Nitrat ausgewaschen wurde, sondern die Pflanzen durch die veränderte Stickstoff-Präferenz auch vermehrt Ammonium aufnahmen.

Anaerobe Verhältnisse verringern Nitratverfügbarkeit

Denkbar ist es auch, dass durch die anhaltenden Regenfälle, der Boden im August, partiell mit Wasser gesättigt war (Highton et al., 2020). Die Wassersättigung könnte schlussendlich auch zu anaeroben Verhältnisse geführt haben. Unter anaeroben Bedingungen ist die Nitrat bereitstellende Nitrifikation beeinträchtigt, da Sauerstoff als Elektronenakzeptor nicht verfügbar ist (Robertson & Groffman, 2015). Demgegenüber werden unter anaeroben Verhältnissen Denitrifikanten und Nitratammonifizierer begünstigt (Friedl et al., 2018; Nguyen et al., 2018). Beide diese anaeroben Mikroorganismengruppen nutzen Nitrat anstelle von Sauerstoff als alternativen Elektronenakzeptor. Während Denitrifikanten Nitrat zu elementarem Stickstoff reduzieren, bewirken die Nitratammonifizierer eine dissimilatorische Reduktion von Nitrat zu Ammonium (DNRA). Folglich wird durch die DNRA die Verfügbarkeit von

Ammonium erhöhte, während sich gleichzeitig jene von Nitrat verringert. Dies wäre eine weitere Hypothese, weshalb die Pflanzen mit Ammonium überversorgt sind.

Abschliessend lässt sich schlussfolgern, dass es unklar ist, ob einer der besprochenen Mechanismen für die hohen Ammonium-Werte verantwortlich ist oder ob ein weiterer, nicht erörterter Mechanismus zu diesem Verhältnis führte.

4.1.2.4. Boden-pH

Wie bereits erwähnt hat auch der pH-Wert des Bodens einen grossen Einfluss auf die Nährstoffaufnahme (Hegger, 2021). So beeinflusst der pH-Wert, also die Konzentration freier H⁺-Ionen im Boden aufgrund der Osmose die Konzentration der im Apoplast vorhandenen Ionen. Auch in der Rhizosphäre beeinflusst die Konzentration freier H⁺-Ionen den Protonengradienten und folglich den Transport von Protonen in die Wurzeln (White, 2012). Die meisten Pflanzen bevorzugen einen pH-Wert zwischen 6 und 7 (Heisteringer et al., 2019). Bei zu tiefen Werten sind zwar Mikronährstoff und Phosphor besser verfügbar, dafür ist die Aufnahme von Makronährstoffen beeinträchtigt und umgekehrt (vgl. Abbildung 20). Leider wurden in der vorliegenden Studie der Boden pH-Wert nicht direkt vor dem Studienbeginn erhoben. So liegt lediglich der pH-Wert (6.5) der Bodenprobe vom 20.1.2020 vor. Da der pH-Wert kurzfristig jedoch nur wenig variiert, kann davon ausgegangen werden, dass der pH-Wert noch immer etwa in diesem Bereich liegt (Flisch et al., 2017). Folglich liegt der pH-Werte des Bodens innerhalb des optimalen Bereiches. Aus diesem Grund kann nicht davon ausgegangen werden, dass der pH-Wert die Nährstoffaufnahme negativ beeinflusste.

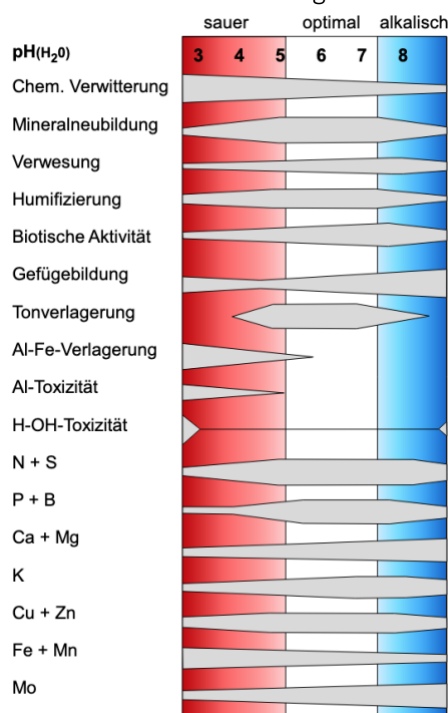


Abbildung 20: Schema der Beziehung zwischen pH-Wert und der Verfügbarkeit von Nährstoffen (abgeändert nach Flisch et al., 2017)

4.1.3. Blattsaft-pH

Auch die Blatt pH-Wert können nur bedingt interpretiert werden. So ist durch die Transportzeit der Blattproben, der bei der Analyse gemessene Wert tiefer als der eigentliche pH-Wert der Pflanze. Jedoch ist der Blattsaft-pH für die Analyse auch wenig interessant (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 27. April 2022). So ist der Blattsaft-pH lediglich ein Abbild der Summe der Nähstoffe.

4.1.3.1. Erste Blattsaftanalyse

Der pH-Wert sinkt in der Regel durch die Transportzeit um 0.1 bis 0.2 Punkte. Ausgehend von einer solchen pH-Wert Senkung kann davon ausgegangen werden, dass das Verfahren «Gedüngt und Komposttee» und eventuell auch das Verfahren «Kontrolle» bei der ersten Blattsaftanalyse einen pH-

Wert innerhalb des optimalen Bereiches hatte. Die Verfahren «Komposttee» und «Gedüngt» hatten jedoch vermutlich bei der Probenahme einen zu tiefen, respektive zu hohen pH. Bezogen auf den pH Effekt von Komposttee beobachteten Sanwal et al. (2008), dass eine Komposttee-Applikation den pH-Wert senkt. Auch in der vorliegenden Studie hatte das Verfahren «Komposttee» den tiefsten pH-Wert. Es können jedoch aufgrund der oben erwähnten Transportverzögerung keine Aussagen zum Einfluss vom pH-Wert gemacht werden.

4.1.3.2. *Zweite Blattsaftanalyse*

Bei der zweiten Blattsaftanalyse kam es zwischen der Probenahme und der Analyse zu einer Verzögerung von mehr als einem Monat. Daher ist die Interpretation der pH-Werte noch schwieriger. So ist der pH-Wert in der Zeit bis zur Analyse vermutlich um deutlich mehr als nur 0.1 bis 0.2 Einheiten gesunken. Im Hinblick auf die pH-Werte ist jedoch anzunehmen, dass jene der Verfahren «Komposttee» und «Kontrolle» zum Zeitpunkt der Probenahme noch deutlicher zu hoch waren als schlussendlich bei der Analyse gemessen. Je nachdem wie stark der pH-Wert gesunken ist, befand sich eines der gedüngten Verfahren im Optimal-Bereich. Bei einer Absenkung zwischen 0.7 und 0.9 Einheiten wäre dies das Verfahren «Gedüngt Komposttee» und bei maximal 0.15 Einheiten das Verfahren «Gedüngt». Interessant ist, dass mit der Ausnahme vom Verfahren «Gedüngt» alle Verfahren einen zu hohen pH-Wert aufweisen, obwohl gemäss Sanwal et al. (2008) eine Komposttee-Applikation diesen normalerweise senkt. Zu hohe oder tiefe pH-Werte machen Pflanzen anfälliger gegenüber Pilzbefall und bakterielle Krankheiten (Hegger, 2021). Wie ich später diskutieren werde, sind die beiden gedüngten Verfahren stärker durch eine Pilzkrankheit infiziert als die ungedüngten Verfahren. Der pH-Wert der beiden gedüngten Verfahren befindet sich zum Zeitpunkt der Pilzinfektion (zweite Blattsaftanalyse) jedoch näher dem Optimum als jener der ungedüngten Verfahren. Demnach ist die stärkere Pilzinfektion der gedüngten Verfahren nicht allein mit dem pH-Wert zu erklären.

4.1.4. Elektrische Leitfähigkeit (Electrical Conductivity, EC)

Der EC-Wert entspricht der Gesamtmenge der im Blattsaft vorhandenen gelösten Ionen und korreliert mit der Anzahl, der für die Pflanzen in der Rhizosphäre verfügbaren Ionen (J. Y. Lee et al., 2017). Der optimale EC-Wert ist zum einen kulturspezifisch und ist andererseits von den vorherrschenden Umweltbedingungen abhängig (Bot et al., 1998). Ist der EC-Wert zu hoch, wird die Pflanze durch eine zu hohe Nährstoffkonzentrationen in der Rhizosphäre osmotisch gestresst. Folglich zeigt ein zu hoher EC-Wert auch, dass in der Rhizosphäre zu wenige Mikroorganismen sind, um diese Nährstoffe umzuwandeln (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 27. April 2022). Zudem wird durch einen zu hohen EC-Wert der Wassertransport von den Wurzeln in die Blätter gehemmt. Über diesen Wassertransport im Xylem werden auch mobile Nährstoffe aufgenommen. Ist der Wassertransport gehemmt, so ist auch diese Nährstoffaufnahme beeinträchtigt, sodass osmotischer Stress schliesslich zu einem Nährstoffungleichgewicht führen kann (Hegger, 2021; Lenni et al., 2020). Zu den mobilen Ionen zählen Stickstoff (NO_3^- und NH_4^+), Kalium, Phosphor, Mg, Schwefel, Chlor und Natrium sowie in etwas geringerer Form Mangan, Eisen, Zink, Kupfer und Molybdän (Hochmuth et al., 2022). Immobil hingegen sind die beiden Ionen Calcium und Bor. Folglich wäre es denkbar, dass die zu hohen EC-Werte aller Verfahren bei der ersten Blattsaftanalyse zur Unterversorgung von Natrium, Chlor und Molybdän beigetragen haben.

Gemäss Jacobs und Timmer (2005) und Pant et al. (2011) wird der EC-Wert des Bodens durch eine Komposttee-Applikation positiv beeinflusst. Ein für das Pflanzenwachstum geeigneter EC-Wert des Bodens sollte sich folglich auch in dem EC-Wert des Blattes zeigen. Dieser Effekt konnte in der vorliegenden Studie jedoch nicht beobachtet werden. So hatten bei der ersten Blattsaftanalyse alle Verfahren einen EC-Wert über dem Optimum. Bei der zweiten Blattsaftanalyse hat einzig das Kontroll-Verfahren einen zu tiefen EC-Wert. Ein solcher zeigt, dass sich, bezogen auf einen Referenzwert, zu wenig gelöste Ionen im Blattsaft befinden. Folglich kann dies ein Zeichen für einen Nährstoffmangel sein (Ding et al., 2018; Signore et al., 2016). Der Nährstoffmangel ist beim Kontroll-Verfahren jedoch nicht akzentuierter als bei den restlichen Verfahren. Des Weiteren kann ein zu tiefer EC-Wert zu einer verringerten Photosynthese-Rate führen. Allerdings ist das Verfahren «Kontrolle» bei der zweiten

Analyse das einzige, welches keinen zu tiefen Zucker-Wert aufweist. Folglich scheint der zu tiefe EC-Wert beim Verfahren «Kontrolle» die Photosynthese nicht negativ beeinträchtigt zu haben.

Bemerkenswerterweise beobachteten Ding et al. (2018), dass ein zu hoher EC-Wert mit einem zu hohen Nitratgehalt einhergeht. In der vorliegenden Studie, bei welcher die EC-Werte in der ersten Blattsaftanalyse zu hoch waren, konnte in keinem der Verfahren ein zu hoher Nitratwert festgestellt werden. Weiter interessant ist die Beobachtung von Ding und Kollegen, dass bei einem EC-Wert über, respektive unter dem Optimal-Bereich der Nitrit-Wert zu hoch ist. Bei der Blattsaftanalyse, dieser Studie, wurde der Nitrit-Gehalt nicht analysiert. Da bei beiden Analysen ein zu hoher respektive zu tiefer EC-Wert gemessen wurde, wäre es möglich, dass der hohe Gesamtstickstoff-Wert auch unter anderem den zu hohen Nitrit-Wert abbildet. Dies ist jedoch rein spekulativ. Während Nitrat an sich für die menschliche Gesundheit unproblematisch ist, kann Nitrit ab einer bestimmten Dosis¹³ toxisch sein (Mensinga et al., 2003). Folglich wird in Blattgemüse ein niedriger Nitrit-Gehalt angestrebt.

Ferner beobachteten Ding et al. (2018), dass die Aktivität antioxidativer Enzyme in Verfahren mit niedrigem und hohem EC-Wert erhöht war. Die Aktivität solch antioxidativer Enzyme kann als Gradmesser dafür genutzt werden, ob die Pflanzen biotischem oder abiotischem Stress ausgesetzt sind (Gill & Tuteja, 2010; Sharma et al., 2012). Demnach ist ein zu hoher beziehungsweise zu tiefer EC-Wert für die Pflanze ein Stressfaktor. Die erhöhte Aktivität bei niedrigem EC-Wert ist vermutlich durch den Nährstoffmangel verursacht, wohingegen bei hohem EC-Wert, die Ursache im Salzstress und der Ionentoxizität zu suchen ist (M. Alam, 1999; Kumar Tewari et al., 2004; Poleskaya et al., 2004; M. C. Shannon & Grieve, 1998; Zeng et al., 2014). Angesichts der zu hohen EC-Werte aller Verfahren bei der ersten Blattsaftanalyse und des zu tiefen Wertes bei der zweiten Analyse beim Kontroll-Verfahren kann davon ausgegangen werden, dass die Pflanzen dieser Verfahren gestresst waren.

4.1.5. Zucker

Die Ergebnisse der Blattsaftanalyse zeigen, dass Hypothese I, verworfen werden muss. So hat keines der mit Komposttee behandelten Verfahren bei einer der beiden Blattsaftanalysen einen höheren Zucker-Wert als eines der beiden anderen Verfahren. Dies ist erstaunlich. So beobachteten zahlreiche Autor:innen, dass Pflanzen, welche mit Komposttee behandelt wurden, einen erhöhten Chlorophyllgehalt, sowie eine gesteigerte Photosynthese-Leistung aufweisen, was sich in einem höheren Zucker-Wert widerspiegelt (Naidu et al., 2013; Otero et al., 2019; Y. Siddiqui, Meon, Ismail, Rahmani, et al., 2008). Es ist jedoch zu erwähnen, dass der in der Literatur beschriebene erhöhte Zuckergehalt nach einer Komposttee-Applikation nach zwei Wochen wieder verschwindet (J. Kempf, 2020). Die erste Blattsaftanalyse (30.9) erfolgte neun Tage nach der ersten Komposttee-Applikation (21.9). Dahingegen verstrich zwischen der letzten Komposttee-Applikation und der zweiten Blattsaftanalyse zu Kulturrende beinahe zehn Wochen (68 Tage). Demnach wäre ein Komposttee-Effekt nur bei der ersten Blattsaftanalyse ersichtlich. Dessen ungeachtet sind die tiefen Zucker-Werte bei allen Verfahren speziell.

In der Blattsaftanalyse wird der gesamte Zuckergehalt gemessen und es wird nicht zwischen einfachen Zuckern wie Glucose oder Fructose und komplexen Zuckern wie Lignin oder Cellulose unterschieden (Hegger, 2021). Im Stoffwechsel der Pflanze nehmen die verschiedenen Zucker eine zentrale Rolle ein (Eckstein et al., 2012). So wird zum Beispiel das Wachstum oder die Entwicklung der Pflanze durch Zucker reguliert. Weiter fungiert Zucker als Ausgangsstoff für energetische Prozesse und wird für die Synthese von Verbindungen wie Aminosäuren, Fettsäuren und Zellulose benötigt. Da die Zuckersynthese durch die Photosynthese erfolgt, kann der Zuckergehalt im Blattsaft als Indikator für die Photosynthese-Leistung der Pflanze herangezogen werden (Näser, 2020). Hinsichtlich des Zielwertes zeigt sich, dass keines der Verfahren bei der ersten Blattsaftanalyse einen Wert innerhalb des Optimums erzielte.

Es gibt unterschiedliche Mechanismen, welche als Ursachen für die tiefen Zucker-Werte bei allen vier Verfahren infrage kommen. Zu diesen zählen ein Nährstoffmangel, ein zu hoher EC-Wert, eine

¹³ ≤ 0,3 Magnesium Nitrit-Ionen/kg Körpergewicht pro Tag (Mensinga et al., 2003)

ineffiziente Proteinsynthese sowie biotischer oder abiotischer Stress. Im Folgenden wird näher auf diese Möglichkeiten eingegangen.

4.1.5.1. *Zucker und Stickstoff*

Zucker liefert Kohlenstoff für die Umwandlung von Stickstoff in Proteine (Hegger, 2021). Ist ausreichend Zucker vorhanden, kann die Pflanze den aufgenommenen Stickstoff effizient in Proteine synthetisieren (Zhang et al., 2021). Umgekehrt wird Stickstoff in Komponenten der Photosysteme I und II (PSI und PSII) investiert, wie beispielsweise in die Synthese von Rubisco oder Chlorophyll (J. R. Evans, 1983; Lawlor et al., 1989). So korreliert der Blattstickstoffgehalt positiv mit der Photosynthese (Bassi et al., 2018). Folglich besteht zwischen der Stickstoffverwertung und der Verfügbarkeit von Zucker ein enger Zusammenhang. In der vorliegenden Studie sind sowohl die Nitrat-, als auch die Zucker-Werte tief, die Gesamtstickstoff-Werte jedoch hoch. Der Gesamtstickstoff setzt sich aus Ammonium, Nitrat, Harnstoff, Aminosäuren und Proteinen zusammen (Hegger, 2021). Daher wäre es hypothetisch denkbar, dass das Nitrat unter Zuckerverbrauch äusserst effizient in Proteine umgewandelt wurde (Haddock, 1949). Diese Interpretation ist jedoch sehr gewagt. Ähnlich wie in der vorliegenden Studie beobachteten Paul und Driscoll (1997) bei Tabak-Pflanzen hohe Gesamtstickstoff-Werte bei gleichzeitig tiefen Zuckerwerten. In ihren Beobachtungen konnten die Autoren einen Zusammenhang zwischen dem Gesamtstickstoff und dem Zucker, respektive der CO₂-Assimilationsrate ausfindig machen. Dieser Zusammenhang ist bis zu einem bestimmten Gesamtstickstoff-Wert positiv. Ist dieser Wert jedoch überschritten, sinkt der Zucker-Wert, bei gleichzeitig weiter steigendem Gesamtstickstoff-Wert. Folglich wäre es auch möglich, dass in der vorliegenden Studie die Gesamtstickstoff-Werte diesen Punkt bereits deutlich überschritten haben und die Zuckerwerte daher tief sind.

4.1.5.2. *Nährstoffmangel hemmt die Zuckerproduktion in dreifacher Hinsicht*

Wie bereits weiter oben erwähnt, wird Stickstoff in die Synthese von Proteinen wie Rubisco investiert (J. R. Evans, 1983; Lawlor et al., 1989). Rubisco ist für die Photosynthese unabdingbar. Folglich hat eine effiziente Proteinsynthese positive Auswirkungen auf die Photosynthese und daher auch auf die Zuckerproduktion. Für die Umwandlung von Stickstoff in Proteine sind Elemente wie Schwefel, Molybdän und Magnesium von grosser Bedeutung (Chaboussou, 2004; Hegger, 2021). Wenn die Pflanze mit diesen Elementen unterversorgt ist, kann Stickstoff nur ineffizient in Proteine synthetisiert werden. Bei einer ineffizienten Proteinsynthese wird für eine geringere Menge an Proteinen die gleiche Menge an assimiliertem Kohlenstoff respiriert (M. J. Paul & Driscoll, 1997). Diese verschwenderische Respiration von Photosynthese-Assimilaten führt wiederum zu einem tiefen Zuckergehalt. Alle Verfahren sind bei beiden Analysen mit Molybdän unterversorgt. Die Schwefel-Werte sind bei den Verfahren «Komposttee» und «Kontrolle» bei beiden Analysen und beim Verfahren «Gedüngt Komposttee» bei der zweiten Analyse zu tief. Magnesium ist bei der zweiten Analyse bei allen und bei der ersten beim «Komposttee» Verfahren zu tief. Demnach könnten die tiefen Schwefel-, Molybdän- und Magnesium-Werte für die tiefen Zuckerwerte verantwortlich sein. Schliesslich sind Nährstoffe wie Magnesium und Eisen (PS I) sowie Mangan (PS II) direkt für die Lichtreaktion der Photosynthese entscheidend (Hegger, 2021; Hochmuth et al., 2022; Sonnenwald, 2014; Yang et al., 2008). Sind diese Elemente im Mangel, so erfolgt die Photosynthese weniger effizient. Auch die Werte der Kationen Eisen und Mangan sind bei der zweiten Analyse zu tief. Dementsprechend bewirkt ein Nährstoffmangel in doppelter Hinsicht eine Reduktion des Zuckerwertes. So erfolgt die Photosynthese nur ineffizient, da für ihre Funktion wichtige Elemente im Mangel sind und gleichzeitig veratmet eine ineffiziente Proteinsynthese mehr Kohlenstoff. Dieser Mangel an den oben erwähnten Nährstoffen zeigt sich vor allem bei der zweiten Blattsaftanalyse, weshalb dieser Effekt vermutlich eher dort zum Tragen kam. Dingel et al. (2018) und Fallovo et al. (2009) beobachteten weiter, dass nicht nur ein Nährstoffmangel, sondern auch ein Überschuss an gelösten Ionen die Photosynthese-Leistung beeinträchtigt. In beiden Studien wurde die Photosynthese-Leistung durch einen zu hohen EC-Wert negativ beeinträchtigt. Demzufolge könnten für die tiefen Zuckerwerte bei der ersten Blattsaftanalyse die zu hohen EC-Werte verantwortlich sein.

