Von Mykorrhiza bis Leinöl

Neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft

Thorsten Kraska *und viele andere*

Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz - Gartenbauwissenschaften,
Universität Bonn



UNIVERSITÄT BONN

Von den Herausforderungen bei Versuchen mit Mykorrhizapilzen

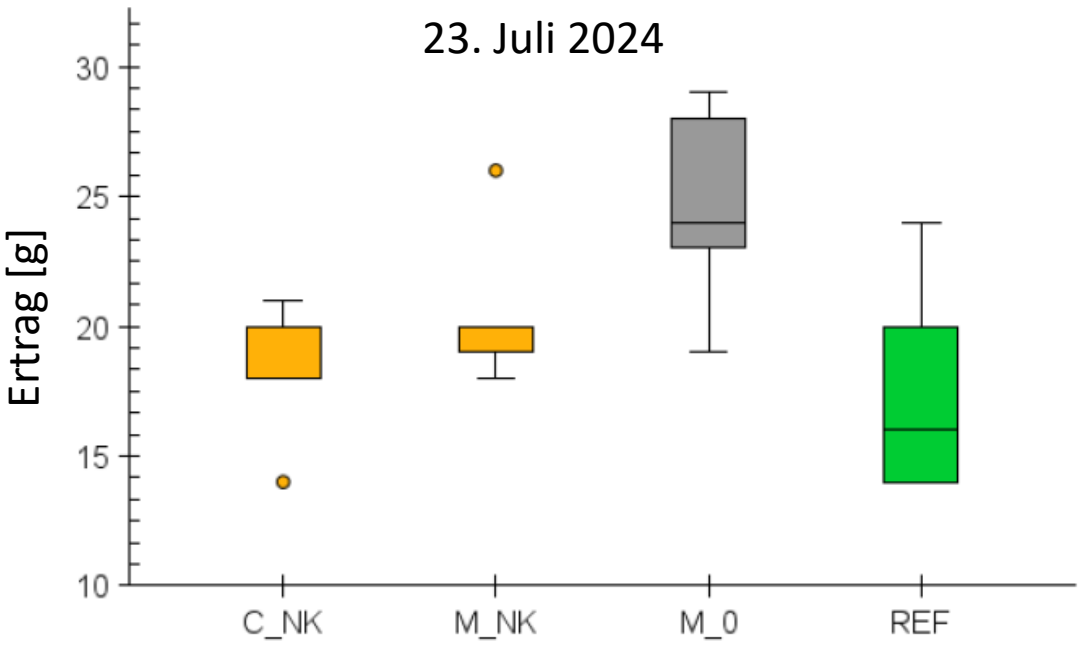


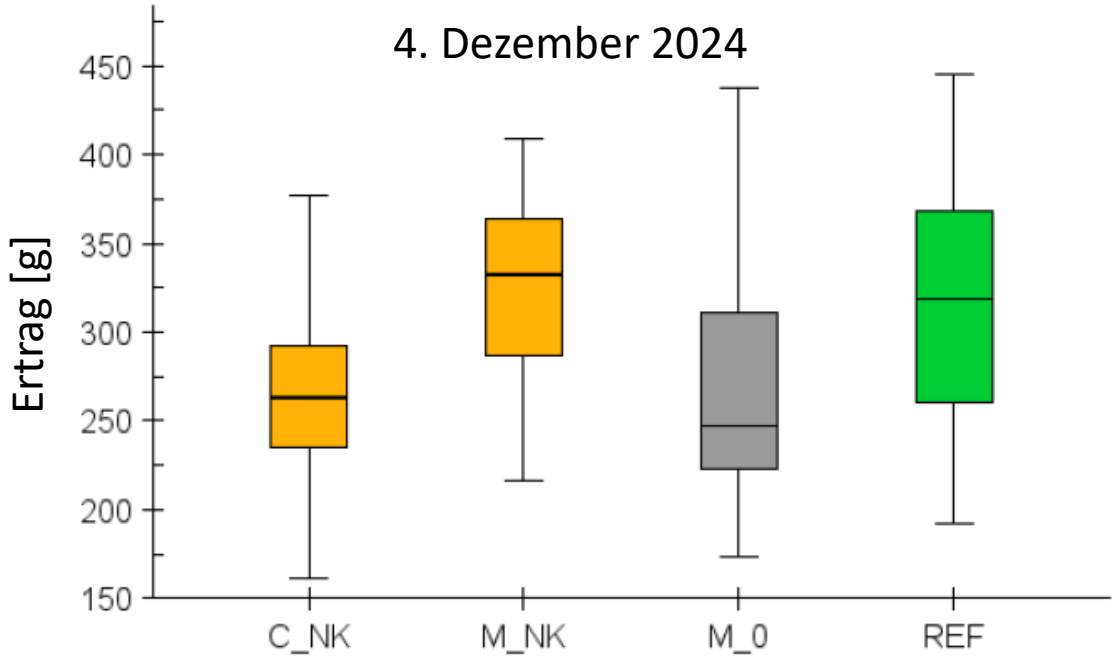
Der Freilandversuch in einem Betrieb

- Teil der Abschlussarbeit von Charlotte Langer
- Versuch mit Lauch in einem Praxisbetrieb
- Keine Blockanlage
- Behandlungen waren vorgegeben (→ keinen Einfluss auf das Veruchsdesign)
  - Ohne / mit Mykorrhiza (Lalrise Max WP, *Rhizophagus irregularis*)
    - Behandlung zur Pflanzung im Feld
  - Düngung (ohne, NK*, Referenz)