Diese Mechanismen bieten einen Erklärungsversuch für die allgemein tiefen Zuckerwerte. Es bleibt jedoch unschlüssig, weshalb die beiden mit Komposttee behandelten Verfahren bei der ersten Analyse

einen tieferen Zucker-Wert haben und weshalb sich bei der zweiten Blattsaftanalyse bei allen Verfahren der Zucker-Wert verbesserte. Für letztere Fragestellung könnte biotischer und abiotischer Stress eine Erklärung liefern.

4.1.5.3. *Biotischer und abiotischer Stress hemmt die Zucker-Produktion*

Die Rosenkohl-Kultur war sowohl durch Hagel beschädigt worden als auch dem Frass durch Schnecken und Kohlweissling-Raupen (*Pieris rapae*) ausgesetzt. All dieses biotischen (Schnecken und *P. rapae*) und abiotischen (Hagel) Stressereignisse erfolgten vor der ersten Blattsaftanalyse. Vom *P. rapae*-Befall waren die ungedüngten Verfahren stärker betroffen als die beiden gedüngten. Beim Hagel-Ereignis und dem Schneckenfrass wurde das Ausmass vom Schaden bei den einzelnen Verfahren nicht bonitiert. All diese Stressereignisse können zu einer Reduktion der Photosynthese-Leistung geführt haben (Jalali, 2013; Nabity et al., 2008; Tartachnyk & Blanke, 2002; Visakorpi et al., 2018; Zangerl et al., 2002). So wird durch die Verletzung der Blätter, das Assimilationsgewebe beschädigt. Bei Insekten- und Schneckenfrass kommt es zudem zu einer Abwehrreaktion, bei welcher die Photosynthese herab reguliert wird. Demzufolge ist es möglich, dass sowohl der Kohlweissling-Befall als auch der Hagel für die tiefen Zuckerwerte bei der ersten Blattsaftanalyse verantwortlich sein könnten. Möglich wäre es, dass sich die Kulturen bis zur zweiten Analyse von diesem Stress erholt haben, weshalb die Zucker-Werte von der ersten zur zweiten Analyse leicht anstiegen.

Für die tieferen Zuckerwerte der beiden mit Komposttee behandelten Verfahren bleibt bis anhin eine Erklärung offen. Allenfalls könnten die hohen Ammonium-Werte diese Ungleichheit erklären. Zu hohen Ammonium-Werte könnten darauf hinweisen, dass die Pflanzen durch Ammonium-Toxizität gestresst sind (Hegger, 2021; Sanchez-Zabala et al., 2015). Arten der Familie *Brassicaceae* sind besonders empfindlich gegenüber Ammonium-Toxizität (Britto & Kronzucker, 2002). Ammonium-Toxizität führt zu einer Verringerung der Photosynthese-Leistung, was wiederum den Zucker-Wert beeinflusst (Liu & von Wirén, 2017). Die beiden mit Komposttee behandelten Verfahren weisen jedoch nicht höhere Ammonium-Werte auf als die beiden anderen Verfahren. Folglich wäre es denkbar, dass die Ammonium-Toxizität bei den beiden anderen Verfahren entschärft wurde. So mildert eine hohe K^+ -Konzentration im Wurzelraum die Auswirkungen der Ammonium-Toxizität (Esteban et al., 2016). Die hohen Kalium-Werte bei allen Verfahren deuten allerdings darauf hin, dass die K^+ -Verfügbarkeit auch bei den beiden mit Komposttee behandelten Verfahren hoch war. Zudem sollten bei den mit Komposttee behandelten Verfahren die K^+ -Verfügbarkeit aufgrund der injizierten Mikroorganismen besser sein (Darby et al., 2006; Welke, 2004). Demnach liefern auch die hohen Ammonium-Werte keine Erklärung für die tieferen Zuckerwerte der beiden mit Komposttee behandelten Verfahren.

4.1.5.4. *Gehemmter Wasserfluss erhöht den Zuckerwert*

Schliesslich könnten die höheren Zucker-Werte der Verfahren ohne Komposttee-Applikation mit einem gehemmten Wasserfluss zusammenhängen. Zucker, welcher durch die Photosynthese in den Blättern erzeugt wird, fliesst durch das Phloem-Gefässsystem zu den Senkorganen wie den Wurzeln (Jensen et al., 2013). Von den im Phloem gelösten Stoffen macht Zucker rund 80-90 % aus. Der Fluss im Phloem wird durch Unterschiede im hydrostatischen Druck zwischen den Blättern und Senkorganen angetrieben. Ist der Wasserfluss eingeschränkt, so steigt der Gehalt an gelösten Stoffen und folglich auch der Zucker-Wert. Der Wassertransport wird durch Kalium reguliert und kann durch unterschiedliche biotische und abiotische Faktoren gestört werden (Boos, 2022; Mcelrone et al., 2013). Wie bereits besprochen ist die Kalium-Verfügbarkeit bei allen Verfahren gut, sodass ein gestörter Wasserhaushalt nicht mit einem Kalium-Mangel in Verbindung gebracht werden kann. Dahingegen wurden die Pflanzen wie bereits erwähnt durch biotische (*P. rapae*, *Botrytis spp.*, Schnecken) und abiotische (Hagel) Faktoren gestresst, sodass diese Stressoren für einen gestörten Wasserhaushalt verantwortlich sein könnten. Möglich wäre es, dass die mit Komposttee behandelten Verfahren sich rascher von diesem Stress erholen konnten. Dadurch wäre der Wasserfluss weniger gehemmt und folglich der Zucker-Wert tiefer als bei den Verfahren ohne Komposttee-Applikation.

Doch auch diese Erklärung hat gewisse Einschränkungen. So zeigt sich bezogen auf den Befall durch *Botrytis ssp.*, dass das Verfahren «Gedüngt Komposttee» am stärksten befallen wurde. Folglich ist auch anzunehmen, dass diese Pflanzen einem erhöhten Stress ausgesetzt waren und die Gefahr von einem

gehemmten Wasserfluss demnach stärker war. Vorstellbar wäre jedoch, dass beim Verfahren «Gedüngt Komposttee» die Düngung die mikrobielle Wirkung vom Komposttee überlagerte. Wie im Abschnitt 1.4.8. erwähnt, hat Komposttee sowohl eine stoffliche, als auch eine mikrobielle Wirkung (Yatoo et al., 2021). Bei der stofflichen Wirkung wird vor allem von einem Düngeeffekt gesprochen, wohingegen die mikrobielle Wirkung unter anderem krankheitsunterdrückend wirkt. Es wäre daher denkbar, dass die übermässige Stickstoff-Verfügbarkeit durch die Doppel-Düngung «Gedüngt Komposttee» das Verfahren anfälliger gegenüber den Pilzinfektionen machte und der Wasserfluss der Pflanze durch den höheren Stress stärker gehemmt wurde (Bramlage et al., 1980; Hegger, 2021). Eine übermässige Stickstoff-Düngung kann die Bildung von abwehrelevanten Verbindungen hemmen, was zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber einem Befall durch *Botrytis spp.* führt (Katan, 2009). In dieser Argumentationslinie konsistent ist das Verfahren «Gedüngt» am zweitstärksten von *Botrytis spp.* infiziert. Abweichend von dieser Argumentation ist der Zucker-Wert vom Verfahren «Gedüngt» gleich hoch wie jener vom Verfahren «Komposttee» bei einem gleichzeitig deutlich höheren totalen Stickstoffgehalt. Dies verdeutlicht, dass auch die These von einem gestörten Wasserfluss bei den Verfahren ohne Komposttee-Applikation, bei einer Gegenüberstellung mit den Daten nicht verhebt.

4.1.5.5. Keine abschliessenden und in sich kohärenten Erklärungen für die Ergebnisse der Blattsaftanalysen

Die Ergebnisse der Blattsaftanalysen präsentieren verschiedene Werte, für deren Erklärung keine stringenten Hypothesen aufgestellt werden können. Dies zeigt auf, dass verschiedenste Einflussgrössen, diese Werte mitbeeinflussen. So wurde in der vorliegenden Studie vor dem Versuch keine Untersuchung zur Bodenchemie durchgeführt. Eine Bodenuntersuchung vor dem Studienbeginn nach der Methode von William Albrecht hätte beispielsweise Auskunft über die Nährstoffverfügbarkeit oder den aktuellen pH-Wert des Bodens gegeben (Näser, 2020). Die Blattsaftanalyse widerspiegelt den Nährstoff- und Gesundheitszustand der Pflanze. Ohne Kenntnis über die Nährstoffverhältnisse im Boden sind diese Ergebnisse jedoch nur schwierig zu interpretieren.

4.2. Hypothese II. Komposttee behandelte Verfahren sind weniger von Schädlingen und Krankheiten betroffen als unbehandelte Verfahren

Diese Hypothese kann zumindest teilweise bestätigt werden. So wurden die mit Komposttee behandelten Verfahren weniger stark durch Raupen vom Kleinen Kohlweissling (*Pieris rapae*) attackiert. Beim Pilz-Befall zeigt sich zudem, dass bei den Verfahren mit der gleichen Düngestufe (Null: «Kontrolle» «Komposttee» sowie eins: «Gedüngt» und «Gedüngt Komposttee»), die Komposttee behandelten Verfahren weniger stark infiziert wurden.

Die Rosenkohl Kulturen wurden durch verschiedene Schädlinge und Pilzkrankheiten befallen. Bei den Schädlingen waren dies ab der zweiten Woche nach der Pflanzung Schnecken, und ab der dritten Woche *P. rapae*-Raupen. Gegen Kulturende wurden einige Pflanzen zudem durch verschiedene Pilz Stämme befallen, unter anderem durch *Botrytis spp.* (E. Fischer, persönliche Kommunikation, 11. Februar 2022; M. Lutz, persönliche Kommunikation, 2. März 2022). Es wurde nur der Schaden durch den *P. rapae* sowie der Pilz Befall bonitiert.

4.2.1. *Pieris rapae*-Frass

Vom *P. rapae*-Befall waren die ungedüngten Verfahren signifikant ($1.43e^{-05}$ ***) stärker betroffen als die beiden gedüngten. Dies ist aus verschiedenen Gründen erstaunlich. So bewirkt eine übermässige N-Zufuhr, ein Nährstoffungleichgewicht, was die Pflanze in ihrer Synthese von Abwehrstoffen hemmt (Katan, 2009). Die beiden gedüngten Verfahren haben einen signifikant (0.0288 *) höheren Gesamtstickstoff-Wert als die beiden ungedüngten Verfahren. Folglich wäre es plausibler, wenn diese Verfahren aufgrund eines weniger gut ausgebildeten Abwehrsystems stärker durch *P. rapae*-Raupen befallen würden. Ferner wird die Überlebenschance von *P. rapae*-Raupen positiv vom Stickstoffgehalt der Blätter beeinflusst (Loader & Damman, 1991). So ist bei der Anwesenheit von Fressfeinden und Parasiten die Überlebensrate von Raupen auf Pflanzen mit hohem Stickstoffgehalt deutlich höher als

von solchen auf Pflanzen mit einem tiefen Stickstoffgehalt. Dies wäre infolgedessen ein weiterer Grund weshalb die gedüngten Verfahren stärker von den *P. rapae*-Raupen befallen sein sollten. Des Weiteren können *P. rapae*-Schmetterlinge gedüngte von ungedüngten Pflanzen unterscheiden (Myers, 1985). Für die Eiablage bevorzugen sie Pflanzen, welche einen höheren Stickstoffgehalt haben. Auf solchen Pflanzen wachsen die Raupen schneller. In der vorliegenden Studie ist jedoch eine solche Abhängigkeit zwischen dem Stickstoffgehalt und dem Schädlingsbefall nicht gegeben zu sein. Es ist denkbar, dass dies darauf zurückzuführen, dass alle Verfahren einen sehr hohen Gesamtstickstoff-Wert aufweisen.

Möglicherweise bietet die Silizium-Versorgung der Pflanzen eine Erklärung für den stärkeren Befall der ungedüngten Verfahren. Eine ausreichende Silizium-Versorgung der Pflanzen bewirkt ein wirksamer physischer Schutz gegen Herbivore Insekten (Islam et al., 2022; Keeping & Reynolds, 2009; Reynolds et al., 2009; Rodrigues & Datnoff, 2015). Der Nutzen einer Silizium-Düngung tritt vor allem dann ein, wenn die Pflanzen in irgendeiner Form unter Stress stehen (Epstein, 2009). Der Silizium-Gehalt der beiden ungedüngten Verfahren ist bei der ersten Blattsaftanalyse im unteren Bereich des Optimums beziehungsweise zu tief. Dahingegen haben die beiden gedüngten Verfahren, obschon sie keine Silizium-Düngung erhielten, einen Silizium-Gehalt im Optimal-Bereich. Infolgedessen könnte der Silizium-Gehalt für den stärkeren Befall der ungedüngten Verfahren verantwortlich sein. Unklar bleibt jedoch, weshalb die Silizium-Verfügbarkeit bei den gedüngten Verfahren besser ist als bei den ungedüngten. Keeping et al. (2014) beobachteten, dass Ammonium die Silizium-Aufnahme erhöht. Die Autoren führen dies auf einen tieferen pH-Wert in der Rhizosphäre zurück. Es wäre denkbar, dass bei den gedüngten Verfahren, mehr Ammonium verfügbar war, was den pH-Wert senkte und was wiederum die Silizium-Aufnahme verbesserte. Möglich wäre es, dass es in den niederschlagsreichen Monaten Juli und August, durch die hohe Bodenfeuchte zu anaeroben Verhältnisse im Boden kam. Unter solch anaeroben Bedingungen kann es, wie bereits weiter oben besprochenen, zur dissimilatorischen Nitratreduktion zu Ammonium (DNRA) kommen (Friedl et al., 2018). Es wäre denkbar, dass bei den gedüngten Verfahren das Mehr an organisch gebundenem Nitrat-Stickstoff unter anaeroben Bedingungen dissimilatorisch zu Ammonium reduziert wurde, was den pH-Wert mehr senkte als bei den ungedüngten Verfahren.

Hinsichtlich des Befalls durch *P. rapae*-Raupen gibt es ebenfalls einen signifikanten (0.003504 **) Unterschied zwischen den Verfahren mit und jenen ohne einer Komposttee-Applikation. Dass mit Komposttee behandelte Pflanzen weniger stark durch Schädlinge attackiert werden, wurde bereits beobachtet und entspricht der Hypothese II (Pereira et al., 2021; D. Xu et al., 2012b). Bei der Komposttee Applikation werden phenolische Substanzen aus dem Komposttee von den Pflanzen in Ihr Gewebe aufgenommen (Barman et al., 2013; C. A. Edwards & Heath, 1962, 1962). Phenolische Substanzen, welche Pflanzen auch selbst zur Abwehr synthetisieren, wirken auf Frass-Insekten abstossend. Folglich ist dieser Unterschied zwischen den Pflanzen mit und ohne Komposttee Applikation vermutlich auf solche für die Insekten unattraktiven Substanzen im Pflanzengewebe zurückzuführen. Dafür, dass das Verfahren «Gedüngt Komposttee» am schwächsten durch *P. rapae* Raupen befallen wurde, lässt sich abschliessend folgende Annahme formulieren: Zum einen bewirkte die Komposttee-Applikation, dass die Pflanzen durch Phenolische Substanzen für *P. rapae* Raupen unattraktiver wurden und zum anderen führte die bessere Silizium-Versorgung der gedüngten Verfahren zu einem physischen Schutz gegen die Schadinsekten. Das Verfahren «Kontrolle» hingegen war durch keinen dieser Mechanismen vom Insektenfrass geschützt, weshalb es am stärksten befallen wurde.

4.2.2. Pilzbefall und sekundäre *Botrytis spp.*-Infektion

Wie bereits erwähnt wurden die Pflanzen vermutlich zunächst durch einen unbekanntem Pilz infiziert und es kam sekundär zu einem *Botrytis spp.* Befall (M. Lutz, persönliche Kommunikation, 2. März 2022). Es ist denkbar, dass das Hagelereignis zu Verletzungen bei den Pflanzen führte, welche als Einfallstor für die *Botrytis spp.* Infektion dienten (Elad, 1995). Nach der Infektion konnte sich der Pilz noch nicht richtig etablieren, da das Pflanzengewebe noch zu jung und zu wenig geschwächt war. Dagegen konnten bereits andere Pilze das Gewebe infizieren. Durch die Infektion dieser Pilze, sowie durch die fortschreitende Alterung, wurde das Gewebe soweit geschwächt, dass auch der *Botrytis spp.* Pilz die Pflanze infizieren konnte.

Vom Befall durch *Botrytis spp.* waren die beiden gedüngten Verfahren signifikant ($8.953e^{-10}$ ***) stärker betroffen als die beiden ungedüngten Verfahren. Dieser höhere Pilzbefall ist ebenfalls an einem signifikant höheren Faulgewicht ersichtlich. Zum Faulgewicht wurde jener Teil der Rosenkohl-Ernte gezählt, welcher sichtbar von einem Pilz befallen war. Die Identifikation des Pilzes als *Botrytis spp.* erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt. Wie bereits weiter oben diskutiert, macht eine übermäßige Stickstoff-Zufuhr, Pflanze anfälliger gegenüber Schädlingen und Krankheitserregern (Chaboussou, 2004; Katan, 2009). Folglich wäre es denkbar, dass die Düngung die Verfahren anfälliger gegen die *Botrytis spp.* Infektion machte. So hatten die gedüngten Verfahren bei beiden Blattsaftanalysen einen höheren Gesamtstickstoffgehalt als die beiden ungedüngten Verfahren. Demnach wäre es möglich, dass bei den gedüngten Verfahren bereits der erste Pilz ein leichteres Spiel hatte, die Pflanzen zu infizieren, was die Pflanzen zusätzlich schwächte und der *Botrytis spp.* Pilz so die geschwächten Pflanzen einfacher befallen konnte.

Es ist jedoch bemerkenswert, dass das Verfahren «Gedüngt Komposttee» am stärksten durch *Botrytis spp.* befallen wurde. Dies ist bemerkenswert, da verschiedene Autor:innen bei unterschiedlichen Kulturen eine Wirksamkeit von Komposttee gegen *Botrytis spp.* beobachteten (K. J. Evans et al., 2013: Rebe; Pane et al., 2012: Tomate; S. Scheuerell & Mahaffee, 2004: Geranie; Welke, 2004: Erdbeere).

Weitere Autor:innen beobachteten zudem, dass Phytohormone im Komposttee – wie Ethylen, Abscisinsäure (ABA), Brassinosteroide, Auxin, Cytokinine oder Gibberelline – in der Pflanze eine Abwehrreaktion gegen eine *B. cinerea* Infektion induzieren (Audenaert et al., 2002; Ferrari et al., 2003; Thomma Bart P. H. J. et al., 1998; Torres-Vera et al., 2014). Demnach wäre zu erwarten, dass auch das Verfahren «Gedüngt Komposttee» weniger durch *Botrytis spp.* befallen wurde. Es ist jedoch denkbar, dass der doppelte Düngeeffekt der organischen Düngung und der Komposttee Applikation beim Verfahren «Gedüngt Komposttee» die Pflanze stärker schwächte als die Komposttee-Applikation die Pflanzen vor einer *Botrytis*-Infektion schützen konnte (Bramlage et al., 1980; Hegger, 2021). Demzufolge kann in dieser Argumentationslinie eine Komposttee-Applikation den Effekt einer übermäßigen N-Düngung nicht kompensieren.