*Stickstoff und Kalium, keine zusätzliche Phosphorgabe

Erträge im Feld zu zwei Zeitpunkten und unterschiedlicher Düngung



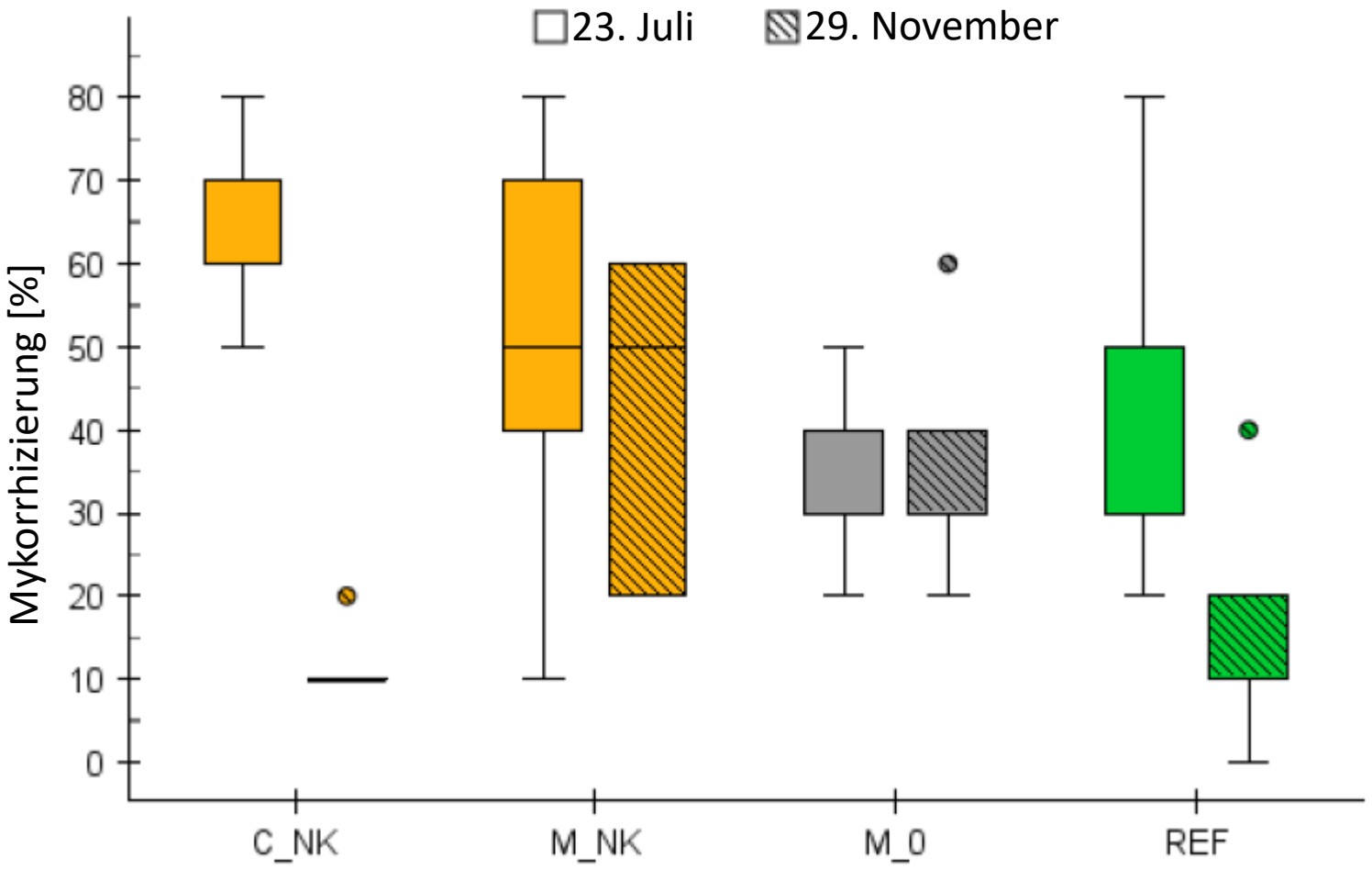


C_NK: Kontrolle mit NK-Düngung
M_NK: Mykorrhizabehandlung mit NK-Düngung
M_0: Mykorrhizabehandlung ohne Düngung
REF: Kontrolle mit Standarddüngung

Ergebnisse abhängig vom Erntezeitpunkt.

Hat die zusätzlich inokulierte Mykorrhiza bei der Ernte im Juli eine Rolle gespielt?

Mykorrhizierung von Lauchpflanzen im Feld



Hyphendichte (ERM) im Boden

	ERM [mm g^{-1} Boden]
C_NK	286 ± 16
M_NK	243 ± 79

ERM: Extraradikales Myzel

Eine „Kontamination“ mit der vorhandenen autochtonen Mykorrhiza ist gegeben.

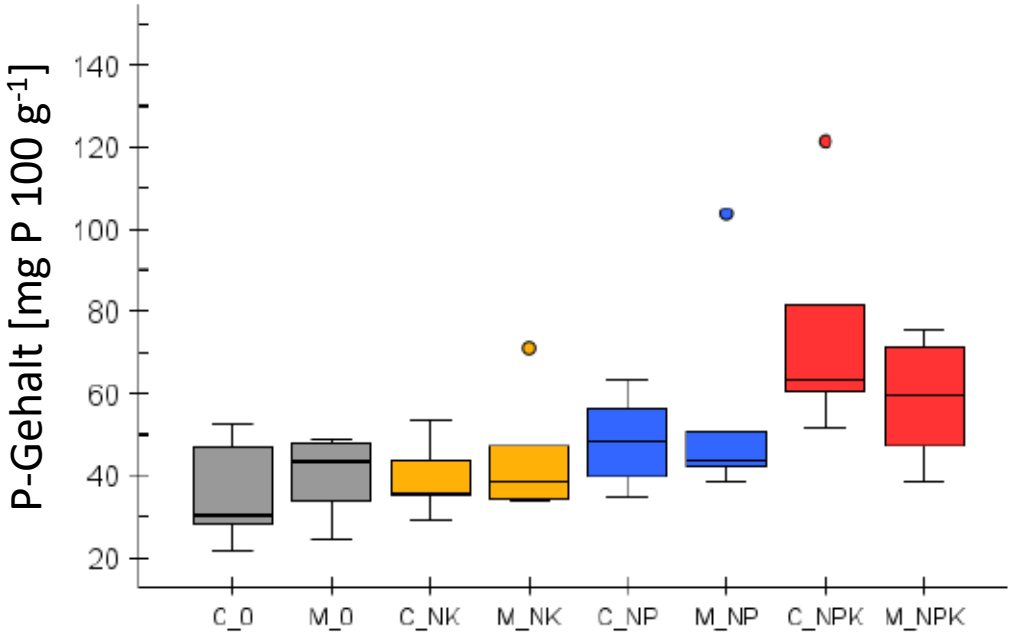
C_NK: Kontrolle mit NK-Düngung
M_NK: Mykorrhizabehandlung mit NK-Düngung
M_0: Mykorrhizabehandlung ohne Düngung
REF: Kontrolle mit Standarddüngung