4.3. Hypothese III. Komposttee behandelte Verfahren haben einen höheren Ertrag als unbehandelte Verfahren

4.3.1. Bestätigung der Düngewirkung von Komposttee

Diese Hypothese konnte teilweise bewiesen werden. So hat das Verfahren «Komposttee» einen höheren Ertrag erzielt als das Verfahren «Kontrolle». Dieser Komposttee-Effekt untermauert Beobachtungen, welche bereits von El-Shaieny et al. (2022; bei Zwiebeln), Welke (2004; bei Erdbeeren), El-Tantawy et al. (2009; bei Kartoffeln), Ali et al. (2018; bei Linsen), Omar et al. (2012; bei Orangen), Naidu et al. (2013; bei Zuckermelonen) und El-Gizawy et al. (2014; bei Zuckerrüben) gemacht wurden. All diese Autor:innen konnten bei mit Komposttee behandelten Verfahren einen Mehrertrag gegenüber dem Kontroll-Verfahren feststellen. Sorour et al. (2021) führen dies darauf zurück, dass mit Komposttee behandelte Pflanzen den vorhandenen Stickstoff besser nutzen als unbehandelte Pflanzen. Diese bessere Ausnutzung ist vermutlich der erhöhten mikrobiellen Aktivität in der Rhizosphäre zu verdanken (Otero et al., 2019). Letourneau et al. (2006) beobachteten, dass dank dieser Effizienz bei geringerer Nährstoffzufuhr eine ähnliche Düngewirkung wie bei einer anorganischen Düngung erzielt werden kann. Eine solch starke Wirkung von Komposttee konnte in der vorliegenden Studie jedoch nicht erfasst werden. Trotzdem kann Hypothese III, dass mit Komposttee behandelte Pflanzen einen höheren Ertrag erzielen, bestätigt werden.

4.3.2. Einfache Düngung bringt mehr Ertrag als die doppelte Düngung vom Verfahren «Gedüngt Komposttee»

Die beiden gedüngten Verfahren haben ein signifikant ($7.73e^{-07}$ ***) höheres Erntegewicht als die beiden ungedüngten Verfahren. Angesichts der zusätzlichen Düngung ist diese Beobachtung nicht überraschend. Bemerkenswert ist jedoch, dass das Verfahren «Gedüngt Komposttee» ein geringeres

Erntegewicht hat als das Verfahren «Gedüngt». Dies ist daher beachtenswert, da sich die doppelte Düngung von Komposttee und organischer Düngung nicht im Erntegewicht ausdrückt.

Bei den gedüngten Verfahren wurde Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) gedüngt. Die drei Haupt Makronährelemente N, P und K sind aus Sicht des Pflanzenbaus die wichtigsten wachstums- und daher auch ertragslimitierenden Faktoren (Kulcheski et al., 2015). Von diesen dreien ist besonders Stickstoff für den Ertrag und die Qualität entscheidend (Hawkesford et al., 2012). Das Verfahren «Gedüngt» hat deutlich höhere Gesamtstickstoffwerte als das doppelt gedüngte Verfahren «Gedüngt Komposttee». Angesichts dieser Tatsache ist der höhere Ertrag vom Verfahren «Gedüngt» nachvollziehbar. Es bleibt jedoch rätselhaft, weshalb das doppelt gedüngte Verfahren «Gedüngt Komposttee» tiefer Gesamtstickstoffwerte hat als das Verfahren «Gedüngt». Möglich ist es, dass die bei der Komposttee-Applikation injizierten Mikroorganismen einen Teil des verfügbaren Stickstoffs in ihrer Biomasse immobilisierten (Poffenbarger et al., 2018). Folglich wurde der zusätzliche stoffliche Düngeeffekt (vgl. Abschnitt 1.4.8.2.) vom Komposttee dadurch abgefangen, dass ein Teil des verfügbaren Stickstoffes in der mikrobiellen Biomasse immobilisiert wurde. In dieser Konkurrenz zwischen Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen haben kurzzeitig die Pflanzen meist das Nachsehen (Kuzjakov & Xu, 2013). Langfristig ist die Immobilisierung in der mikrobiellen Biomasse für die Pflanze jedoch von Vorteil. Denn, sterben die Mikroorganismen, so wird der Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse wieder pflanzenverfügbar. Diese zeitliche Nischendifferenzierung innerhalb der Rhizosphäre bewirkt, dass der Stickstoff den Pflanzen zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung steht. Folglich bewirkt eine mikrobiell aktive Rhizosphäre, eine bedarfsgerechte kontinuierliche Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff. Sowohl das Verfahren «Gedüngt Komposttee» als auch das Verfahren «Gedüngt» haben einen Gesamtstickstoff-Wert weit über dem Optimum. Dementsprechend sind beide Verfahren mit Stickstoff überversorgt und die Mikroorganismen schöpfen beim Verfahren «Gedüngt Komposttee» nur den für die Pflanzenernährung überflüssigen Stickstoff ab (Sanwal et al., 2008).

Eine weitere mögliche Erklärung für den Ertragsunterschied zwischen dem Verfahren «Gedüngt Komposttee» und «Gedüngt» könnte das Wetter bieten. So sorgten die regenreichen Monate Juli und August für ausserordentlich nasse Böden (Agrometeo, 2022). Unter nassen Bedingungen nehmen Pflanzen lieber Ammonium als Nitrat auf (Cregger et al., 2014; Liu & von Wirén, 2017). In den Monaten Juli und August befanden sich die Rosenkohlpflanzen in den Kulturwochen mit dem höchsten Stickstoffbedarf (Neuweiler, 2011). Das Verfahren «Gedüngt» hat deutlich höhere Ammonium-Werte als das Verfahren «Gedüngt Komposttee». Möglich ist es, dass beim Verfahren «Gedüngt», Nitrat dissimilatorisch zu Ammonium umgewandelt wurde, wohingegen die mit dem Komposttee injizierten Mikroorganismen beim Verfahren «Gedüngt Komposttee» die Denitrifikation weiter aufrechterhielten. So sind bei der dissimilatorischen Nitratreduktion zu Ammonium vor allem anaerobe und bei der Denitrifikation vor allem aerobe Mikroorganismen beteiligt (Tiedje, 1988). Wie im Abschnitt 1.4.3.1. erwähnt, werden dem Boden durch den Komposttee vor allem aerobe Mikroorganismen injiziert (Ingham, 2003). Dies wäre ein Erklärungsversuch dafür, dass das Verfahren «Gedüngt» höhere Ammonium- und folglich auch höhere Gesamtstickstoff-Werte hat als das Verfahren «Gedüngt Komposttee».

4.4. Hypothese IV. Komposttee behandelte Verfahren haben ein höheres Wurzelgewicht als unbehandelte Verfahren

Diese Hypothese kann teilweise bestätigt werden. So hat das Verfahren «Komposttee» ein höheres Wurzelgewicht als das Verfahren «Kontrolle». Die Richtigkeit der Hypothese kann nur teilweise nachgewiesen werden, da das Verfahren «Gedüngt» ein höheres Wurzelgewicht aufweist als das Verfahren «Gedüngt Komposttee».

Die gedüngten Verfahren haben ein höheres Wurzelgewicht als die ungedüngten. Die Daten hinter diesem Unterschied sind jedoch nicht einwandfrei. So wurden die Wurzelballen in einem Radius von 20 cm um den Rosenkohlstumpf von Hand mit einem Spaten aus dem Boden gestochen. Zwar erfolgte dies jeweils nach derselben Vorgehensweise (vgl. Abschnitt 2.9.1.) jedoch konnte dabei nur ein Bruchteil des gesamten Wurzelballens ausgehoben werden. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass im Wurzelgewicht auch noch ein Teil des Stängel-Gewichts inbegriffen ist. So wurden die Stängel rund 2 cm über dem

Boden abgeschnitten. Da die Stängel-Durchmesser der gedüngten Verfahren deutlich grösser sind als jene der ungedüngten Verfahren, ist im höheren Wurzelgewicht auch ein Teil der Kohlenstoff-Allokation in die oberirdische Biomasse abgebildet.

Gemäss Smit et al. (1996) durchwurzeln Rosenkohlpflanzen die obersten 30 cm am stärksten. Die stärkste Durchwurzlung (Dichte der Wurzellänge von 16 cm /cm³) beobachteten die Autoren in einer Bodentiefe von 0 bis 10 cm, aber auch in einer Tiefe von einem Meter konnten sie Wurzeln der Rosenkohlpflanzen ausmachen. Diese Beobachtung verdeutlichen, dass mit der Entnahme des Wurzelballens durch einen Spaten (Spatenblatt 15 cm) nur ein Bruchteil der Wurzelmasse entnommen werden kann.

Mit der Photosynthese produzieren Pflanzen Kohlenstoff, welchen sie abhängig von verschiedenen Faktoren an Senk-Organen allozieren (Halford, 2010). So investieren Pflanzen je nach Stickstoffverfügbarkeit unterschiedlich viel Kohlenstoff in das Spross- oder das Wurzelwachstum (Glass, 2003; Lynch et al., 2012). Bei reichlicher Stickstoffverfügbarkeit kann die Pflanze den Wurzeln weniger, der oberirdischen Biomasse hingegen mehr Kohlenstoff verteilen. Angesichts dieses Musters der Kohlenstoff-Allokation scheint es erstaunlich, dass die gedüngten Verfahren ein höheres Wurzelgewicht aufweisen. So ist bei einer Düngung mehr Stickstoff im Boden verfügbar, weshalb die Pflanzen weniger in ein ausgedehntes Wurzelsystem investieren müssen. In der vorliegenden Studie wurden organische Düngemittel eingesetzt, bei welchen der Stickstoff nicht sofort pflanzenverfügbar. Anders als bei einer mineralischen Düngung, müssen Pflanzen bei einer solchen organischen Düngung ebenfalls in ihr Wurzelsystem investieren (Letourneau et al., 2006). Somit bildet die organische Düngung und ein erhöhtes Wurzelgewicht nicht per se einen Widerspruch.

Zudem repräsentiert wie bereits erwähnt das hier diskutierte Wurzelgewicht nur einen kleinen Teil des gesamten Wurzelsystems. Folglich wäre es möglich, dass das erhöhte Wurzelgewicht der gedüngten Verfahren auf die dickeren Wurzeln in unmittelbarer Stängelnähe zurückzuführen ist. Chen et al. (2020) beobachteten ebenfalls, dass bei einer Stickstoffdüngung die Wurzelbiomasse vor allem in der oberen Bodenschicht (0-15 cm) anstieg. Insofern ist es denkbar, dass das erhöhte Wurzelgewicht der gedüngten Verfahren lediglich das stärkere Wachstum in der oberen Bodenschicht widerspiegelt. Entsprechend dieser These haben die ungedüngten Verfahren in dieser oberen Bodenschicht zwar eine geringere Wurzelbiomasse, dafür investierten sie mehr in das Längenwachstum der Wurzeln. Dieses Längenwachstum ist jedoch nicht im Wurzelballen mit einem Durchmesser von 40 cm abgebildet.

Ferner ist wie bereits erwähnt im Wurzelgewicht auch noch ein Teil des Stängel-Gewichts inbegriffen. Leider habe ich den Stängel-Durchmesser nicht gemessen. Es gibt jedoch einen Zusammenhang zwischen der Pflanzhöhe und dem Stängeldurchmesser (Yokozawa & Hara, 1995). Da die Pflanzen der gedüngten Verfahren signifikant höher sind, ist auch anzunehmen, dass Stängel einen grösseren Durchmesser haben und folglich mehr wiegen. Der grössere Durchmesser der gedüngten Verfahren ist zudem auch auf der [Abbildung 11](#) ersichtlich.

Interessant ist aber ebenfalls, dass «Komposttee» Verfahren (23.51 g) ein höheres Wurzelgewicht hat als das Verfahren «Kontrolle» (20.87 g). Durch die Komposttee Applikation wurde dem Boden eine Vielzahl von Mikroorganismen injiziert (Ingham, 2003). Bestimmte Mikroorganismen können das Wurzelwachstum stimulieren, weshalb sie auch als pflanzenwachstumsfördernde Rhizosphären-Mikroorganismen bezeichnet werden (Lynch et al., 2012). Die wachstumsfördernde Wirkung beruht vor allem auf der Verfügbarmachung von Nährstoffen, der Produktion von Phytohormonen sowie der Hemmung von Pathogenen (Barazani & Friedman, 1999; Dutta & Podile, 2010; Lugtenberg et al., 1991). Folglich ist es denkbar, dass der Unterschied im Wurzelgewicht zwischen dem «Komposttee» und dem «Kontrolle» Verfahren auf diese Wurzelwachstum stimulierende Wirkung der injizierten Mikroorganismen zurückzuführen ist. Diese Vermutung wird durch die Feststellung von Letourneau et al. (2006) bekräftigt. Die Autor:innen untersuchten die Auswirkungen einer Komposttee-Applikation und bemerkten, dass die Wurzeln bei der Verteilung und Allokation der Biomasse gegenüber den Sprossen bevorzugt wurden. Interessant ist jedoch, dass das Verfahren «Komposttee» sowohl im Wurzelgewicht als auch bei der Pflanzhöhe höhere Werte aufweist als das Verfahren «Kontrolle». Demzufolge ist zu vermuten, dass die effizientere Nährstoffnutzung beim «Komposttee» Verfahren es der Pflanze erlaubte, sowohl in die Wurzeln als auch in die oberirdische Biomasse mehr zu investieren als das Verfahren «Kontrolle» (Letourneau et al., 2006).

Für das geringere Wurzelgewicht vom Verfahren «Gedüngt Komposttee» gegenüber jenem vom Verfahren «Gedüngt» könnten auch die injizierten Mikroorganismen verantwortlich sein. Wie bereits bei der [Diskussion zur Hypothese III](#) (Abschnitt 4.3.) erwähnt, immobilisieren Mikroorganismen einen Teil des gedüngten Stickstoffs in ihrer Biomasse (Poffenbarger et al., 2018). Folglich ist anzunehmen, dass die Pflanzen mehr Kohlenstoff in ein aus ausgeprägtes Wurzelsystem investierten. Diese Investition wurde zudem durch die injizierten wurzelwachstumsfördernden Mikroorganismen stimuliert (Lynch et al., 2012).

4.4.2. Höherer N-Anteil in den Wurzeln

Wie auch beim Gewicht haben die Wurzeln der beiden gedüngten Verfahren einen signifikant (0.001892 ***) höheren Stickstoffanteil als die beiden ungedüngten Verfahren. Gemäss Guo et al. (2004) erhöht eine Düngung die N-Konzentration und den N-Gehalt der Wurzeln. Folglich ist es nicht verwunderlich, dass die Wurzeln der gedüngten Verfahren einen höheren Stickstoffanteil aufweisen. Speziell ist, dass die Wurzeln vom Verfahren «Komposttee» (2.48 [%]) verglichen mit dem Verfahren «Kontrolle» (2.28 [%]) einen deutlich höheren Stickstoffanteil haben. Gleiches gilt auch bei der Gegenüberstellung vom Verfahren «Gedüngt Komposttee» (2.82 [%]) mit dem Verfahren «Gedüngt» (2.68 [%]). Dieser erhöhte Stickstoffanteil der mit Komposttee behandelten Verfahren könnte damit zusammenhängen, dass diese Verfahren mehr Feinwurzeln bilden. So ist die Stickstoffkonzentration in Feinwurzeln höher als im restlichen Wurzelsystem (Pregitzer et al., 1998, 2002). Als Feinwurzeln werden die dünnen Seitenäste, der Hauptwurzeln bezeichnet. Sie sind bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme von grosser Bedeutung. Gemäss Lynch et al. (2012) wird das Wachstum dieser Feinwurzeln durch wachstumsfördernde Mikroorganismen stimuliert. Demnach wäre es möglich, dass die mit dem Komposttee injizierten Mikroorganismen ein stärkeres Wachstum der Feinwurzeln anregen, welche wiederum eine höhere Stickstoffkonzentration aufweisen. Der Stickstoffanteil wurde aus einer Mischprobe des entnommenen Wurzelballens bestimmt und es wurde nicht zwischen Fein- und Hauptwurzeln unterschieden. Es wäre also denkbar, dass die mit Komposttee behandelten Verfahren einen höheren Anteil an Feinwurzeln in der Mischprobe hatten, was zu einem vergleichsweise höheren Stickstoffgehalt führte.

4.4.3. Höherer C-Anteil in den Wurzeln

Beim Kohlenstoffanteil in den Wurzeln sind die Unterschiede zwischen den Verfahren sehr gering. Die Wurzeln vom Verfahren «Gedüngt» haben den höchsten Kohlenstoffanteil (45.57 [%]) und jene vom Verfahren «Komposttee» den geringsten (45.05 [%]). Der Anteil Wurzelkohlenstoff der Verfahren «Gedüngt Komposttee» (46.15 [%]) und «Kontrolle» (45.07 [%]) liegt innerhalb dieses Bereiches. Diese sehr marginalen Unterschiede im Kohlenstoffanteil der Wurzeln verdeutlichen, dass es keinen nennbaren Verfahren-Effekt gibt. Es zeigt sich jedoch, dass die gedüngten Verfahren im Schnitt einen unbedeutend höheren Kohlenstoffanteil haben. Auch Li et al. (2015) konnten nur einen marginalen Einfluss einer Düngung auf den Kohlenstoffgehalt von Wurzeln feststellen. Vielmehr beobachteten die Autor:innen, dass eine Düngung das C:N Verhältnis verringert. Diese Verringerung kommt jedoch nicht von einer Veränderung beim Kohlenstoff-, sondern durch die bereits besprochene Erhöhung des Stickstoffanteils. Diese Veränderung konnten die Autor:innen jedoch nur bei den Feinwurzeln feststellen.

Auch in der vorliegenden Studie zeigt sich, dass die gedüngten Verfahren ein signifikant (0.009344 **) tieferes C: N Verhältnis haben. Gleichzeitig hat das Verfahren «Komposttee» (18.27) verglichen mit dem Verfahren «Kontrolle» (19.77) eine deutlich tieferes C: N Verhältnis. Gleiches gilt auch bei der Gegenüberstellung vom Verfahren «Gedüngt Komposttee» (16.45) mit dem Verfahren «Gedüngt» (17.03). Dieses verhältnismässig tiefere C: N Verhältnis kommt vom bereits besprochenen relativ höheren Stickstoffanteil der mit Komposttee behandelten Verfahren. Laut Li et al. (2015) verzögerte das verringerte C: N-Verhältnis der Feinwurzeln die Zersetzung der Feinwurzeln. Die Autor:innen schlussfolgern, dass durch die damit verbundene Erhöhung der Feinwurzel-Umsatzrate sich die Kohlenstoff- und Nährstoffbindung im Boden erhöht. Folglich bewirkt eine Düngung und in etwas geringerem Ausmass eine Komposttee-Applikation eine Veränderung im C: N-Verhältnis der Feinwurzeln. Diese Veränderung im C: N-Verhältnis in den Wurzeln beeinflusst wiederum durch eine

erhöhte Feinwurzel-Umsatzrate die Kohlenstoffbindung im Boden. Demnach kann eine organische Düngung sowie eine Komposttee-Applikation langfristig zu einer Erhöhung des Kohlenstoffanteils im Boden führen.