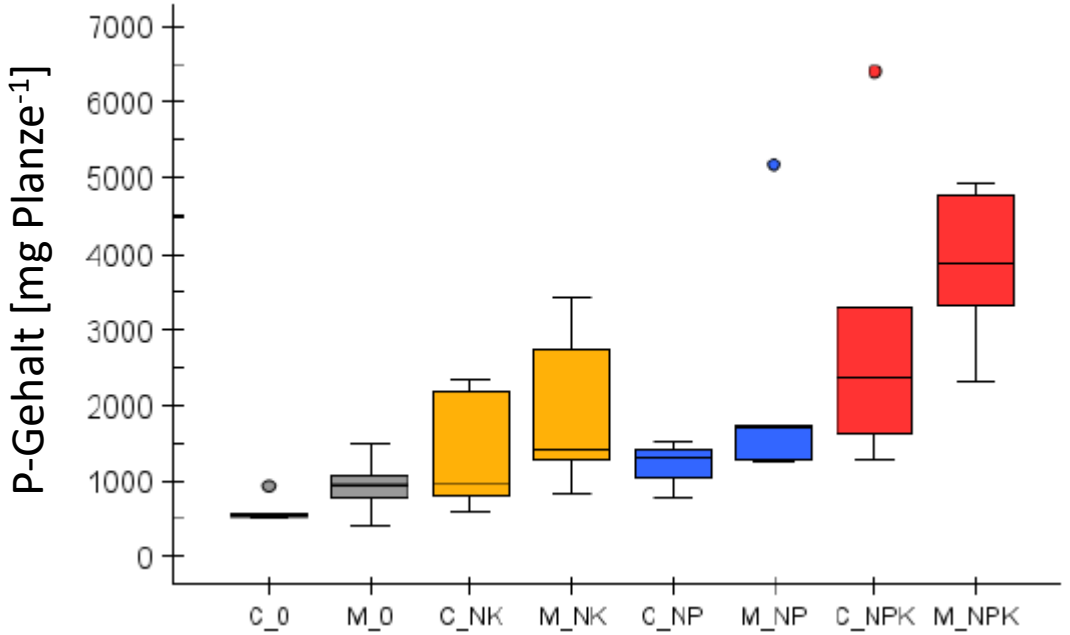
UNIVERSITÄT BONN

Das Gewächshausexperiment

- Teil der Abschlussarbeit von Charlotte Langer
- Behandlungen
  - Ohne / mit Mykorrhiza (Lalrise Max WP, *Rhizophagus irregularis*)
  - Düngung (ohne, NK, NP, NPK)
- Nährstoffarmes Substrat

Vergleich der Phosphorgehalte

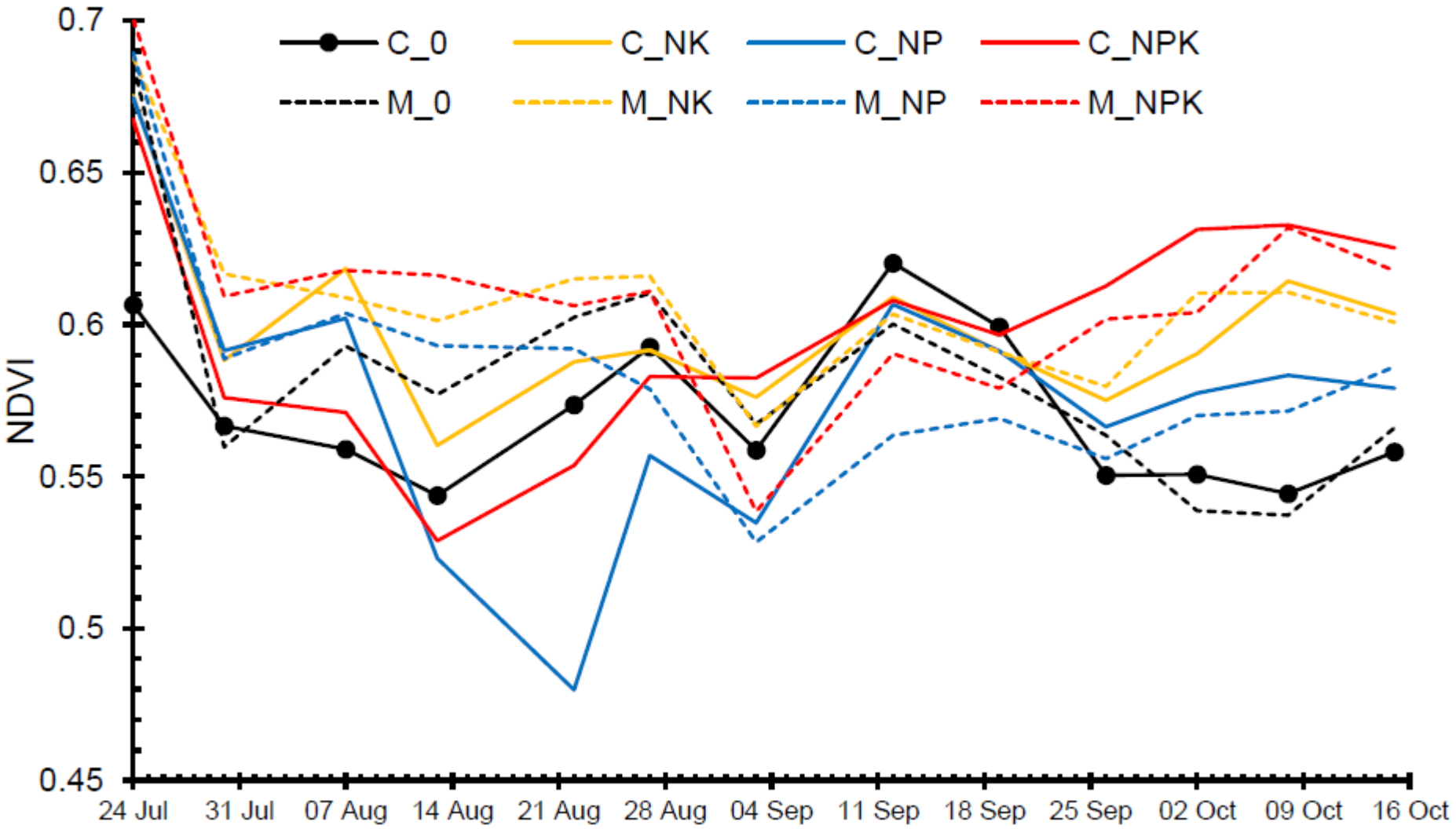




C: Kontrolle, ohne Mykrrhiza
M: Mykorrhiza (*R. irregularis*)
_0: keine Düngung
_NK: N+K-Düngung
_NP: N+P-Düngung
_NPK: N+P+K-Düngung

„Typischer“ Mykorrhizaeffekt, wie er bei nährsoffarmen Bedingungen bekannt ist. → Mykorrhiza wirkt hierbei besonders gut.