4.5. Schlussfolgerung

Wie in der Diskussion erläutert, konnten in dieser Studie einige der Hypothesen nur mit Einschränkungen bestätigt werden. In der Studie wurde bei den Düngegraden Null (ohne Düngung) und Eins (mit Düngung) jeweils ein Verfahren mit und eines ohne Komposttee-Applikation miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass das Verfahren mit einer Komposttee-Applikation vor allem bei den beiden Verfahren ohne Düngung besser abschnitt. So wurde das Verfahren «Komposttee» weniger durch Schädlinge (*P. rapae*-Raupen und *Botrytis spp.*) befallen ([H II](#)), erzielte einen höheren Ertrag ([H III](#)) sowie ein höheres Wurzelgewicht ([H IV](#)). Bei der Düngegrade Null konnte einzig beim Zucker-Wert die [Hypothese](#) nicht bestätigt werden. So war der Zucker-Wert beim «Komposttee» Verfahren gleich hoch (Blattsaftanalyse 1) beziehungsweise tiefer (Blattsaftanalyse 2) als beim Verfahren «Kontrolle». Wie in der Diskussion erwähnt, war jedoch das Datum der zweiten Blattsaftanalyse von der letzten Komposttee-Applikation zu weit entfernt (mehr als zwei Wochen) als dass im Zucker-Wert noch ein Komposttee-Effekt hätte erwartet werden können. Bei der Düngegrade Eins konnte das Verfahren mit Komposttee-Applikation einzig [Hypothese II](#) teilweise bestätigen.

Wie in der Blattsaftanalyse deutlich wurde, war die Versuchs-Parzelle sehr gut beziehungsweise zu stark mit den drei Hauptmakronährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium versorgt. In Flächen, bei welchen Pflanzen nicht auf Mikroorganismen angewiesen sind, um an genügend Nährstoffe zu kommen, ist die Wirkung von Komposttee oft nur wenig sichtbar. Je sandiger, arider und versalzter ein Boden, desto besser die Effekte von Komposttee (A. Rubi, persönliche Kommunikation, 27. April 2022). St. Martin (2014) präsentiert in einem Review Artikel zur Wirkung von Komposttee zahlreiche Studien, in welchen die krankheits- und schädlingsunterdrückende Wirkung von Komposttee beschrieben wird. Auch in der vorliegenden Studie konnte ein solcher Effekt von Komposttee beobachtet werden. Bei vielen dieser Studien wurde Komposttee in einem viel regelmässigeren Intervall appliziert (Al-Mughrabi, 2007; einmal pro Woche; Naidu et al., 2013; einmal pro Woche; Segarra et al., 2009; einmal pro Woche; Y. Siddiqui, Meon, Ismail, & Ali, 2008; einmal pro Woche; van Schoor et al., 2009; zweimal pro Woche; D. Xu et al., 2012b; einmal pro Woche). Bei einer so oft wiederkehrenden Applikation kommt es zwischen den Anwendungen auch nicht zu einem Abschwellen vom zwei Wochen andauernden Komposttee-Effekt. Folglich ist es deutlich wahrscheinlicher, dass der Komposttee-Effekt zum bestmöglichen Zeitpunkt Wirkung zeigt. So kommt Welke (2004) zum Schluss, dass die Anzahl der Komposttee-Applikationen ausreichend hoch sein muss, damit ein signifikanter Effekt in Bezug auf den Ertrag und die Pflanzengesundheit beobachtet werden kann. Neben einer ausreichend hohen Applikations-Frequenz, ist es unglaublich schwierig die Ergebnisse der unterschiedlichsten Studien zu vergleichen. So basiert die Wirkungsweise von Komposttee auf der Eigenschaft des zugrunde liegenden Kompostes, dessen Qualität und mikrobielle Zusammensetzung (noch) nicht standardisierbar ist. So ist die mikrobiellen Gemeinschaft und deren genaue Bedeutung in den verschiedenen Kompostierungsphasen noch zu wenig erforscht (S. Scheuerell & Mahaffee, 2002). Zudem unterscheiden sich die meisten Studien hinsichtlich des Klimas, des Bodentyps und der Anbaupraktiken. Diese nicht standardisierbare Wirkung von Komposttee ist gemäss St. Martin (2015) die grösste Hemmschwelle dafür, dass Komposttee als Pflanzenschutzmittel im kommerziellen Pflanzenbau empfohlen würde.

Für die vorliegende Studie lässt sich abschliessend folgern, dass bei einer Komposttee-Applikation sowohl eine stoffliche Dünge-Wirkung als auch eine schädlings- und krankheitsunterdrückende Mikrobielle-Wirkung beobachtet werden kann. Die Dünge-Wirkung vom Komposttee ist jedoch verglichen mit jener einer organischen Düngung signifikant geringer. Wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie vermuten lassen, bewirkt eine Komposttee-Applikation des Weiteren ein stärkeres Wurzel- und vor allem Feinwurzelwachstum. Die Veränderung vom C:N-Verhältnis der Wurzeln und die höhere Umsatzrate der Feinwurzeln bewirkt zudem eine Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Boden. Auch wenn dieser Kohlenstoff-Zuwachs nur gering ist, kann die Anreicherung in einer Kombination mit einem vielfältigeren Bodenleben langfristig trotzdem zu einer Erhöhung des

Humusgehaltes beitragen. Eine erhöhte Kohlenstoff Sequestrierung in Kombination mit einer Belebung des Bodens führt nicht nur zu fruchtbareren und gesünderen Böden und somit einer resilienteren Nahrungsmittelproduktion, sondern kann auch dabei helfen den Klimawandel zu mildern und das globale Ziel des Pariser Klimaabkommens von weniger als 2 °C zu erreichen (Kleber & Johnson, 2010; Zomer et al., 2017). Diese langfristige Wirkung von Komposttee ist jedoch noch weitgehend unerforscht. Angesichts dieses Potentials von Komposttee bedarf es weiterer Forschung, welche die langfristige Auswirkung von Komposttee auf die organische Substanz unterschiedlicher Böden untersucht. Zudem wäre es spannend, wenn beispielsweise im DOK-Versuch vom FiBL zusätzlich zu den bisherigen Anbausystemen (biologisch-dynamische, organisch-biologische, und konventionelle) das der regenerativen Landwirtschaft erforscht würde (Mäder & Fliessbach, 2015). So fungiert Komposttee in der regenerativen Landwirtschaft als ein Glied in der Kette von Massnahmen für eine nachhaltige und gleichzeitig ertragreiche Anbauweise. Zwar könnte so nicht die isolierte Wirkung von Komposttee untersucht werden, dafür aber die Gesamtwirkung eines bodenschonenden Anbausystems.

5. Literaturverzeichnis

- Abdelrahman, M., Abdel-Motaal, F., El-Sayed, M., Jogaiah, S., Shigyo, M., Ito, S., & Tran, L.-S. P. (2016). Dissection of *Trichoderma longibrachiatum*-induced defense in onion (*Allium cepa* L.) against *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Cepa* by target metabolite profiling. *Plant Science*, *246*, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.02.008>
- Abdin, M. Z., Ahmad, A., Khan, N., Khan, I., Jamal, A., & Iqbal, M. (2003). Sulphur Interaction with Other Nutrients. In Y. P. Abrol & A. Ahmad (Hrsg.), *Sulphur in Plants* (S. 359–374). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0289-8_20
- Adriano, D., Chang, A., Pratt, P., & Sharpless, R. (1973). Effect of Soil Application of Dairy Manure on Germination and Emergence of Some Selected Crops1. *Journal of Environmental Quality - J ENVIRON QUAL*, *2*. <https://doi.org/10.2134/jeq1973.00472425000200030022x>
- Agnieszka Wolińska. (2012). Dehydrogenase Activity in the Soil Environment. In Zofia Stepińska ED1 - Rosa Angela Canuto (Hrsg.), *Dehydrogenases* (S. Ch. 8). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/48294>
- Agrios, G. (2005). Chapter one—Introduction. In G. Agrios (Hrsg.), *Plant Pathology (Fifth Edition)* (S. 3–75). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047378-9.50007-5>
- Agrometeo. (2022). *Wetterdaten. Waedenswil Obstbau*. agrometeo. <https://www.agrometeo.ch/de/meteorologie/data>
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2009). Changes in bacterial numbers and microbial activity of pig slurry during gut transit of epigeic and anecic earthworms. *Journal of Hazardous Materials*, *162*(2), 1404–1407. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.06.031>
- Alam, M. (1999). Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions. In M. Pessarakli (Hrsg.), *Handbook of Plant and Crop Stress* (S. 285–313). CRC Press, Marcel Dekker Inc. doi:10.1201/9780824746728.CH12.
- Alam, S. M., Shamshad, S., Naqvi, M., Ansari, R., & Pessarakli, M. (1999). Impact of Soil pH on Nutrient Uptake by Crop Plants. In *Handbook of Plant and Crop stresses* (2. Aufl.). Marcel Dekker Inc.
- Alamy Ltd. (2022). *Alamy*. Alamy. <https://www.alamy.de/>
- Ali, O., El-Tahlawy, Y., & Abdel-Gwad, S. (2018). Impact of Compost Tea Types Application on Germination, Nodulation, Morphological Characters and Yield of Two Lentil Cultivators. *EGYPTIAN JOURNAL OF AGRONOMY*, *40*, 1–19. <https://doi.org/10.21608/agro.2018.5678.1126>
- Al-Mughrabi, K. I. (2007). Suppression of *Phytophthora infestans* in Potatoes by Foliar Application of Food Nutrients and Compost Tea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *1*(4), 785–792.
- Alsanius, B. W., & Wohanka, W. (2019). Chapter 5—Root Zone Microbiology of Soilless Cropping Systems. In M. Raviv, J. H. Lieth, & A. Bar-Tal (Hrsg.), *Soilless Culture (Second Edition)* (S. 149–194). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63696-6.00005-0>
- Altieri, M., Ponti, L., & Nicholls, C. (2012). Soil Fertility, Biodiversity and Pest Management. In *Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management* (S. 72–84). <https://doi.org/10.1002/9781118231838.ch5>
- Amen, M., Salama, A., El-Seedy, M., Elakhdar, I., Islam, M. S., barutçular, C., & EL Sabagh, A. (2016). Potential Impact of Compost Tea on Soil Microbial Properties and Performance of Radish Plant under Sandy Soil conditions - Greenhouse Experiments. *AUSTRALIAN JOURNAL OF BASIC AND APPLIED SCIENCES*, *10*, 158–165.
- Amos, D. (2017). *Aerated compost tea (ACT) to improve soil biology and to act as a biofertiliser/biofungicide*. Organic Research Centre. https://orgprints.org/id/eprint/31042/1/PA_016_ORC_Compost-tea_QR.pdf
- Andermatt Biocontrol. (2018). *Produktetikett Profital Netz- und Haftmittel*. https://www.biocontrol.ch/media/downloads/442/profital_148x148_5L.pdf
- Andermatt Biocontrol. (2020). *Gebrauchsanleitung Delfin*. https://www.biocontrol.ch/media/downloads/488/GA_Delfin.pdf
- Andermatt Biocontrol. (2021). *Bacillus- thuringiensis*. https://www.biocontrol.ch/media/downloads/219/faltblatt_bacillus_thuringiensis.pdf
- Andrews, J. H., & Harris, R. F. (2000). The Ecology and Biogeography of Microorganisms on Plant Surfaces. *Annual Review of Phytopathology*, *38*(1), 145–180. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.145>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., & Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, *97*(6), 831–840. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Audenaert, K., De Meyer, G. B., & Höfte, M. M. (2002). Abscisic Acid Determines Basal Susceptibility of Tomato to *Botrytis cinerea* and Suppresses Salicylic Acid-Dependent Signaling Mechanisms. *Plant Physiology*, *128*(2), 491–501. <https://doi.org/10.1104/pp.010605>
- Azeez, J. O., Ibijola, T. O., Adetunji, M. T., Adebisi, M. A., & Oyekanmi, A. A. (2014). Chemical Characterization and Stability of Poultry Manure Tea and Its Influence on Phosphorus Sorption Indices of Tropical Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *45*(20), 2680–2696. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.932373>
- BAFU (Hrsg.). (2017). *Boden in der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt (BAFU).

- Bai, Y.-C., Chang, Y.-Y., Hussain, M., Lu, B., Zhang, J.-P., Song, X.-B., Lei, X.-S., & Pei, D. (2020). Soil Chemical and Microbiological Properties Are Changed by Long-Term Chemical Fertilizers That Limit Ecosystem Functioning. *Microorganisms*, 8(5), 694. PubMed. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050694>
- Bali, R., Pineault, J., Chagnon, P.-L., & Hijri, M. (2021). Fresh Compost Tea Application Does Not Change Rhizosphere Soil Bacterial Community Structure, and Has No Effects on Soybean Growth or Yield. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1638. PubMed. <https://doi.org/10.3390/plants10081638>
- Barazani, O., & Friedman, J. (1999). Is IAA the Major Root Growth Factor Secreted from Plant-Growth-Mediating Bacteria? *Journal of Chemical Ecology*, 25(10), 2397–2406. <https://doi.org/10.1023/A:1020890311499>
- Barman, K. L., Kalita, R. B., & Jha, D. K. (2013). Inductions of resistance in brinjal (*Solanum melongena* L.) by aqueous extract of vermicompost against fusarium wilt. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science, RESEARCH*. <http://worldveg.tind.io/record/48679>
- Bartlett, M. S., & Fowler, R. H. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A - Mathematical and Physical Sciences*, 160(901), 268–282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Bassi, D., Menossi, M., & Mattiello, L. (2018). Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports*, 8(1), 2327. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20653-1>
- Becker, J., & Weltzien, H. C. (1993). Control of common bunt of wheat (*Tilletia caries* (D.C.) Tul & C. Tul.) with organic nutrients. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 100(1), 49–57.
- Belda, R. M., Mendoza-Hernández, D., & Fornes, F. (2013). Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(6), 827–835. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200325>
- Benhamou N & Chet I. (1997). Cellular and Molecular Mechanisms Involved in the Interaction between *Trichoderma harzianum* and *Pythium ultimum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(5), 2095–2099. <https://doi.org/10.1128/aem.63.5.2095-2099.1997>
- Benítez, T., Rincón, A., Limón, M. C., & Codón, A. (2005). Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. *International microbiology : the official journal of the Spanish Society for Microbiology*, 7, 249–260.
- Bergmann, W., Hess, H., Marks, G., Zorn, W., Gernat, H., & Kerschberger, M. (2003, November 6). *Ein bildgestütztes System zur Diagnose von Ernährungsstörungen an Pflanzen* (Thüringen) [Text]. TLL. http://www.tll.de/visuplant/vp_idx.htm
- Bezdicek, D., Fauci, M., Caldwell, D., Finch, R., & Lang, J. (2001). Persistent herbicides in compost. *BioCycle*, 42(7), 25–30.
- Bionika. (2022). *Bionika Nährhumus*. Bionika AG. <http://www.bionika.ch/Schwarzerde-Humus/Bionika-Nahrhumus.htm>
- Bloem, E., Albiñ, A., Elving, J., Hermann, L., Lehmann, L., Sarvi, M., Schaaf, T., Schick, J., Turtola, E., & Ylivainio, K. (2017). Contamination of organic nutrient sources with potentially toxic elements, antibiotics and pathogen microorganisms in relation to P fertilizer potential and treatment options for the production of sustainable fertilizers: A review. *Science of The Total Environment*, 607–608, 225–242. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.274>
- Boos, J. (2022). *Ernährung der Obstgehölze – Nährstoffe* [E-Learning]. Biologische Landwirtschaft und Hortikultur 2, Früchte, ZHAW, Wädenswil.
- Bot, J. L., Adamowicz, S., & Robin, P. (1998). Modelling plant nutrition of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae*, 74(1), 47–82. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00082-X)
- Bot, Nachtergaele, F., & Young, A. (2000). World Soil Resource Report: Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels. In *World Soil Resour Rep FAO* (Bd. 90).
- Bramlage, W. J., Drake, M., & Lord, W. J. (1980). *The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in North America*.
- Breteler, H., & Nissen, P. (1982). Effect of Exogenous and Endogenous Nitrate Concentration on Nitrate Utilization by Dwarf Bean. *Plant physiology*, 70, 754–759. <https://doi.org/10.1104/pp.70.3.754>
- Brinton, W., & Droffner, M. (1995). *The control of plant pathogenic fungi by use of compost teas*. The soil and the seed, Santa Fee.
- Brinton, W. F. (1998). Volatile organic acids in compost: Production and odorant aspects. *Compost Science and Utilization*, 6, 75–82.
- Brinton, W., Trankner, A., & Droffner, M. (1996). Investigations Into Liquid Compost Extracts. *BioCycle*, 37(11).
- Britto, D. T., & Kronzucker, H. J. (2002). NH₄⁺ toxicity in higher plants: A critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159(6), 567–584. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-0774>
- Budde, K., & Weltzien, H. C. (1988). Phytosanitare Wirkungen von Kompostextrakten und -substraten im Wirt-Erreger-System Gerste-Echter Mehltau (*Erysiphe graminis DC f.sp. Hordei Marchal*). *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, 53, 363–371.
- Cannavo, P., Recous, S., Vale, M., Bresch, S., Paillat, L., Benbrahim, M., & Guénon, R. (2022). Organic Fertilization of

- Growing Media: Response of N Mineralization to Temperature and Moisture. *Horticulturae*, 8, 152. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020152>
- Carballo, T., Gil, M. V., Calvo, L. F., & Morán, A. (2009). The Influence of Aeration System, Temperature and Compost Origin on the Phytotoxicity of Compost Tea. *Compost Science & Utilization*, 17(2), 127–139. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2009.10702411>
- Carpenter-Boggs, L. (2005). *Understanding the science. Diving into compost tea*. 46, 61–62.
- Chaboussou, F. (2004). *Healthy crops: A new agricultural revolution*. Jon Carpenter Publishing.
- Chadha, S., Rameshwar, Ashlesha, Saini, J., & Paul, Y. (2012). Vedic Krishi: Sustainable livelihood option for small and marginal farmers. *INDIAN JOURNAL OF TRADITIONAL KNOWLEDGE*, 11(3), 480–486.
- Chambers, J. M., Freeny, A. E., & Heiberger, R. M. (1992). Analysis of Variance; Designed Experiments. In S. J. M. Chambers & T. J. Hastie (Hrsg.), *Statistical Models in S*. Wadsworth & Brooks/Cole.
- Chen, J., Liu, L., Wang, Z., Zhang, Y., Sun, H., Song, S., Bai, Z., Lu, Z., & Li, C. (2020). Nitrogen Fertilization Increases Root Growth and Coordinates the Root–Shoot Relationship in Cotton. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00880>
- Clarkson, D. T., & Hanson, J. B. (1980). The Mineral Nutrition of Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1), 239–298. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001323>
- Clement, C. R. (2011). The Biochar Solution: Carbon Farming and Climate Change. *BioScience*, 61(10), 831–833. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.10.16>
- Conradin, H. (1996). *Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen. Blattnummer 1112.13*. <https://maps.zh.ch/>
- Cooper, H. D., & Clarkson, D. T. (1989). Cycling of Amino-Nitrogen and other Nutrients between Shoots and Roots in Cereals—A Possible Mechanism Integrating Shoot and Root in the Regulation of Nutrient Uptake. *Journal of Experimental Botany*, 40(7), 753–762. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.7.753>
- Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M. I., Steinberg, C., & Alabouvette, C. (2002). Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium wilt* of tomato. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(4), 467–476. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00205-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00205-X)
- Cregger, M. A., McDowell, N. G., Pangle, R. E., Pockman, W. T., & Classen, A. T. (2014). The impact of precipitation change on nitrogen cycling in a semi-arid ecosystem. *Functional Ecology*, 28(6), 1534–1544. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12282>
- Cronin, M. J., Yohalem, D. S., Harris, R. F., & Andrews, J. H. (1996). Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen *Venturia inaequalis* by compost extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(9), 1241–1249. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(96\)00131-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(96)00131-9)
- Cropp, J.-H. (2021). *Praxis Handbuch Bodenfruchtbarkeit. Humus verstehen. Direktsaat- und Mulchsysteme umsetzen. Klimakrise meistern*. Ulmer.
- Darby, H. M., Stone, A. G., & Dick, R. P. (2006). Compost and Manure Mediated Impacts on Soilborne Pathogens and Soil Quality. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), 347–358. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0265>
- De Ceuster, T. J. J., & Hoitink, H. A. J. (1999). Prospects for Composts and Biocontrol Agents as Substitutes for Methyl Bromide in Biological Control of Plant Diseases. *Compost Science & Utilization*, 7(3), 6–15. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1999.10701970>
- Dearborn, Y. (2011). *Compost Tea. Literature review on production, application and plant disease management*. San Francisco Department of Environment. Toxic Reduction Program: IPM Task Order 3-18. http://dev.sfenvironment.org/sites/default/files/editor-uploads/toxics/pdf/sfe_th_compost_tea_review_6.17.11_final.pdf
- Devi, S. H., Vijayalakshmi, K., Jyotsna, K. P., Shaheen, S. K., Jyothi, K., & Rani, M. S. (2009). Comparative assessment in enzyme activities and microbial populations during normal and vermicomposting. *Journal of Environmental Biology*, 30(6), 1013–1017.
- Diáñez, F., Marín, F., Santos, M., Gea, F. J., Navarro, M. J., Piñeiro, M., & González, J. M. (2018). Genetic Analysis and In Vitro Enzymatic Determination of Bacterial Community in Compost Teas from Different Sources. *Compost Science & Utilization*, 26(4), 256–270. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2018.1496045>
- Ding, X., Jiang, Y., Zhao, H., Guo, D., He, L., Liu, F., Zhou, Q., Nandwani, D., Hui, D., & Yu, J. (2018). Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. *PLOS ONE*, 13(8), e0202090. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202090>
- Dukare, A. S., Prasanna, R., Chandra Dubey, S., Nain, L., Chaudhary, V., Singh, R., & Saxena, A. K. (2011). Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato. *Crop Protection*, 30(4), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.12.017>
- Dunst, G. (2015). *Kompostierung und Erdenherstellung. Praxishandbuch und Anleitung für: Hausgarten, Landwirtschaft, Kommune und Profi* (1. Aufl.). Sonnenerde-Gerald Dunst Kulturerden GmbH.