Vergleich der NDVI-Werte im Gewächshausexperiment

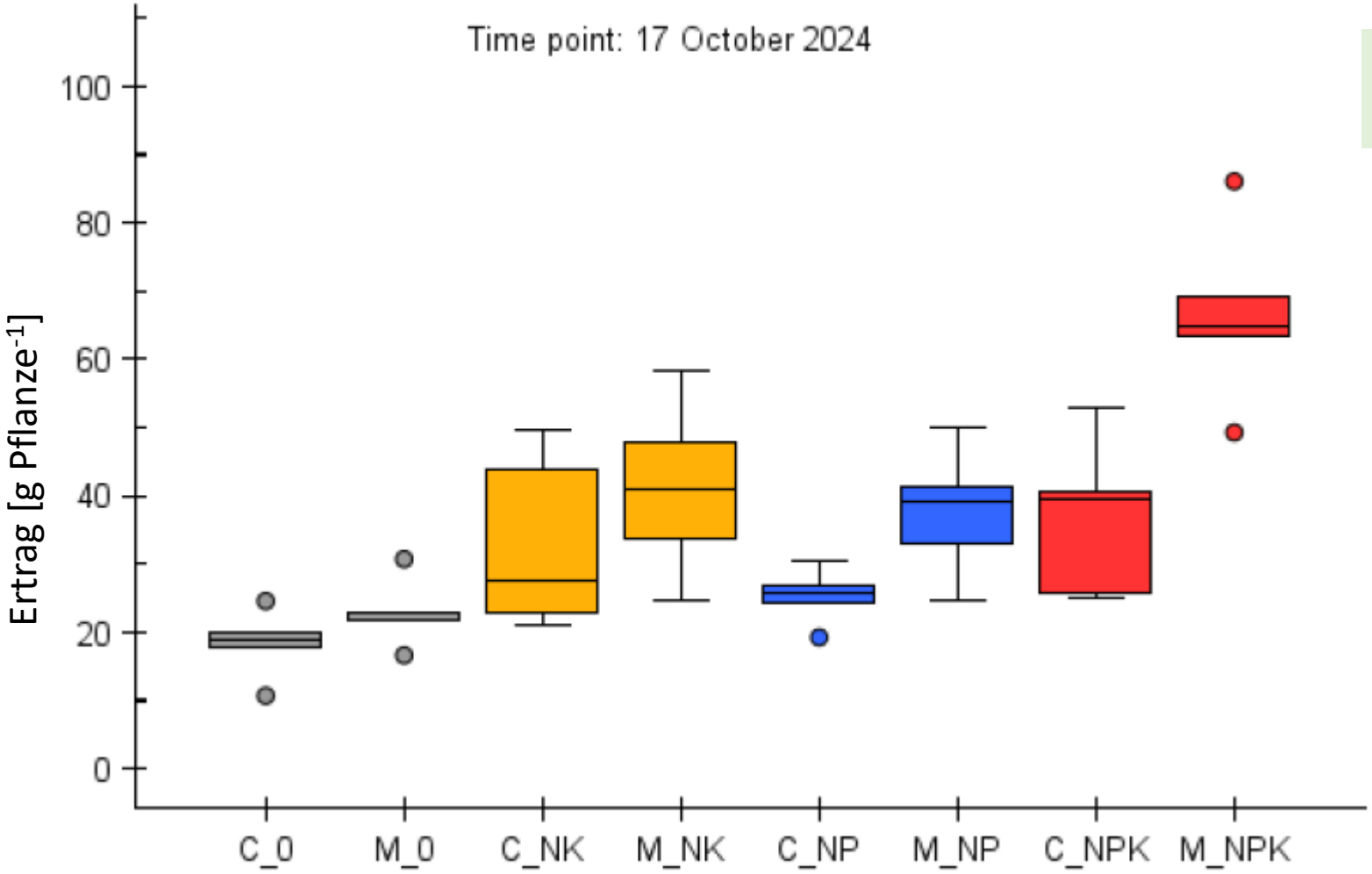


Auf physiologische Parameter, wie dem NDVI, keine Unterschiede zur Kontrolle, aber der der typische Nährstoffeffekt kann beobachtet werden

C:	Kontrolle, ohne Mykrrhiza
M:	Mykorrhiza (*R. irregularis*)
_0:	keine Düngung
_NK:	N+K-Düngung
_NP:	N+P-Düngung
_NPK:	N+P+K-Düngung

UNIVERSITÄT BONN

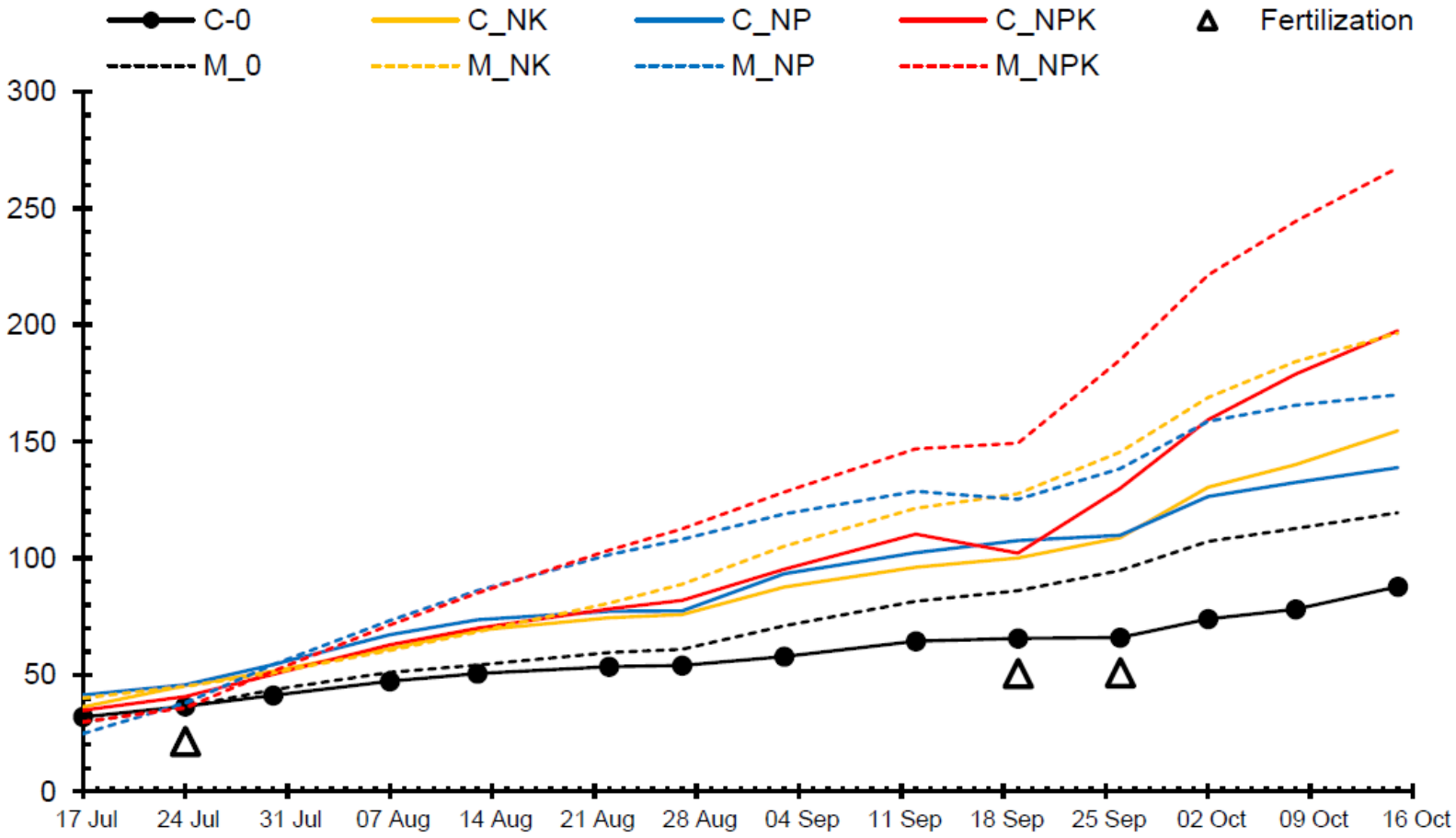
Laucherträge im Gewächshausexperiment



Ertragseffekte der Mykorrhiza können beobachtet werden.