- Dutta, S., & Podile, A. R. (2010). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): The bugs to debug the root zone. *Critical Reviews in Microbiology*, 36(3), 232–244. <https://doi.org/10.3109/10408411003766806>
- Eckstein, A., Zięba, P., & Gabryś, H. (2012). Sugar and Light Effects on the Condition of the Photosynthetic Apparatus of *Arabidopsis thaliana* Cultured in vitro. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(1), 90–101. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9222-z>
- EDAPRO. (2021a). *Blattsaft Analyse. Wissen, was ankommt*. EDAPRO GmbH. <https://edapro.ch/wp-content/uploads/2021/11/EDAPRO-Anleitung-Blattsaftanalyse-komp.pdf>
- EDAPRO. (2021b). *EDAPRO Bbetriebsanleitung Edalife v40, v60, v120, v200*. <https://edapro.ch/assets/edapro---betriebsanleitung-edalife-v40-200.pdf>
- Edwards, C. A., Arancon, N., & Domínguez, J. (2004). The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence. *Soil zoology for sustainable development in the 21st century, self-publisher*, 397–420.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-Bennett, M., Askar, A., & Keeney, G. (2010). Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia*, 53(2), 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2009.08.002>
- Edwards, C. A., & Heath, G. W. (1962). The role of soil animals in breakdown of leaf material. Soil organisms. *Proceedings Colloquium on soil fauna, soil microflora and their relationships*.
- Edwards, C., Arancon, N., & Greytak, S. (2006). Beneficial response may be due to plant growth regulators or hormones produced by the high microbial activity in vermicomposts. *BioCycle*, 47(5), 28.
- Egwunatum, A., & Lane, S. (2009). Effects of Compost Age on the Suppression of *Armillaria Mellea* with Green Waste Compost Teas. *Compost Science & Utilization*, 17(4), 237–240. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2009.10702429>
- Elad, Y. (1995). Physiological Aspects of Resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 85. <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-637>
- Elad, Y., & Shtienberg, D. (1994). Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). *Crop Protection*, 13(2), 109–114. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(94\)90160-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(94)90160-0)
- El-din, A., & Hendawy, S. (2010). *Effect of Dry Yeast and Compost Tea on Growth and Oil Content of Borago Officinalis Plant*.
- El-Gizawy, E., Shalaby, G., & Mahmoud, E. (2014). Effects of Tea Plant Compost and Mineral Nitrogen Levels on Yield and Quality of Sugar Beet Crop. *COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS*, 45(9), 1181–1194. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.874028>
- El-Shaieny, A.-H., Bakr, A., Farrag, H., & Abdelrasheed, K. (2022). Combine use of compost, copmost tea, and vermicompost tea improves soil properties, and growth, yield and quality of (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50. <https://doi.org/10.15835/nbha50112565>
- El-Tantawy, I. M., El-Ghamry, A. M., & Habib, A. H. (2009). Effect of chicken manure and manure compost tea on potato yield and soil fertility EFFECT OF CHICKEN MANURE AND MANURE COMPOST TEA ON POTATO YIELD AND SOIL FERTILITY. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 34(1), 659–668. <https://doi.org/10.21608/jssae.2009.90265>
- Epstein, E. (2009). Silicon: Its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 155–160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>
- Esteban, R., Ariz, I., Cruz, C., & Moran, J. F. (2016). Review: Mechanisms of ammonium toxicity and the quest for tolerance. *Plant Science*, 248, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.04.008>
- Eudoxie, G., & Martin, M. (2019). *Compost Tea Quality and Fertility*.
- Evans, J. R. (1983). Nitrogen and Photosynthesis in the Flag Leaf of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 72(2), 297–302. <https://doi.org/10.1104/pp.72.2.297>
- Evans, K. J., Palmer, A. K., & Metcalf, D. A. (2013). Effect of aerated compost tea on grapevine powdery mildew, botrytis bunch rot and microbial abundance on leaves. *European Journal of Plant Pathology*, 135(4), 661–673. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0103-5>
- Falovo, C., Roupheal, Y., Rea, E., Battistelli, A., & Colla, G. (2009). Nutrient solution concentration and growing season affect yield and quality of *Lactuca sativa* L. var. *Acephala* in floating raft culture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(10), 1682–1689. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3641>
- Ferguson, R., & Lovell, S. (2014). Permaculture for agroecology: Design, movement, practice, and worldview. A review. *AGRONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 34(2), 251–274. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0181-6>
- Ferrari, S., Plotnikova, J. M., De Lorenzo, G., & Ausubel, F. M. (2003). *Arabidopsis* local resistance to *Botrytis cinerea* involves salicylic acid and camalexin and requires EDS4 and PAD2, but not SID2, EDS5 or PAD4. *The Plant Journal*, 35(2), 193–205. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2003.01794.x>
- Fischer, E. (2022, Februar 11). *Pilzkrankheit Rosenkohl* [Persönliche Kommunikation].

- Flacticon. (2022). *Flacticon*. Flacticon. <https://www.flacticon.com/de>
- Flisch, R., Neuweiler, R., Kuster, T., Oberholzer, H., Huguenin-Elie, O., & Richner, W. (2017). Bodeneigenschaften und Bodenanalysen. *Agrarforschung Schweiz*, 8(6), 34.
- Freepik company. (2021). *Vektor-Icons und Sticker*. Flacticon. <https://www.flacticon.com/de/>
- Freud, M. (2005). *Gemüsebau im Freiland* (Bde. 1–3). INFORAMA.
- Friedl, J., De Rosa, D., Rowlings, D. W., Grace, P. R., Müller, C., & Scheer, C. (2018). Dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA), not denitrification dominates nitrate reduction in subtropical pasture soils upon rewetting. *Soil Biology and Biochemistry*, 125, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.07.024>
- Fromin, N., Hamelin, J., Tarnawski, S.-E., Roesti, D., Jourdain-Miserez, K., Forestier, N., Teyssier-Cuvelle, S., Gillet, F., Aragno, M., & Rossi, P. (2002). Statistical analysis of denaturing gel electrophoresis (DGGE) fingerprinting patterns. *Environmental microbiology*, 4, 634–643. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2002.00358.x>
- Fuchs, J. (2020). *Grundlage der Kompostierung*. Modul Grundlagen Biologische Landwirtschaft und Hortikultur 2, 3. Semester.
- Fuchs, J. G. (2010). Interactions Between Beneficial and Harmful Microorganisms: From the Composting Process to Compost Application. In H. Insam, I. Franke-Whittle, & M. Goberna (Hrsg.), *Microbes at Work: From Wastes to Resources* (S. 213–229). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6_11
- Fuchs, J. G., Bieri, M., & Chardonnens, M. (2004). *Auswirkungen von Komposten und Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit. Zusammenfassende Übersicht der aktuellen Literatur* (S. 171) [Literaturstudie]. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL-Report, Frick, Schweiz. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1336-kompost.pdf>
- Fuchs, J., Galli, U., & Schleiss, K. (2010). *Educompost—Grundkurs Grüngutverarbeitung*. educompost.
- Fuhrer, H. (2022). *Wurmerde, Wurmhumus, Biodünger*. Wurmstall. <https://wurmstall.ch/>
- Garcia-Gomez, A., Bernal, M. P., & Roig, A. (2002). Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*, 83(2), 81–87. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00211-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00211-5)
- Ge, H., Shao, Q., Chen, J., Chen, J., Li, X., Tan, Y., Lan, W., Yang, L., & Wang, Y. (2022). A metal tolerance protein, MTP10, is required for the calcium and magnesium homeostasis in Arabidopsis. *Plant Signaling & Behavior*. <https://doi.org/10.1080/15592324.2021.2025322>
- Gea, F. J., Navarro, M. J., & Tello, J. C. (2009). Potential application of compost teas of agricultural wastes in the control of the mushroom pathogen *Verticillium fungicola* / Möglichkeiten des Einsatzes landwirtschaftlicher Kompostextrakte zur Kontrolle des Mykopathogens *Verticillium fungicola*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116(6), 271–273.
- Gershuny, G. (2011). Compost, vermicompost, and compost tea: Feeding the soil on the organic farm. In *Compost, vermicompost, and compost tea: Feeding the soil on the organic farm* (Revised and updated.). Chelsea Green Publishing.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909–930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
- GIS-ZH. (2022, Mai 4). *Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen*. Geographisches Informationssystem des Kantons Zürich (GIS-ZH). <https://maps.zh.ch/>
- Glass, A. (2003). Nitrogen use efficiency of crop plants: Physiological constraints upon nitrogen absorption. *CRITICAL REVIEWS IN PLANT SCIENCES*, 22(5), 453–470. <https://doi.org/10.1080/07352680390243512>
- Gómez-Brandón, M. (2013). Recycling of Solid Organic Wastes Through Vermicomposting: Microbial Community Changes Throughout the Process and Use of Vermicompost as a Soil Amendment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.763588>
- Gómez-Guiñán, Y. (2004). Actividad de las fosfatasa ácidas y alcalinas (extracelulares e intracelulares) en hongos de la rizosfera de *Arachis hypogaea* (Papilionaceae). *Revista de Biología Tropical*, 52(1), 287–295.
- González-Hernández, A. I., Suárez-Fernández, M. B., Pérez-Sánchez, R., Gómez-Sánchez, M. Á., & Morales-Corts, M. R. (2021). Compost Tea Induces Growth and Resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* in Pepper. *Agronomy*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy11040781>
- Granastein, D. (1999). Foliar disease control using compost tea. *The Compost Connection for Western Agriculture*, 8, 1–4.
- Griffin, T. S., & Hutchinson, M. (2007). Compost Maturity Effects on Nitrogen and Carbon Mineralization and Plant Growth. *Compost Science & Utilization*, 15(4), 228–236. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2007.10702338>
- Guo, D. L., Mitchell, R. J., & Hendricks, J. J. (2004). Fine root branch orders respond differentially to carbon source-sink manipulations in a longleaf pine forest. *Oecologia*, 140(3), 450–457. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1596-1>
- Gysi, C., Künsch, U., Matthäus, D., Wixinger, K., & Schärer, H. (1988). Stickstoffdüngung nach Schnellmethoden im Gartenbau. *Flugschrift 118. Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, 8820 Wädenswil*.
- Haddock, J. L. (1949). The Influence of Plant Population, Soil Moisture, and Nitrogen Fertilization on the Sugar Content

- and Yield of Sugar Beets1. *Agronomy Journal*, 41(2), 79–84.
<https://doi.org/10.2134/agronj1949.00021962004100020007x>
- Halford, N. G. (2010). Photosynthate Partitioning. In E. C. Pua & M. R. Davey (Hrsg.), *Plant Developmental Biology—Biotechnological Perspectives: Volume 2* (S. 67–82). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04670-4_4
- Hamedani, N. G., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Amiri, B., & Habibzadeh, F. (2020). Variability of root traits in sesame genotypes under different irrigation regimes. *Rhizosphere*, 13, 100190.
<https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100190>
- Haney, C. J., Grass, G., Franke, S., & Rensing, C. (2005). New developments in the understanding of the cation diffusion facilitator family. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 32(6), 215–226.
<https://doi.org/10.1007/s10295-005-0224-3>
- Hauenstein, S., Vieweger, A., & Koller, M. (2021). *Pflanzenschutzempfehlungen Biogemüsebau Nr. 1284*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/cover/1284.pdf>
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I. S., & White, P. (2012). Chapter 6—Functions of Macronutrients. In P. Marschner (Hrsg.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (S. 135–189). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- Hegger, E. (2021). *Masterclass. Monitoring plant health* [Webseminar]. Nova Crop Control, Zoom.
- Heistingering, A., Lerche, F., Lassnig, P., Zipser, P., & Palme, W. (2019). *Handbuch Bio-Gemüse. Sortenvielfalt für den eigenen Garten* (8. Aufl.). Löwenzahn Studienverlag.
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J.-L., & García, C. (2014). Towards a more sustainable fertilization: Combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 196, 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.006>
- Highton, M. P., Bakken, L. R., Dörsch, P., Wakelin, S., de Klein, C. A. M., Molstad, L., & Morales, S. E. (2020). Soil N₂O emission potential falls along a denitrification phenotype gradient linked to differences in microbiome, rainfall and carbon availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 150, 108004.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108004>
- Hochmuth, G., Maynard, D., Vavrina, C., Hanlon, E., & Simonne, E. (2022). *Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida*. Institute of Food and Agricultural Sciences.
<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/EP/EP081/EP081-1347171.pdf>
- Hoitink, H. A. J., & Grebus, M. E. (1997). Composts and the Control of Plant Diseases. In M. H. B. Hayes & W. S. Wilson (Hrsg.), *Humic Substances, Peats and Sludges* (S. 359–366). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-805-8.50040-9>
- Hoitink, H. A. J., Madden, L. V., & Dorrance, A. E. (2006). Systemic Resistance Induced by *Trichoderma* spp.: Interactions Between the Host, the Pathogen, the Biocontrol Agent, and Soil Organic Matter Quality. *Phytopathology*[®], 96(2), 186–189. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0186>
- Hoitink, H. A. J., Stone, A. G., & Grebus, M. E. (1996). Suppression of Plant Diseases by Composts. In M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, & T. Papi (Hrsg.), *The Science of Composting* (S. 373–381). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5_35
- Hollander, M., A. Wolfe, D., & Chicken, E. (2015). The Two-Sample Location Problem. In *Nonparametric Statistical Methods* (S. 115–150). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119196037.ch4>
- Horst, L. E., Locke, J., Krause, C. R., McMahon, R. W., Madden, L. V., & Hoitink, H. A. J. (2005). Suppression of Botrytis Blight of Begonia by *Trichoderma hamatum* 382 in Peat and Compost-Amended Potting Mixes. *Plant Disease*, 89(11), 1195–1200. <https://doi.org/10.1094/PD-89-1195>
- Hossain, Md. M., Sultana, F., & Islam, S. (2017). Plant Growth-Promoting Fungi (PGPF): Phytostimulation and Induced Systemic Resistance. In D. P. Singh, H. B. Singh, & R. Prabha (Hrsg.), *Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives: Volume 2: Microbial Interactions and Agro-Ecological Impacts* (S. 135–191). Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-6593-4_6
- Houlton Benjamin Z., Sigman Daniel M., Schuur Edward A. G., & Hedin Lars O. (2007). A climate-driven switch in plant nitrogen acquisition within tropical forest communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21), 8902–8906. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609935104>
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., & Khalid, A. (2009). Chapter 5 Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions. In *Advances in Agronomy* (Bd. 102, S. 159–200). Academic Press.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01005-0)
- Ingham, E. R. (2003). *The Compost Tea Brewing Manual. Fifth Edition*. Soil Foodweb Incorporated.
- Ingham, E. R. (2022). *Soild Food Web—Soil biology and the landscape*. United States Department of Agriculture (USDA) Natural Resources Conservation Service.

- https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/biology/?cid=nrcs142p2_053868
- Iqbal, S., Hameed, S., Shahid, M., Hussain, K., Ahmad, N., Niaz, M., Dera, G., & Khan. (2018). In vitro characterization of bacterial endophytes from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for phyto-beneficial traits. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16. https://doi.org/10.15666/aeer/1602_10371051
- Islam, T., Moore, B. D., & Johnson, S. N. (2022). Silicon fertilisation affects morphological and immune defences of an insect pest and enhances plant compensatory growth. *Journal of Pest Science*. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01478-4>
- Istifadah, N., Firman, A. R., & Desiana, M. (2020). Effectiveness of compost and microbial-enriched compost to suppress powdery mildew and early blight diseases in tomato. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 30(2), 377–383.
- Jacobs, D. F., & Timmer, V. R. (2005). Fertilizer-induced Changes in Rhizosphere Electrical Conductivity: Relation to Forest Tree Seedling Root System Growth and Function. *New Forests*, 30(2), 147–166. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-6572-z>
- Jacobsen, C. S., & Hjelmsø, M. H. (2014). Agricultural soils, pesticides and microbial diversity. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.09.003>
- Jalali, A. H. (2013). Potato (*Solanum tuberosum* L.) yield response to simulated hail damage. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(7), 981–987. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.699674>
- Jensen, K. H., Savage, J. A., & Holbrook, N. M. (2013). Optimal concentration for sugar transport in plants. *Journal of the Royal Society, Interface*, 10(83), 20130055–20130055. PubMed. <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0055>
- Ji, L., Wu, Z., You, Z., Yi, X., Ni, K., Guo, S., & Ruan, J. (2018). Effects of organic substitution for synthetic N fertilizer on soil bacterial diversity and community composition: A 10-year field trial in a tea plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 268, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.008>
- Jogaiah, S., Abdelrahman, M., Tran, L.-S. P., & Shin-ichi, I. (2013). Characterization of rhizosphere fungi that mediate resistance in tomato against bacterial wilt disease. *Journal of Experimental Botany*, 64(12), 3829–3842. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert212>
- Johnson, D., & DeSimio, P. (2017). *Best Management Practices: Johnson-Su Composting Bioreactors*. New Mexico State University, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/_assets/documents/johnson-su-bioreactor.pdf
- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: Effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(1), 137–159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>
- Joshi, T. N., Nepali, D. B., Sah, R., Bhattarai, T., & Midmore, D. J. (2020). A comparison of composting and vermicomposting for the disposal of poultry waste. *Animal Production Science*, 60(7), 986–992.
- Katan, J. (2009). Mineral nutrient management and plant disease. *Electr. Int. Fertil. Correspondent (e-ifc)* 21, 6–8. *International Potash Institut*, 21, 6–8.
- Keeping, M. G., & Reynolds, O. L. (2009). Silicon in agriculture: New insights, new significance and growing application. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 153–154. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00358.x>
- Keeping, M. G., Rutherford, R. S., Sewpersad, C., & Miles, N. (2014). Provision of nitrogen as ammonium rather than nitrate increases silicon uptake in sugarcane. *AoB PLANTS*, 7, plu080. PubMed. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu080>
- Kelloway, S. (2012). *Compost Tea for the Management of Dollar Spot (Sclerotinia homoeocarpa) on Turfgrass* [Masterarbeit, Dalhousie University]. <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/15348/Kelloway,Stephen,MSc,Agriculture,August%202012.pdf?sequence=1>
- Kempf, J. (2020). *Quality agriculture: Conversations about regenerative agronomy with innovative scientists and growers*. Regenerative Agriculture Publishing.
- Kempf, K. (2021). *Regenerativ als Masterplan?* UFA-Revue. <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/regenerativ-als-masterplan>
- Kirkby, E. (2012). Chapter 1—Introduction, Definition and Classification of Nutrients. In P. Marschner (Hrsg.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (S. 3–5). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00001-7>
- Kleber, M., & Johnson, M. G. (2010). Chapter 3—Advances in Understanding the Molecular Structure of Soil Organic Matter: Implications for Interactions in the Environment. In D. L. Sparks (Hrsg.), *Advances in Agronomy* (Bd. 106, S. 77–142). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)06003-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)06003-7)
- Knewton, S. J. B., Griffin, J. J., & Carey, E. E. (2009). Application of Two Microbial Teas Did Not Affect Collard or Spinach Yield. *HortScience horts*, 44(1), 73–78. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.1.73>
- Koepf, H. H. (1992). *Biodynamic Farming: Principles and Practice*. Anthroposophic Press New York.
- Kulcheski, F. R., Côrrea, R., Gomes, I. A., de Lima, J. C., & Margis, R. (2015). NPK macronutrients and microRNA

- homeostasis. *Frontiers in Plant Science*, 6, 451–451. PubMed. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00451>
- Kulli, B., Matile, L., Berger, R., Amrein, S., Mathis, A., & Daniel, O. (2019). *Bodenkunde Umweltingenieurwesen 1. Und 2. Semester* [Skript]. ZHAW, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Bodenkunde, Wädenswil.
- Kumar, R., Sharma, S., & Prasad, R. (2013). Yield, Nutrient Uptake, and Quality of Stevia as Affected by Organic Sources of Nutrient. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(21), 3137–3149. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.832285>
- Kumar Tewari, R., Kumar, P., Tewari, N., Srivastava, S., & Sharma, P. N. (2004). Macronutrient deficiencies and differential antioxidant responses—Influence on the activity and expression of superoxide dismutase in maize. *Plant Science*, 166(3), 687–694. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.004>
- Kupper, T., & Fuchs, J. (2007). *Kompost und Gärgut in der Schweiz. Studie 1: Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut. Studie 2: Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit.* (Nr. 0743; Umwelt und Wissen, S. 124). Bundesamt für Umwelt. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/uw-umwelt-wissen/kompost_und_gaergutinderschweiz.pdf.download.pdf/kompost_und_gaergutinderschweiz.pdf
- Kuzyakov, Y., & Xu, X. (2013). Competition between roots and microorganisms for nitrogen: Mechanisms and ecological relevance. *New Phytologist*, 198(3), 656–669. <https://doi.org/10.1111/nph.12235>
- Larkin, R. P. (2008). Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and soilborne diseases of potato. *Special Section: Functional Microbial Ecology: Molecular Approaches to Microbial Ecology and Microbial Habitats*, 40(6), 1341–1351. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.03.005>
- Larras, F., Charles, S., Chaumot, A., Pelosi, C., Le Gall, M., Mamy, L., & Beaudouin, R. (2022). A critical review of effect modeling for ecological risk assessment of plant protection products. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19111-3>
- Lawlor, D. W., Kontturi, M., & Young, A. T. (1989). Photosynthesis by Flag Leaves of Wheat in Relation to Protein, Ribulose Bisphosphate Carboxylase Activity and Nitrogen Supply. *Journal of Experimental Botany*, 40(1), 43–52. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.1.43>
- Leco. (2011). *Bedienungsanleitung TruSpec CHN– Version 2.5x, Part Number 200-290.*
- Lee, J. Y., Rahman, A., Azam, H., Kim, H. S., & Kwon, M. J. (2017). Characterizing nutrient uptake kinetics for efficient crop production during *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme* Alef. Growth in a closed indoor hydroponic system. *PLOS ONE*, 12(5), e0177041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177041>
- Lee, R. B., & Drew, M. C. (1989). Rapid, Reversible Inhibition of Nitrate Influx in Barley by Ammonium. *Journal of Experimental Botany*, 40(7), 741–752. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.7.741>
- Lefrancq, M., Imfeld, G., Payraudeau, S., & Millet, M. (2013). Kresoxim methyl deposition, drift and runoff in a vineyard catchment. *Science of The Total Environment*, 442, 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.082>
- Lenni, Suhardiyanto, H., Seminar, K., & Setiawan, R. (2020). Development of a Control System for Lettuce Cultivation in Floating Raft Hydroponics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 542(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/542/1/012067>
- Letourneau, J., Livingstone, K., Smith, R., Cameron, S., Livingstone, T., & Sanderson, K. (2006). *Assessing the effects of mulch, compost tea, and chemical fertilizer on soil microorganisms, early growth, biomass partitioning, and taxane levels in field-grown rooted cuttings of Canada yew (Taxus canadensis).*
- Li, W., Jin, C., Guan, D., Wang, Q., Wang, A., Yuan, F., & Wu, J. (2015). The effects of simulated nitrogen deposition on plant root traits: A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 82, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.01.001>
- Liang, R., Hou, R., Li, J., Lyu, Y., Hang, S., Gong, H., & Ouyang, Z. (2020). Effects of Different Fertilizers on Rhizosphere Bacterial Communities of Winter Wheat in the North China Plain. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010093>
- Lindsey, J. K. (2006). *Pieris rapae caterpillar* [Foto]. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pieris.rapae.caterpillar.jpg>
- Litterick, A. M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C. A., & Wood, M. (2004). The Role of Uncomposted Materials, Composts, Manures, and Compost Extracts in Reducing Pest and Disease Incidence and Severity in Sustainable Temperate Agricultural and Horticultural Crop Production—A Review. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(6), 453–479. <https://doi.org/10.1080/07352680490886815>
- Litterick, A., & Wood, M. (2009). The use of Composts and Compost Extracts in Plant Disease Control. In D. Walters (Hrsg.), *Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches* (S. 93–121). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444312157.ch5>
- Liu, Y., & von Wirén, N. (2017). Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants. *Journal of Experimental Botany*, 68(10), 2581–2592. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx086>
- Lo, C.-C. (2010). Effect of pesticides on soil microbial community. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 45(5), 348–359.

- <https://doi.org/10.1080/10934520903467873>
- Loader, C., & Damman, H. (1991). Nitrogen Content of Food Plants and Vulnerability of *Pieris Rapae* to Natural Enemies. *Ecology*, 72(5), 1586–1590. <https://doi.org/10.2307/1940958>
- Lugtenberg, B. J. J., de Weger, L. A., & Bennett, J. W. (1991). Microbial stimulation of plant growth and protection from disease. *Current Opinion in Biotechnology*, 2(3), 457–464. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(05\)80156-9](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(05)80156-9)
- Luo, T., Ma, L., Wei, C., & Li, J. (2021). Effects of compost tea on the spatial distribution of soil nutrients and growth of cotton under different fertilization strategies. *Journal of Plant Nutrition*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020827>
- Lupi, L., Bedmar, F., Wunderlin, D., & Miglioranza, K. (2016). Organochlorine pesticides in agricultural soils and associated biota. *ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES*, 75(6). <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5140-x>
- Lutz, M. (2022, März 2). *Pilzkrankheit an Rosenkohl* [Persönliche Kommunikation].
- Lynch, J., Marschner, P., & Rengel, Z. (2012). Chapter 13—Effect of Internal and External Factors on Root Growth and Development. In P. Marschner (Hrsg.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (S. 331–346). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00013-3>
- Ma, W., Abdulai, A., & Goetz, R. (2018). Agricultural Cooperatives and Investment in Organic Soil Amendments and Chemical Fertilizer in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 100(2), 502–520. <https://doi.org/10.1093/ajae/aax079>
- Mäder, P., & Fliessbach, A. (2015). *DOK-Versuch*. FiBL Schweiz. <https://www.fibl.org/de/standorte/schweiz/departemente/bodenwissenschaften/bw-projekte/vergleich-biologischer-und-konventioneller-anbausysteme>
- Mahaffee, W., & Scheuerell, S. (2006). *Compost teas: Alternative approaches to the biological control of plant diseases*. (S. 165–179). <https://doi.org/10.1079/9781845930615.0165>
- Malone, R. W., Ahuja, L. R., Ma, L., Don Wauchope, R., Ma, Q., & Rojas, K. W. (2004). Application of the Root Zone Water Quality Model (RZWQM) to pesticide fate and transport: An overview. *Pest Management Science*, 60(3), 205–221. <https://doi.org/10.1002/ps.789>
- Manandhar, T., & Yami, K. (2010). Biological Control of Foot Rot Disease of Rice Using Fermented Products of Compost and Vermicompost. *Scientific World*, 6. <https://doi.org/10.3126/sw.v6i6.2634>
- Marks, J. A., Perakis, S. S., King, E. K., & Pett-Ridge, J. (2015). Soil organic matter regulates molybdenum storage and mobility in forests. *Biogeochemistry*, 125(2), 167–183. <https://doi.org/10.1007/s10533-015-0121-4>
- Martin, H. (2019). *Manure Composting as a Pathogen Reduction Strategy*. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/05-021.htm>
- Mcelrone, A., Choat, B., Gambetta, G., & Brodersen, C. (2013). Water uptake and transport in vascular plants. *Nat. Educ. Knowl.*, 4.
- McGovern, K. B., Annis, S. L., & Yarborough, D. E. (2012). Efficacy of Organically Acceptable Materials for Control of Mummy Berry Disease on Lowbush Blueberries in Maine. *International Journal of Fruit Science*, 12(1–3), 188–204. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.619350>
- Mendiburu, F. (2021). *Package 'agricolae' – Statistical Procedures for Agricultural Research (R 2.10)* [MacOS Catalina]. <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>
- Mengesha, W. K., Gill, W. M., Powell, S. M., Evans, K. J., & Barry, K. M. (2017). A study of selected factors affecting efficacy of compost tea against several fungal pathogens of potato. *Journal of Applied Microbiology*, 123(3), 732–747. <https://doi.org/10.1111/jam.13530>
- Mensinga, T. T., Speijers, G. J. A., & Meulenbelt, J. (2003). Health Implications of Exposure to Environmental Nitrogenous Compounds. *Toxicological Reviews*, 22(1), 41–51. <https://doi.org/10.2165/00139709-200322010-00005>
- Miller, A. J., & Cramer, M. D. (2005). Root Nitrogen Acquisition and Assimilation. *Plant and Soil*, 274(1), 1–36. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0965-1>
- Miller, A. J., Fan, X., Shen, Q., & Smith, S. J. (2008). Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 111–119. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm208>
- Mills, H. A. (2001). *Brussel sprouts, Brassica oleracea var gemmifera*. University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences.
- Monroy, F., Aira, M., & Domínguez, J. (2009). Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganisms and depends on the dose of application of pig slurry. *Science of The Total Environment*, 407(20), 5411–5416. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.048>
- Morales-Corts, M. R., Pérez-Sánchez, R., & Gómez-Sánchez, M. Á. (2018). Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*, 75(5), 400–409. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0439>
- Mulder, D. (1953). *Les Elements Mineurs en Culture Fruitiere*. Convegno Nazionale Frutticoltura.
- Munroe, G. (2007). *Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture*. *Org Agric Centre of Canada*.

- Myers, J. H. (1985). Effect of Physiological Condition of the Host Plant on the Ovipositional Choice of the Cabbage White Butterfly, *Pieris rapae*. *Journal of Animal Ecology*, 54(1), 193–204. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/4630>
- Nabity, P. D., Zavala, J. A., & DeLucia, E. H. (2008). Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. *Annals of Botany*, 103(4), 655–663. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn127>
- Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J., Siddiqui, Y., & Malaysia, S. (2010). Microbial Starter for the Enhancement of Biological Activity of Compost Tea. *ISSN OnlineHNB*, 12, 1560–8530.
- Naidu, Y., Meon, S., & Siddiqui, Y. (2012). In vitro and in vivo evaluation of microbial-enriched compost tea on the development of powdery mildew on melon. *BioControl*, 57(6), 827–836. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9454-2>
- Naidu, Y., Meon, S., & Siddiqui, Y. (2013). Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. *Scientia Horticulturae*, 159, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.024>
- Näser, D. (2020). *Regenerative Landwirtschaft*. Ulmer.
- Natarajan, M. B. S. (2003). *Panchakavya NK. A Manual*. Mother India Press. <https://www.vedicgiftshop.com/wp-content/uploads/2012/12/Panchagavya-Uses-Benefits.pdf>
- Nemoto, J. (2012). Krankheitsunterdrückende Eigenschaften von Vermikompost Extrakten bei Chinakohl gegen *Alternaria brassicae*. In R. Six & A. Kanzler (Hrsg.), *Biogemüsefibel 2012. Infos aus Praxis, Beratung und Forschung rund um den Biogemüse- und Kartoffelbau* (S. 28). Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich. https://www.bio-net.at/fileadmin/bionet/documents/Biogemuesefibel_2012_web.pdf
- Nene, Y. (2018). The concept and formulation of Kunapajala, the World's Oldest Fermented Liquid Organic Manure. *Asian Agri-History*, 22, 1–7. <https://doi.org/10.18311/aah/2018/v22i1/18292>
- Neuweiler, R. (2011). *Düngungsrichtlinien für den Gemüsebau*. 29.
- Neuweiler, R. (2013). *Optimierung der Schwefelversorgung im Feldgemüsebau*. Agroscope Wädenswil. https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/about-us/organization/competence-divisions-strategic-research-divisions/agroecology-environment/water-protection-substance-flows/_jcr_content/par/columncontrols/items/0/column/externalcontent_927815119.external.exturl.html/aHR0cHM6Ly9pcmcEuYWdyb3Njb3BlLmNoL2VuLVVTL0FqYXgvUH/VibGlrYXRpb24_ZWluemVscHVibGlrYXRpb25JZD0zM TI0MSZw/YXJlbnRVcmw9JTJGZW4tVVMIMkZBamF4JTJGUHVibGlrYXRpb2/5zbGlzdGUIMkZJbmRleE1pdGFyYmVpdGVyJTNGYWdyb3Njb3Bl/SWQIM0Q3MDkIMjZwYWdlJTNEg==.html
- Neuweiler, R., & Krauss, J. (2017). *Agroscope, 8820 Wädenswil, Schweiz*. 16.
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.577723>
- Nguyen, L. T. T., Osanai, Y., Anderson, I. C., Bange, M. P., Braunack, M., Tissue, D. T., & Singh, B. K. (2018). Impacts of waterlogging on soil nitrification and ammonia-oxidizing communities in farming system. *Plant and Soil*, 426(1), 299–311. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3584-y>
- NutriAg. (2020). Mulders Chart: Nutrient Interactions – Nutriag. *NutriAg Inovators in the Field*. <https://www.nutriag.com/mulderschart/>
- Omar, A. E.-D. Kh., Belal, E. B., & El-Abd, A. E.-N. A. (2012). Effects of foliar application with compost tea and filtrate biogas slurry liquid on yield and fruit quality of Washington navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck) trees. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(7), 767–772. <https://doi.org/10.1080/10962247.2012.676381>
- O'Rell, K. (2006). *NOSB Recommendation for Guidance: Use of Compost, Vermicompost, Processed Manure and Compost Tea*. National Organic Standards Board Crops Committee Recommendation for Guidance Use of Compost, Vermicompost, Processed Manure, and Compost teas. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/NOP%20Final%20Rec%20Guidance%20use%20of%20Compost.pdf>
- Otero, M., Salcedo, I., Txarterina, K., González-Murua, C., & Duñabeitia, M. K. (2019). Quality assessment of *Pinus radiata* production under sustainable nursery management based on compost tea. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 182(3), 356–366. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800309>
- Pandey, A., Trivedi, P., Kumar, B., & Palni, L. M. S. (2006). Characterization of a Phosphate Solubilizing and Antagonistic Strain of *Pseudomonas putida* (B0) Isolated from a Sub-Alpine Location in the Indian Central Himalaya. *Current Microbiology*, 53, 102–107.
- Pane, C., Celano, G., Vilecco, D., & Zaccardelli, M. (2012). Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection*, 38, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.012>
- Pane, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Scala, F., & Bonanomi, G. (2011). Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control*, 56(2), 115–124.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.10.002>

- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., & Paull, R. E. (2012). Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae*, *148*, 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.019>
- Pant, A., Radovich, T., Hue, N., & Arancon, N. (2011). Effects of Vermicompost Tea (Aqueous Extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological Properties. *Compost science & utilization*, *19*, 17–1. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10737010>
- Pantelides, I. S., Tjamos, S. E., Striglis, I. A., Chatzipavlidis, I., & Paplomatas, E. J. (2009). Mode of action of a non-pathogenic *Fusarium oxysporum* strain against *Verticillium dahliae* using Real Time QPCR analysis and biomarker transformation. *Biological Control*, *50*(1), 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.010>
- Passarini, K. C., Pereira, M. A., Farias, T. M. de B., Calarge, F. A., & Santana, C. C. (2014). Assessment of the viability and sustainability of an integrated waste management system for the city of Campinas (Brazil), by means of ecological cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, *65*, 479–488. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.037>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, *1*(1), 26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Patriquin, D. G., Baines, D., & Abboud, A. (1995). Diseases, Pests and Soil Fertility. In H. F. Cook & H. C. Lee (Hrsg.), *Soil Management in Sustainable Agriculture* (S. 161–174). Wye College Press.
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(8), 3795–3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
- Paul, M. J., & Driscoll, S. P. (1997). Sugar repression of photosynthesis: The role of carbohydrates in signalling nitrogen deficiency through source:sink imbalance. *Plant, Cell & Environment*, *20*(1), 110–116. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1997.d01-17.x>
- Pereira, T., de Paula, A., Ferrari, L. H., Silva, J., Pinheiro, J., Cajamarca, S., Jindo, K., Santos, M., Zandonadi, D., & Busato, J. (2021). Trichoderma-Enriched Vermicompost Extracts Reduces Nematode Biotic Stress in Tomato and Bell Pepper Crops. *Agronomy*, *11*, 1655. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081655>
- Podar, D., Scherer, J., Noordally, Z., Herzyk, P., Nies, D., & Sanders, D. (2012). Metal Selectivity Determinants in a Family of Transition Metal Transporters*. *Journal of Biological Chemistry*, *287*(5), 3185–3196. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.305649>
- Poffenbarger, H., Coyne, M. S., & Frye, W. W. (2018). Nitrogen in Soils/Cycle ☆. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11470-8>
- Polesskaya, O. G., Kashirina, E. I., & Alekhina, N. D. (2004). Changes in the Activity of Antioxidant Enzymes in Wheat Leaves and Roots as a Function of Nitrogen Source and Supply. *Russian Journal of Plant Physiology*, *51*(5), 615–620. <https://doi.org/10.1023/B:RUPP.0000040746.66725.77>
- Pregitzer, K., Deforest, J., Burton, A., Allen, M., Ruess, R., & Hendrick, R. (2002). Fine Root Architecture of Nine North American Trees. *Ecological Monographs*, *72*, 293–309. <https://doi.org/10.2307/3100029>
- Pregitzer, K., Laskowski, M., Burton, A., Lessard, V., & Zak, D. (1998). Variation in sugar maple root respiration with root diameter and soil depth. *Tree physiology*, *18*, 665–670. <https://doi.org/10.1093/treephys/18.10.665>
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. (1.4.1717) [MacOS Catalina]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Radin, A. M., & Warman, P. R. (2010). Assessment of Productivity and Plant Nutrition of Brussels Sprouts Using Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments. *International Journal of Vegetable Science*, *16*(4), 374–391. <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.493549>
- Radovich, T., Pant, A., Hue, N., Sugano, J., & Arancon, N. (2011a). *Promoting plant growth with Compost Teas*.
- Radovich, T., Pant, A., Hue, N., Sugano, J., & Arancon, N. (2011b). *Promoting plant growth with Compost Teas*.
- Ramesh, P. (2000). Effects of vermicomposts and vermin-composting on damage by sucking pests to ground nut (*Arachis hypogea*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *70*, 334.
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLOS ONE*, *8*(6), e66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
- Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L., & Brinton, W. F. (2010). Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technology*, *101*(14), 5658–5666. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.144>
- Reich, M., Shahbaz, M., Prajapati, D. H., Parmar, S., Hawkesford, M. J., & De Kok, L. J. (2016). Interactions of Sulfate with Other Nutrients As Revealed by H₂S Fumigation of Chinese Cabbage. *Frontiers in Plant Science*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00541>
- Renčo, M., & Kováčik, P. (2015). Assessment of the nematicidal potential of vermicompost, vermicompost tea, and urea

- application on the potato-cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Journal of Plant Protection Research*, 55, 187–192. <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0025>
- Rengel, Z. (2000). Manganese uptake and transport in plants. *Met Ions Biol Syst*, 37, 57–87. PubMed.
- Retsch GmbH. (2016). *Bedienungsanleitung Schwingmühle MM400*. Retsch GmbH. https://www.retsch.de/dltmp/www/53e4b572-7794-4416-bf3c-636500000000-765677b8b5d6/manual_mm400_de.pdf
- Reynolds, O., Keeping, M., & Meyer, J. (2009). Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: A review. *Annals of Applied Biology*, 155, 171–186. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x>
- Riedo, J., Wettstein, F. E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wächter, D., Martin-Laurent, F., Bucheli, T. D., Walder, F., & van der Heijden, M. G. A. (2021). Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils-the Ghost of a Conventional Agricultural Past? *Environmental Science & Technology*, 55(5), 2919–2928. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06405>
- Rietra, R. P. J. J., Heinen, M., Dimkpa, C. O., & Bindraban, P. S. (2017). Effects of Nutrient Antagonism and Synergism on Yield and Fertilizer Use Efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(16), 1895–1920. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407429>
- Robertson, G. P., & Groffman, P. M. (2015). Chapter 14—Nitrogen Transformations. In E. A. Paul (Hrsg.), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry (Fourth Edition)* (S. 421–446). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00014-1>
- Rodale, J. J. (1967). *The Complete Book of Composting*. Emmaus, PA Rodale Books, Inc.
- Rodrigues, F. A., & Datnoff, L. E. (2015). *Silicon and Plant Diseases* (1st ed. 2015.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22930-0>
- Rodríguez-Kábana, R. (1986). Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *J Nematol*, 18(2), 129–134. PubMed.
- Royston, J. P. (1982a). Algorithm AS 181: The W Test for Normality. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 31(2), 176–180. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2347986>
- Royston, J. P. (1982b). An Extension of Shapiro and Wilk's W Test for Normality to Large Samples. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 31(2), 115–124. <https://doi.org/10.2307/2347973>
- Royston, P. (1995). A Remark on Algorithm as 181: The W-Test for Normality. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 44(4), 547–551. <https://doi.org/10.2307/2986146>
- Rubi, A. (2021, Dezember 2). *Interview Komposttee* [Persönliche Kommunikation].
- Rubi, A. (2022, Februar 14). *Blattsaftanalyse* [Persönliche Kommunikation].
- Rubi, A. (2022, April 27). *Austausch zu den Ergebnissen* [Google-Meet].
- Rynk, R. (2001). Industries respond to the clopyralid controversy. *Biocycle*, 42, 66–67.
- Sanchez-Zabala, J., González-Murua, C., & Marino, D. (2015). Mild ammonium stress increases chlorophyll content in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Signaling & Behavior*, 10(3), e991596. <https://doi.org/10.4161/15592324.2014.991596>
- Sanwal, S., Laxminarayana, K., Yadav, D., Rai, N., & Yadav, R. (2008). Growth, Yield, and Dietary Antioxidants of Broccoli as Affected by Fertilizer Type. *Journal of Vegetable Science*, 12. https://doi.org/10.1300/J484v12n02_03
- Sauer, C. (2021). *Gemüsebau-Info / Pflanzenschutzmitteilungen*. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/gemuesebau/gemuesebau-info.html>
- Scheuerell, S. (2003). Understanding how compost tea can control disease. *BioCycle*, 44, 20–25.
- Scheuerell, S. J., & Mahaffee, W. (2000). Assessing aerated and non-aerated watery fermented compost and *Trichoderma harzianum* T-22 for control of powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *Rosae*) of rose in the Willamette Valley, Oregon. *Phytopathology*, 90, S69.
- Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2002). Compost Tea: Principles and Prospects For Plant Disease Control. *Compost Science & Utilization*, 10(4), 313–338. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702095>
- Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2004). Compost Tea as a Container Medium Drench for Suppressing Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 94, 1156–1163. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1156>
- Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2006). Variability Associated with Suppression of Gray Mold (*Botrytis cinerea*) on Geranium by Foliar Applications of Nonaerated and Aerated Compost Teas. *Plant Disease*, 90. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1201>
- Schimel, J. P., Jackson, L. E., & Firestone, M. K. (1989). Spatial and temporal effects on plant-microbial competition for inorganic nitrogen in a california annual grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 21(8), 1059–1066. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(89\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(89)90044-8)
- Schumacher, P. (2019, Dezember 6). *Grundlagen der Pflanzenernährung* [Vorlesung]. Physiologie und Ernährung von

Pflanzen, ZHAW, Wädenswil.

- Seddigh, S., & Kiani, L. (2018). Evaluation of different types of compost tea to control rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *Rosae*). *International Journal of Pest Management*, *64*(2), 178–184. <https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1361050>
- Segarra, G., Reis, M., Casanova, E., & Trillas, M. I. (2009). Control of powdery mildew (*Erysiphe Polygoni*) in tomato by foliar applications of compost tea. *JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY*, *91*, 683.
- Shaharoon, B., Naveed, M., Arshad, M., & Zahir, Z. A. (2008). Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology*, *79*(1), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1419-0>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). *A Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press.
- Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1998). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, *78*(1), 5–38. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00189-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00189-7)
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*, *2012*, 217037. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>
- Shireen, F., Nawaz, M. A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., & Bie, Z. (2018). Boron: Functions and Approaches to Enhance Its Availability in Plants for Sustainable Agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(7). <https://doi.org/10.3390/ijms19071856>
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, M. R., & Ali, A. (2008). Trichoderma-fortified compost extracts for the control of choanephora wet rot in okra production. *Crop Protection*, *27*(3), 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.002>
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M., & Ali, A. (2008). Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). *Scientia Horticulturae*, *117*(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.008>
- Siddiqui, Y., Tajul, M., Naidu, Y., & Meon, S. (2011). The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) urban. *Scientia Horticulturae*, *130*, 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.043>
- Siddiqui, Z. A., & Mahmood, I. (1999). Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: A review. *Bioresource Technology*, *69*(2), 167–179. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00122-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00122-9)
- Sieprawska, A., Filek, M., Tobiasz, A., Walas, S., Dudek-Adamska, D., & Grygo-Szymanko, E. (2016). Trace elements' uptake and antioxidant response to excess of manganese in in vitro cells of sensitive and tolerant wheat. *Acta Physiologiae Plantarum*, *38*(2), 55. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2071-4>
- Signore, A., Serio, F., & Santamaria, P. (2016). A Targeted Management of the Nutrient Solution in a Soilless Tomato Crop According to Plant Needs. *Frontiers in Plant Science*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00391>
- Simsek Ersahin, Y., Haktanir, K., & Yanar, Y. (2009). Vermicompost suppresses *Rhizoctonia solani* Kühn in cucumber seedlings. *Journal of Plant Diseases and Protection*, *116*(4), 182–188. <https://doi.org/10.1007/BF03356308>
- Smit, A. L., Booij, R., Enserink, C. T., & van der Werf, A. (1995). Rooting Characteristics and Nitrogen Utilisation of Brussels Sprouts and Leeks. *Biological Agriculture & Horticulture*, *11*(1–4), 247–256. <https://doi.org/10.1080/01448765.1995.9754709>
- Smit, A. L., Booij, R., & Werf, A. (1996). The spatial and temporal rooting pattern of Brussels sprouts and leeks. *Netherlands Journal of Agricultural Science* *44*: 57-72, *44*. <https://doi.org/10.18174/njas.v44i1.558>
- Sonnenwald, U. (2014). Stoffwechselfysiologie. In E. Strassburger, F. Noll, H. Schenk, & A. F. W. Schimper (Hrsg.), *Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften*, (37. Aufl., S. 337–446). Springer Spektrum.
- Soobhany, N., Mohee, R., & Garg, V. K. (2017). A comparative analysis of composts and vermicomposts derived from municipal solid waste for the growth and yield of green bean (*Phaseolus vulgaris*). *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(12), 11228–11239. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8774-2>
- Sorour, S., Amer, M., Hag, D., Hasan, E., Awad, M., KIZILGEÇİ, F., Öztürk, F., Iqbal, M. A., & EL Sabagh, A. (2021). Organic amendments and nano-micronutrients restore soil physico-chemical properties and boost wheat yield under saline environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, *30*, 10941–10950.
- Speiser, B., Tamm, L., Leschenne, V., Kretzschmar, U., Brändle, I., Maurer, V., Schneider, C., Dittmann, M., & Berger, T. (2022). *Betriebsmittelliste 2022 für den biologischen Landbau in der Schweiz*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1032-hilfsstoffliste.pdf>
- Srivastava, R., Khalid, A., Singh, U. S., & Sharma, A. K. (2010). Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological Control*, *53*(1), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.11.012>
- St. Martin, C. (2014). Potential of compost tea for suppressing plant diseases. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*, *9*, 1–38. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20149032>

- St. Martin, C. (2015). *Enhancing Soil Suppressiveness Using Compost and Compost Tea* (Bd. 46, S. 25–49). https://doi.org/10.1007/978-3-319-23075-7_2
- St. Martin, C. C. G., & Brathwaite, R. A. I. (2012). Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biological Agriculture & Horticulture*, 28(1), 1–33. <https://doi.org/10.1080/01448765.2012.671516>
- St. Martin, C. C. G., Rouse-Miller, J., Barry, G. T., & Vilpigue, P. (2020). Compost and Compost Tea Microbiology: The “-Omics” Era. In M. K. Meghvansi & A. Varma (Hrsg.), *Biology of Composts* (S. 3–30). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39173-7_1
- St. Martin, C., Rouse-Miller, J., Thomas, G., & Vilpigue, P. (2020). *Compost and Compost Tea Microbiology: The “-Omics” Era* (S. 3–30). https://doi.org/10.1007/978-3-030-39173-7_1
- Stewart, A., & Hill, R. (2014). Chapter 31—Applications of Trichoderma in Plant Growth Promotion. In V. K. Gupta, M. Schmoll, A. Herrera-Estrella, R. S. Upadhyay, I. Druzhinina, & M. G. Tuohy (Hrsg.), *Biotechnology and Biology of Trichoderma* (S. 415–428). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00031-X>
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, C., López, M. J., Capel, C., & Moreno, J. (2007). Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. Sp. Melonis. *Crop Protection*, 26(1), 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.003>
- Szczecz, M. M. (1999). Suppressiveness of Vermicompost against *Fusarium Wilt* of Tomato. *Journal of Phytopathology*, 147(3), 155–161. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.1999.147003155.x>
- Tartachnyk, I., & Blanke, M. M. (2002). Effect of mechanically-simulated hail on photosynthesis, dark respiration and transpiration of apple leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 48(2), 169–175. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00022-9](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00022-9)
- Tateda, M., Yoneda, D., & Sato, Y. (2007). Effects of Compost Tea Making from Differently Treated Compost on Plant Disease Control. *Journal of Wetlands Research*, 9(1), 91–98.
- Thomma Bart P. H. J., Eggermont Kristel, Penninckx Iris A. M. A., Mauch-Mani Brigitte, Vogelsang Ralph, Cammue Bruno P. A., & Broekaert Willem F. (1998). Separate jasmonate-dependent and salicylate-dependent defense-response pathways in *Arabidopsis* are essential for resistance to distinct microbial pathogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(25), 15107–15111. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.25.15107>
- Tiedje, J. (1988). Ecology of denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (Bd. 717, S. 179–244).
- Tognetti, C., Laos, F., Mazarino, M. J., & Hernández, M. T. (2005). Composting vs. Vermicomposting: A Comparison of End Product Quality. *Compost Science & Utilization*, 13(1), 6–13. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702212>
- Torres-Vera, R., García, J. M., Pozo, M. J., & López-Ráez, J. A. (2014). Do strigolactones contribute to plant defence? *Molecular Plant Pathology*, 15(2), 211–216. <https://doi.org/10.1111/mpp.12074>
- Touart, A. (2000). Time for (compost) tea in the northwest. *BioCycle*, 41, 74–77.
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F. T., Bardgett, R. D., Brady, M. V., Bjornlund, L., Jørgensen, H. B., Christensen, S., Hertefeldt, T. D., Hotes, S., Gera Hol, W. H., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S. R., ... Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973–985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- Van Beneden, S., Roobroeck, D., França, S. C., De Neve, S., Boeckx, P., & Höfte, M. (2010). Microbial populations involved in the suppression of *Rhizoctonia solani* AG1-1B by lignin incorporation in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(8), 1268–1274. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.04.007>
- Van der Heijden, M., Bender, S., Olbrecht, L., & Wagg, C. (2014). *Soil biota as drivers of ecosystem sustainability and multifunctionality*.
- Van Loon, L. C. (2000). Systemic Induced Resistance. In A. J. Slusarenko, R. S. S. Fraser, & L. C. van Loon (Hrsg.), *Mechanisms of Resistance to Plant Diseases* (S. 521–574). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3937-3_13
- van Schoor, L., Denman, S., & Cook, N. C. (2009). Characterisation of apple replant disease under South African conditions and potential biological management strategies. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.032>
- Vanbruggen, A. (1995). Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organics farming systems. *Plant Disease*, 79, 976–984.
- Vinale, F., Flematti, G., Sivasithamparam, K., Lorito, M., Marra, R., Skelton, B. W., & Ghisalberti, E. L. (2009). Harzianic Acid, an Antifungal and Plant Growth Promoting Metabolite from *Trichoderma harzianum*. *Journal of Natural Products*, 72(11), 2032–2035. <https://doi.org/10.1021/np900548p>
- Visakorpi, K., Gripenberg, S., Malhi, Y., Bolas, C., Oliveras, I., Harris, N., Rifai, S., & Riutta, T. (2018). Small-scale indirect plant responses to insect herbivory could have major impacts on canopy photosynthesis and isoprene emission.

- New Phytologist*, 220(3), 799–810. <https://doi.org/10.1111/nph.15338>
- Wanner, R. (2013). *CHNO Messung mit TruSpec Macro Analyser* (Bodenökologie Patent). https://moodle0.zhaw.ch/pluginfile.php/751941/mod_resource/content/2/SOP-U11356a_CHNO%20Messung%20mit%20TruSpec%20Macro%20Analyser.pdf
- Welke, S. (2004). The Effect of Compost Extract on the Yield of Strawberries and the Severity of *Botrytis cinerea*. *Journal of Sustainable Agriculture*, 25, 57–68. https://doi.org/10.1300/J064v25n01_06
- Weltzien, H. C. (1990). The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops. *Monograph British Crop Protection Council*, 45, 115–120.
- Weltzien, H. C. (1991a). Biocontrol of Foliar Fungal Diseases with Compost Extracts. In J. H. Andrews & S. S. Hirano (Hrsg.), *Microbial Ecology of Leaves*. Springer.
- Weltzien, H. C. (1991b). *Biocontrol of Foliar Fungal Diseases with Compost Extracts*.
- White, P. J. (2012). Chapter 2—Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-distance Transport. In P. Marschner (Hrsg.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (S. 7–47). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00002-9>
- Xu, D., Raza, W., Yu, G., Zhao, Q., Shen, Q., & Huang, Q. (2012a). Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(3), 1193–1201. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0922-0>
- Xu, D., Raza, W., Yu, G.-H., Zhao, Q., Shen, Q., & Huang, Q. (2012b). Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World journal of microbiology & biotechnology*, 28, 1193–1201. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0922-0>
- Xu, D., Zhao, S., Xiong, Y., Peng, C., Xu, X., Si, G., Yuan, J., & Huang, Q. (2015). The Biological, Physical-chemical and Spectral Properties of Aerated Compost Extracts: Influence of Aeration Quantity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46, 151005093217006. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1081693>
- Xu, G., Magen, H., Tarchitzky, J., & Kafkafi, U. (1999). Advances in Chloride Nutrition of Plants. In D. L. Sparks (Hrsg.), *Advances in Agronomy* (Bd. 68, S. 97–150). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60844-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60844-5)
- Yang, Z., You, J., & Yang, Z.-M. (2008). Manganese uptake and transportation as well as antioxidant response to excess manganese in plants. *Zhi wu sheng li yu fen zi sheng wu xue xue bao = Journal of plant physiology and molecular biology*, 33, 480–488.
- Yatoo, A. M., Ali, Md. N., Baba, Z. A., & Hassan, B. (2021). Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00657-w>
- Yatoo, A. M., Rasool, S., Ali, S., Majid, S., Rehman, M. U., Ali, Md. N., Eachkoti, R., Rasool, S., Rashid, S. M., & Farooq, S. (2020). Vermicomposting: An Eco-Friendly Approach for Recycling/Management of Organic Wastes. In K. R. Hakeem, R. A. Bhat, & H. Qadri (Hrsg.), *Bioremediation and Biotechnology: Sustainable Approaches to Pollution Degradation* (S. 167–187). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0_8
- Yokozawa, M., & Hara, T. (1995). Foliage Profile, Size Structure and Stem Diameter-Plant Height Relationship in Crowded Plant Populations. *Annals of Botany*, 76(3), 271–285. <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1096>
- You, X., Tojo, M., Ching, S., & Wang, K.-H. (2018). Effects of vermicompost water extract prepared from bamboo and kudzu against and. *Journal of Nematology*, 50(4), 569–578. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2018-054>
- Zaccardelli, M., Pane, C., Villecco, D., Palese, A., & Celano, G. (2018). Compost tea spraying increases yield performance of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouse under organic farming system. *Italian Journal of Agronomy*, 13, 229–234. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.991>
- Zangerl, A. R., Hamilton, J. G., Miller, T. J., Crofts, A. R., Oxborough, K., Berenbaum, M. R., & Lucia, E. H. de. (2002). Impact of folivory on photosynthesis is greater than the sum of its holes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(2), 1088–1091. <https://doi.org/10.1073/pnas.022647099>
- Zeng, H., Wang, G., Hu, X., Wang, H., Du, L., & Zhu, Y. (2014). Role of microRNAs in plant responses to nutrient stress. *Plant and Soil*, 374(1), 1005–1021. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1907-6>
- Zhang, L., Sun, S., Liang, Y., Li, B., Ma, S., Wang, Z., Ma, B., & Li, M. (2021). Nitrogen Levels Regulate Sugar Metabolism and Transport in the Shoot Tips of Crabapple Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.626149>
- Zomer, R. J., Bossio, D. A., Sommer, R., & Verchot, L. V. (2017). Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils. *Scientific Reports*, 7(1), 15554. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>

Selbständigkeitserklärung

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der Studierende, dass er die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen einschliesslich Internet-Seiten im Text und Anhang korrekt ausgewiesen sind und dass die vorliegende Arbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten die § 39. und 40. (Unredlichkeit und Verfahren bei Unredlichkeit) der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelor-Studiengänge der Hochschule Wädenswil vom 1. September 2006 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum: Indemini, 4.7.22

Name: Bässler

Vorname : Timon

Unterschrift:

Anhang

Blattsaftanalyse 1

A: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202110151215

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: A G+K
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
4

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,5	1,4 - 2,4			
pH		6,0	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	13,2	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4319	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	525	1150 - 4575			
K / Ca		8,22				
Mg - Magnesium	ppm	255	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	38	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1389	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	4078	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	265	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1145	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	805	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	8,2	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,97	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	3,63	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,07	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,60	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,44	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,06	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis ihrer Analyse oder Beratung.

A: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe 2021110151214 **Probendatum:** 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh **Lage/Grundstück:** Brussel Sprouts
Adresse: Halterhus 1 **Anbau:** A Gedungt
 6017 Ruswil **Ernte:** Spruitkool
 Switzerland **Pflanzenteil:** Blatt (Jung)

Hinweise
3

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,5	1,4 - 2,4			
pH		5,8	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	13,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4335	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	567	1150 - 4575			
K / Ca		7,65				
Mg - Magnesium	ppm	270	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	31	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1478	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	4191	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	244	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1154	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	798	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	8,8	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,25	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	3,68	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,03	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	4,12	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,39	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	<0,05	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

A: Komposttee



Pflanzensaft-Probe 2021110151213

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: A Komposttee
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
2

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,7	1,4 - 2,4			
pH		5,7	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	12,7	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4337	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	740	1150 - 4575			
K / Ca		5,86				
Mg - Magnesium	ppm	291	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	12	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1211	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3902	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	226	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	913	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	811	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,9	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,22	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	3,55	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	3,61	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,26	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,30	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,10	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

A: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe 202110151212

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: A Kontrolle
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
1

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,5	1,4 - 2,4			
pH		6,1	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	12,4	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4345	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	588	1150 - 4575			
K / Ca		7,39				
Mg - Magnesium	ppm	266	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	10	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1047	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3177	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	235	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	937	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	697	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,5	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,12	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,35	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,47	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,72	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,49	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,10	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 2021110151217

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
 Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
 Anbau: B G+K
 Ernte: Spruitkool
 Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
 2

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,4	1,4 - 2,4			
pH		6,2	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	13,4	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4313	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	487	1150 - 4575			
K / Ca		8,85				
Mg - Magnesium	ppm	268	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	32	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1570	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	4500	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	259	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1146	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	909	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	7,0	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,76	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	4,61	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,63	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,02	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,46	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,06	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe 202110151216

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
 Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
 Anbau: B Gedungt
 Ernte: Spruitkool
 Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
 1

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,8	1,4 - 2,4			
pH		6,9	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	16,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4142	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	302	1150 - 4575			
K / Ca		13,72				
Mg - Magnesium	ppm	165	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	31	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	2941	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	5379	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	315	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1661	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	563	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,2	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,44	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,10	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	5,76	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,27	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,24	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,09	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202110151218

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
 Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
 Anbau: B Komposttee
 Ernte: Spruitkool
 Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
3

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,5	1,4 - 2,4			
pH		6,0	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	12,7	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4377	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	521	1150 - 4575			
K / Ca		8,40				
Mg - Magnesium	ppm	267	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	14	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1086	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3673	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	219	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	873	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	805	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,5	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,14	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,68	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	3,83	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	2,33	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,36	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,11	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis ihrer Analyse oder Beratung.

B: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe 202110151219

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
6017 Ruswil
Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: B Kontrolle
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
4

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,6	1,4 - 2,4			
pH		6,1	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	12,8	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4525	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	617	1150 - 4575			
K / Ca		7,33				
Mg - Magnesium	ppm	274	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	12	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1041	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3333	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	236	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	890	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	775	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,8	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,66	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,65	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	3,62	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	2,44	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,44	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,09	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis ihrer Analyse oder Beratung.

C: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202110151222

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edaplo Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C G+K
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
3

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,4	1,4 - 2,4			
pH		5,9	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	14,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4392	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	381	1150 - 4575			
K / Ca		11,53				
Mg - Magnesium	ppm	277	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	31	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1696	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	4655	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	271	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1184	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	925	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,4	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,30	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	5,06	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,75	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,48	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,51	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,07	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

C: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe 2021110151223

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
 Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
 Anbau: C Gedungt
 Ernte: Spruitkool
 Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
4

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,6	1,4 - 2,4			
pH		6,3	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	13,7	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4431	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	409	1150 - 4575			
K / Ca		10,82				
Mg - Magnesium	ppm	250	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	33	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1536	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	4336	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	266	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1316	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	765	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,4	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	2,08	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,99	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	4,49	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	4,27	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,46	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,06	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

C: Komposttee



Pflanzensaft-Probe 2021110151220

Probendatum: 29-9-2021

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C Komposttee
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Jung)

Hinweise
1

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,5	1,4 - 2,4			
pH		5,3	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	11,8	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4429	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	664	1150 - 4575			
K / Ca		6,67				
Mg - Magnesium	ppm	269	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	10	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	847	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3089	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	214	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	800	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	812	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,2	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,36	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	3,43	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	3,52	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	2,07	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,32	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,07	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis ihrer Analyse oder Beratung.

C: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe 2021110151221 **Probendatum:** 29-9-2021
Name: Edapro Gmbh **Lage/Grundstück:** Brussel Sprouts
Adresse: Halterhus 1 **Anbau:** C Kontrolle
 6017 Ruswil **Ernte:** Spruitkool
 Switzerland **Pflanzenteil:** Blatt (Jung)
Hinweise
 2

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,6	1,4 - 2,4			
pH		5,5	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	12,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	4448	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	641	1150 - 4575			
K / Ca		6,94				
Mg - Magnesium	ppm	286	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	9	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	817	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3329	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	245	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	704	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	844	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,8	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,66	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	3,55	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	3,54	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	2,75	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,32	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,12	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20211013

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

Blattsaftanalyse 2

A: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202202111190

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: A G+K
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	2,0	1,2 - 3,1			
pH		5,3	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,2	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3725	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	181	1150 - 4575			
K / Ca		20,61				
Mg - Magnesium	ppm	133	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	21	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	444	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3407	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	332	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	888	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	623	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,6	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,22	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,70	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,85	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,56	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,21	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,09	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis ihrer Analyse oder Beratung.

A: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe 202202111187

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
 Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
 Anbau: A Gedungt
 Ernte: Spruitkool
 Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	0,3	1,2 - 3,1			
pH		7,1	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	15,9	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3866	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	142	1150 - 4575			
K / Ca		27,29				
Mg - Magnesium	ppm	44	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	19	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	1805	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3017	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	351	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	1041	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	233	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	8,7	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,80	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,03	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,42	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	3,19	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	<0,10	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	<0,05	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

A: Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202202111193 **Probendatum:** 11-2-2022
Name: Edapro Gmbh **Lage/Grundstück:** Brussel Sprouts
Adresse: Halterhus 1 **Anbau:** A Komposttee
 6017 Ruswil **Ernte:** Spruitkool
 Switzerland **Pflanzenteil:** Blatt (Mittel)
Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,0	1,2 - 3,1			
pH		7,1	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	10,2	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	2872	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	281	1150 - 4575			
K / Ca		10,21				
Mg - Magnesium	ppm	82	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	8	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	933	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	2724	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	284	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	680	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	258	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	8,5	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,59	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,01	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,30	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,15	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,11	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,10	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

A: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe	202202111184	Probendatum:	11-2-2022
Name:	Edapros Gmbh	Lage/Grundstück:	Brussel Sprouts
Adresse:	Halterhus 1 6017 Ruswil Switzerland	Anbau:	A Kontrolle
Hinweise		Ernte:	Spruitkool
		Pflanzenteil:	Blatt (Mittel)

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	2,4	1,2 - 3,1			
pH		5,9	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,0	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3316	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	342	1150 - 4575			
K / Ca		9,69				
Mg - Magnesium	ppm	114	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	7	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	395	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3068	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	270	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	785	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	434	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,4	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,55	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,18	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,60	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	0,67	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,24	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,16	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202202111191

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: B G+K
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,7	1,2 - 3,1			
pH		4,8	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3858	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	270	1150 - 4575			
K / Ca		14,27				
Mg - Magnesium	ppm	156	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	22	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	408	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3510	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	335	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	916	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	594	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,7	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,16	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	2,51	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,92	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	2,07	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,24	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,06	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe	202202111188	Probendatum:	11-2-2022
Name:	Edapro Gmbh	Lage/Grundstück:	Brussel Sprouts
Adresse:	Halterhus 1 6017 Ruswil Switzerland	Anbau:	B Gedungt
		Ernte:	Spruitkool
Hinweise		Pflanzenteil:	Blatt (Mittel)

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	2,0	1,2 - 3,1			
pH		5,6	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,7	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3653	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	316	1150 - 4575			
K / Ca		11,55				
Mg - Magnesium	ppm	131	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	20	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	436	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3464	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	415	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	987	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	576	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,8	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,21	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,60	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,68	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	0,94	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,19	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,07	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Komposttee



Pflanzensaft-Probe	202202111194	Probendatum:	11-2-2022
Name:	Edapros Gmbh	Lage/Grundstück:	Brussel Sprouts
Adresse:	Halterhus 1 6017 Ruswil Switzerland	Anbau:	B Komposttee
Hinweise		Ernte:	Spruitkool
		Pflanzenteil:	Blatt (Mittel)

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,2	1,2 - 3,1			
pH		6,4	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	10,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3350	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	193	1150 - 4575			
K / Ca		17,32				
Mg - Magnesium	ppm	113	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	6	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	607	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	2672	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	235	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	572	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	395	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,6	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,41	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,26	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	0,96	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,64	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,15	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,09	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

B: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe	202202111185	Probendatum:	11-2-2022
Name:	Edapro Gmbh	Lage/Grundstück:	Brussel Sprouts
Adresse:	Halterhus 1 6017 Ruswil Switzerland	Anbau:	B Kontrolle
Hinweise		Ernte:	Spruitkool
		Pflanzenteil:	Blatt (Mittel)

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	2,6	1,2 - 3,1			
pH		6,3	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	8,0	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3190	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	262	1150 - 4575			
K / Ca		12,18				
Mg - Magnesium	ppm	101	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	6	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	337	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	28	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	6	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	2982	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	240	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	653	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	398	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,4	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,59	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,42	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,15	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,22	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,20	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,13	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

C: Gedüngt und Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202202111192

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C G+K
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,1	1,2 - 3,1			
pH		6,2	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,9	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3204	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	194	1150 - 4575			
K / Ca		16,54				
Mg - Magnesium	ppm	131	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	17	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	673	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	2716	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	269	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	799	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	361	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	5,0	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,69	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,29	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,07	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,80	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,20	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	<0,05	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

14-2-2022

1 / 1

C: Gedüngt



Pflanzensaft-Probe 202202111189

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C Gedungt
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,7	1,2 - 3,1			
pH		5,7	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,1	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3761	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	164	1150 - 4575			
K / Ca		23,00				
Mg - Magnesium	ppm	137	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	13	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	435	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3360	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	305	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	889	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	630	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,8	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,39	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,33	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	2,01	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,30	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,20	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,09	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

C: Komposttee



Pflanzensaft-Probe 202202111195

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C Komposttee
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,8	1,2 - 3,1			
pH		5,4	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	9,0	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3469	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	153	1150 - 4575			
K / Ca		22,65				
Mg - Magnesium	ppm	118	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	5	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	382	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	3237	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	329	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	655	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	604	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	3,3	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,01	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	1,28	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,82	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	0,42	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,13	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,14	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

C: Kontrolle



Pflanzensaft-Probe 202202111186

Probendatum: 11-2-2022

Name: Edapro Gmbh
Adresse: Halterhus 1
 6017 Ruswil
 Switzerland

Lage/Grundstück: Brussel Sprouts
Anbau: C Kontrolle
Ernte: Spruitkool
Pflanzenteil: Blatt (Mittel)

Hinweise

Mineral		Aktuellen Niveau	Optimum			
Zucker	%	1,0	1,2 - 3,1			
pH		6,5	6,1 - 6,3			
EC	mS/cm	10,4	9,8 - 12,1			
K - Kalium	ppm	3235	3000 - 4525			
Ca - Kalzium	ppm	156	1150 - 4575			
K / Ca		20,74				
Mg - Magnesium	ppm	113	240 - 400			
Na - Natrium	ppm	5	46 - 126			
NH4 - Ammonium	ppm	753	60 - 160			
NO3 - Nitrat	ppm	<20	20 - 360			
N aus Nitrat	ppm	<5	5 - 81			
N - Gesamt Stickstoff	ppm	2699	1190 - 2430			
Cl - Chlorid	ppm	321	460 - 1020			
S - Schwefel	ppm	582	970 - 1600			
P - Phosphor	ppm	419	120 - 310			
Si - Silizium	ppm	4,7	4,3 - 8,6			
Fe - Eisen	ppm	1,48	1,60 - 2,90			
Mn - Mangan	ppm	0,85	2,00 - 3,80			
Zn - Zink	ppm	1,28	1,90 - 4,20			
B - Bor	ppm	1,02	2,00 - 5,60			
Cu - Kupfer	ppm	0,16	0,15 - 0,35			
Mo - Molybdän	ppm	0,14	0,15 - 0,40			
Al - Aluminium	ppm	<0,50	<0,50 - 0,53			

Fragen Sie Ihren Berater nach geeigneten Dünger Empfehlungen.

301.20220127a

Da NovaCropControl keinen Effekt und/oder keine Kontrolle hat über die Probenahme, übernimmt NovaCropControl keine Haftung für nachteiligen Folgen als Ergebnis Ihrer Analyse oder Beratung.

Ergebnisse der CHN-Analyse

Feld	Verfahren	Einwaage [g]	Ctot [%]	Htot [%]	Ntot [%]
A1	Kontrolle	0.102	44.3	6.1	2.1
A1	Kontrolle	0.104	44.5	6.1	2.2
B4	Kontrolle	0.101	45.3	6.0	2.3
B4	Kontrolle	0.101	45.0	6.0	2.3
C2	Kontrolle	0.1068	45.8	6.1	2.4
C2	Kontrolle	0.1014	45.5	6.1	2.4
A2	Komposttee	0.1009	45.3	6.1	2.7
A2	Komposttee	0.1026	45.3	6.1	2.6
B2	Komposttee	0.1026	45.4	6.1	2.7
B2	Komposttee	0.1019	45.1	6.0	2.7
C1	Komposttee	0.1025	45.1	5.8	2.2
C1	Komposttee	0.104	45.1	6.1	2.2
C4	Gedüngt	0.1012	45.9	6.2	2.9
C4	Gedüngt	0.1017	46.0	6.2	2.9
B1	Gedüngt	0.1018	44.4	6.1	2.6
B1	Gedüngt	0.1017	44.6	6.1	2.6
A3	Gedüngt	0.1023	46.1	6.0	2.5
A3	Gedüngt	0.1002	46.4	6.0	2.6
A4	Gedüngt & Komposttee	0.1023	47.0	5.8	2.7
A4	Gedüngt & Komposttee	0.1026	48.1	6.0	2.7
B3	Gedüngt & Komposttee	0.1066	44.6	6.0	2.6
B3	Gedüngt & Komposttee	0.1078	44.9	6.0	2.6
C3	Gedüngt & Komposttee	0.1041	45.6	6.1	3.1
C3	Gedüngt & Komposttee	0.1033	45.7	6.1	3.0

Ergebnisse der Ernte der Rosenkohlpflanzen und der Wurzeln

Verfahren	Wurzelgewicht [g]	Erntegewicht [g]	Faulgewicht [g]
Kontrolle	20	4.6	0
Kontrolle	21.7	4.6	0
Kontrolle	17.1	4.6	0
Kontrolle	11.5	4.6	0
Kontrolle	16.5	4.6	0
Komposttee	19.3	4.7	0
Komposttee	15.1	4.7	0
Komposttee	28.5	4.7	0
Komposttee	22.1	4.7	0
Komposttee	18.6	4.7	0
Gedüngt	31.6	13	0.54
Gedüngt	26.3	13	0.54
Gedüngt	32.5	13	0.54
Gedüngt	22.9	13	0.54
Gedüngt	34.3	13	0.54
Gedüngt Komposttee	22	9.8	0.6
Gedüngt Komposttee	23.5	9.8	0.6
Gedüngt Komposttee	28.1	9.8	0.6
Gedüngt Komposttee	36.4	9.8	0.6
Gedüngt Komposttee	9.6	9.8	0.6
Gedüngt	21.6	15.4	1.86
Gedüngt	23.9	15.4	1.86
Gedüngt	22.5	15.4	1.86
Gedüngt	38.1	15.4	1.86
Gedüngt	32.7	15.4	1.86
Gedüngt Komposttee	14.6	5	0
Gedüngt Komposttee	33.2	5	0
Gedüngt Komposttee	31.3	5	0
Gedüngt Komposttee	30.1	5	0
Gedüngt Komposttee	24.2	5	0
Komposttee	18.6	13.6	1.8
Komposttee	23.8	13.6	1.8
Komposttee	30.7	13.6	1.8
Komposttee	20.2	13.6	1.8
Komposttee	31.9	13.6	1.8
Kontrolle	23	4.2	0
Kontrolle	25.7	4.2	0
Kontrolle	16.2	4.2	0
Kontrolle	24.2	4.2	0
Kontrolle	16	4.2	0
Komposttee	22	5.2	0
Komposttee	26.7	5.2	0
Komposttee	34.9	5.2	0
Komposttee	23.8	5.2	0
Komposttee	16.5	5.2	0
Kontrolle	22.5	4.6	0
Kontrolle	27	4.6	0
Kontrolle	20.7	4.6	0
Kontrolle	26.2	4.6	0
Kontrolle	24.7	4.6	0
Gedüngt Komposttee	29.1	14.5	1.14
Gedüngt Komposttee	31.6	14.5	1.14
Gedüngt Komposttee	30.5	14.5	1.14
Gedüngt Komposttee	32.2	14.5	1.14
Gedüngt Komposttee	32.6	14.5	1.14
Gedüngt	26.9	13.6	1.2
Gedüngt	17.8	13.6	1.2
Gedüngt	26	13.6	1.2
Gedüngt	27.9	13.6	1.2
Gedüngt	24.65	13.6	1.2

Hohe der Rosenkohl-Pflanzen [cm] und Bonitierung vom Pilzbefall [1-9]

Feld	Höhe [cm]	Pilz- befall [1-9]	Feld	Höhe [cm]	Pilz- befall [1-9]	Feld	Höhe [cm]	Pilz- befall [1-9]	Feld	Höhe [cm]	Pilz- befall [1-9]
A1	44	2	A2	53	1	A3	69	1	A4	53	2
A1	45.5	1	A2	48	1	A3	67	2	A4	61	1
A1	35.5	2	A2	48.5	1	A3	63	2	A4	45	1
A1	47.5	1	A2	46	1	A3	60	2	A4	57	2
A1	43	1	A2	49	1	A3	75	2	A4	61	1
A1	50	1	A2	47.5	1	A3	64	1	A4	65	1
A1	51	1	A2	39	1	A3	61	2	A4	65	2
A1	39	2	A2	48	1	A3	72	2	A4	71	2
A1	43	2	A2	42.5	1	A3	68	7	A4	68	1
A1	45	1	A2	35	1	A3	62	1	A4	69	2
A1	47.5	2	A2	49	1	A3	71	1	A4	48	3
A1	42	1	A2	44	1	A3	71	2	A4	64	3
A1	58.5	2	A2	53.5	1	A3	62	3	A4	39	5
A1	40	1	A2	43.5	1	A3	68	2	A4	49	2
A1	46.5	2	A2	53.5	1	A3	64.5	3	A4	65	1
A1	43	2	A2	48	1	A3	65	3	A4	64	4
A1	54	2	A2	47	1	A3	57	3	A4	58	2
A1	35	2	A2	50.5	1	A3	66	3	A4	56	1
A1	45	2	A2	59	1	A3	64	3	A4	68	4
B1	52.1	3	B2	44	8	B3	56	2	B4	56	2
B1	65	3	B2	69	3	B3	58	1	B4	44	1
B1	63	4	B2	63	3	B3	45	2	B4	39	2
B1	67	3	B2	66	5	B3	61	1	B4	44	1
B1	68	5	B2	66	4	B3	51	1	B4	39	1
B1	67	4	B2	63	3	B3	50	1	B4	50	1
B1	68	5	B2	59	2	B3	52	1	B4	53	1
B1	68	4	B2	69	3	B3	52	1	B4	52	1
B1	68	2	B2	69	2	B3	48	1	B4	47	1
B1	62	1	B2	51	3	B3	52	1	B4	43	1
B1	65	2	B2	53	2	B3	50	3	B4	36	1
B1	68	4	B2	58	9	B3	35	2	B4	55	1
B1	67	2	B2	64	5	B3	52	1	B4	51	1
B1	63	3	B2	69	4	B3	41	1	B4	47	1
B1	53	4	B2	73	3	B3	44	2	B4	53	2
B1	70	2	B2	65	3	B3	55	2	B4	35	1
B1	63	9	B2	73	3	B3	55	1	B4	46	1
B1	67	5	B2	64	3	B3	59	1	B4	56	1
B1	66	5	B2	67	4	B3	55	1	B4	51	1
C1	43.5	2	C2	52	1	C3	60	3	C4	56	2
C1	45	2	C2	52	1	C3	71	3	C4	63	1
C1	56	2	C2	54	1	C3	71	3	C4	63.5	2
C1	46	1	C2	46	1	C3	46	2	C4	56	2
C1	48	2	C2	41	2	C3	72	2	C4	64	1
C1	50	2	C2	49	1	C3	70	3	C4	58	2
C1	59	1	C2	34	9	C3	56	3	C4	59	1
C1	46	1	C2	45	2	C3	69	3	C4	64	1
C1	42	1	C2	41	2	C3	60	3	C4	67	2
C1	40.5	1	C2	41	2	C3	36	9	C4	64	3
C1	43	1	C2	31	2	C3	61	3	C4	67	3
C1	44.5	1	C2	44.5	1	C3	59	2	C4	61	3
C1	35	2	C2	51	3	C3	71	2	C4	71	2
C1	44	3	C2	45	1	C3	65	3	C4	57	4
C1	43	2	C2	43	2	C3	68	3	C4	70	2
C1	51	1	C2	47	1	C3	60	2	C4	65	5
C1	58	1	C2	54	1	C3	49	3	C4	61	2
C1	54	1	C2	43	1	C3	59	2	C4	68	1
C1	37	2	C2	34	2	C3	62	2	C4	54	3