C: Kontrolle, ohne Mykrrhiza
M: Mykorrhiza (*R. irregularis*)
_0: keine Düngung
_NK: N+K-Düngung
_NP: N+P-Düngung
_NPK: N+P+K-Düngung

Lauchwachstum (Durchmesser Sproß)

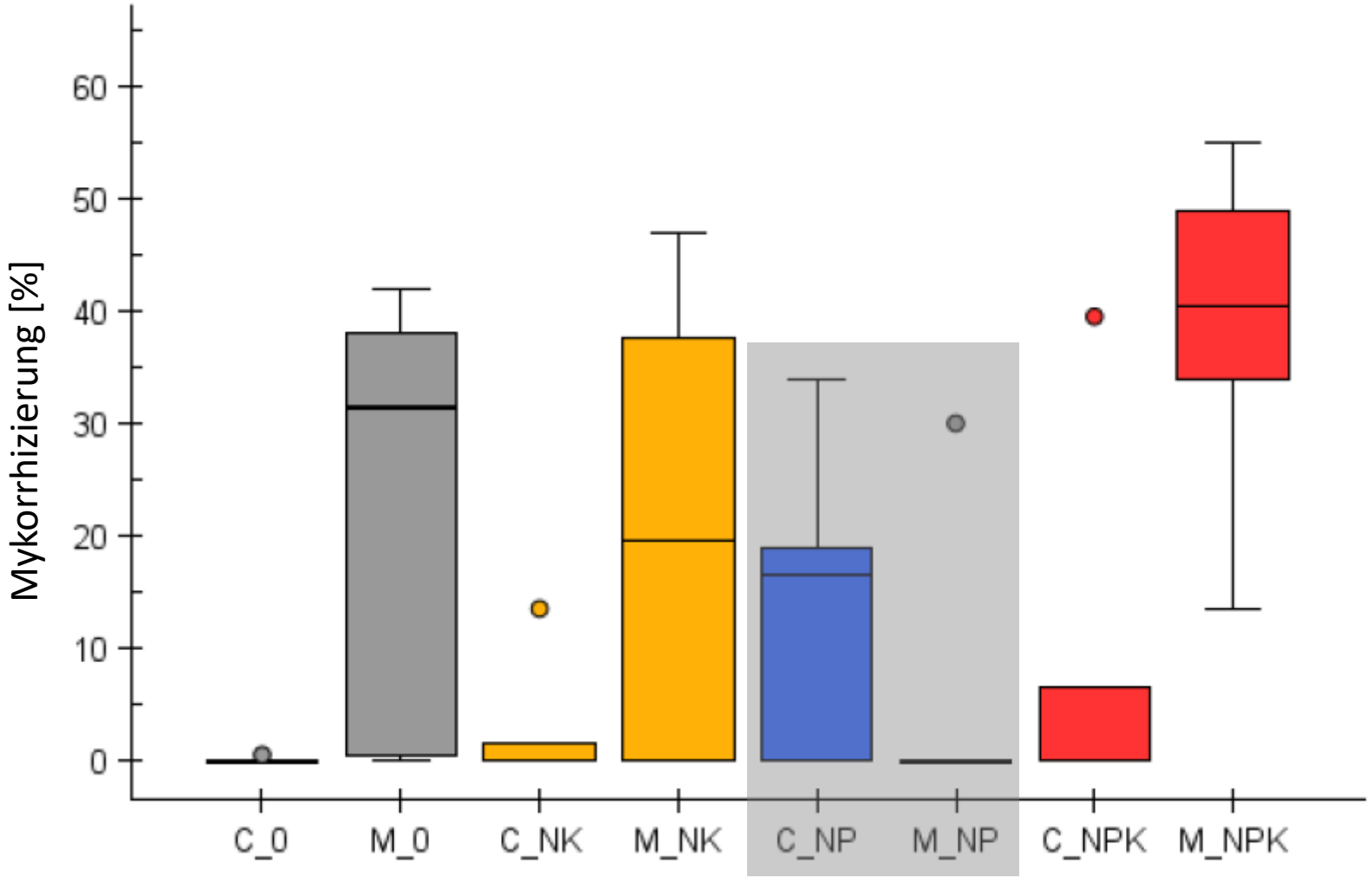


Mykorrhiza fördert das Pflanzenwachstum

C: Kontrolle, ohne Mykrrhiza
M: Mykorrhiza (*R. irregularis*)
_0: keine Düngung
_NK: N+K-Düngung
_NP: N+P-Düngung
_NPK: N+P+K-Düngung

UNIVERSITÄT BONN

Mykorrhizierung* von Lauch im Gewächshausexperiment



Woher kommt die Mykorrhizierung in der Kontrolle C_NP?

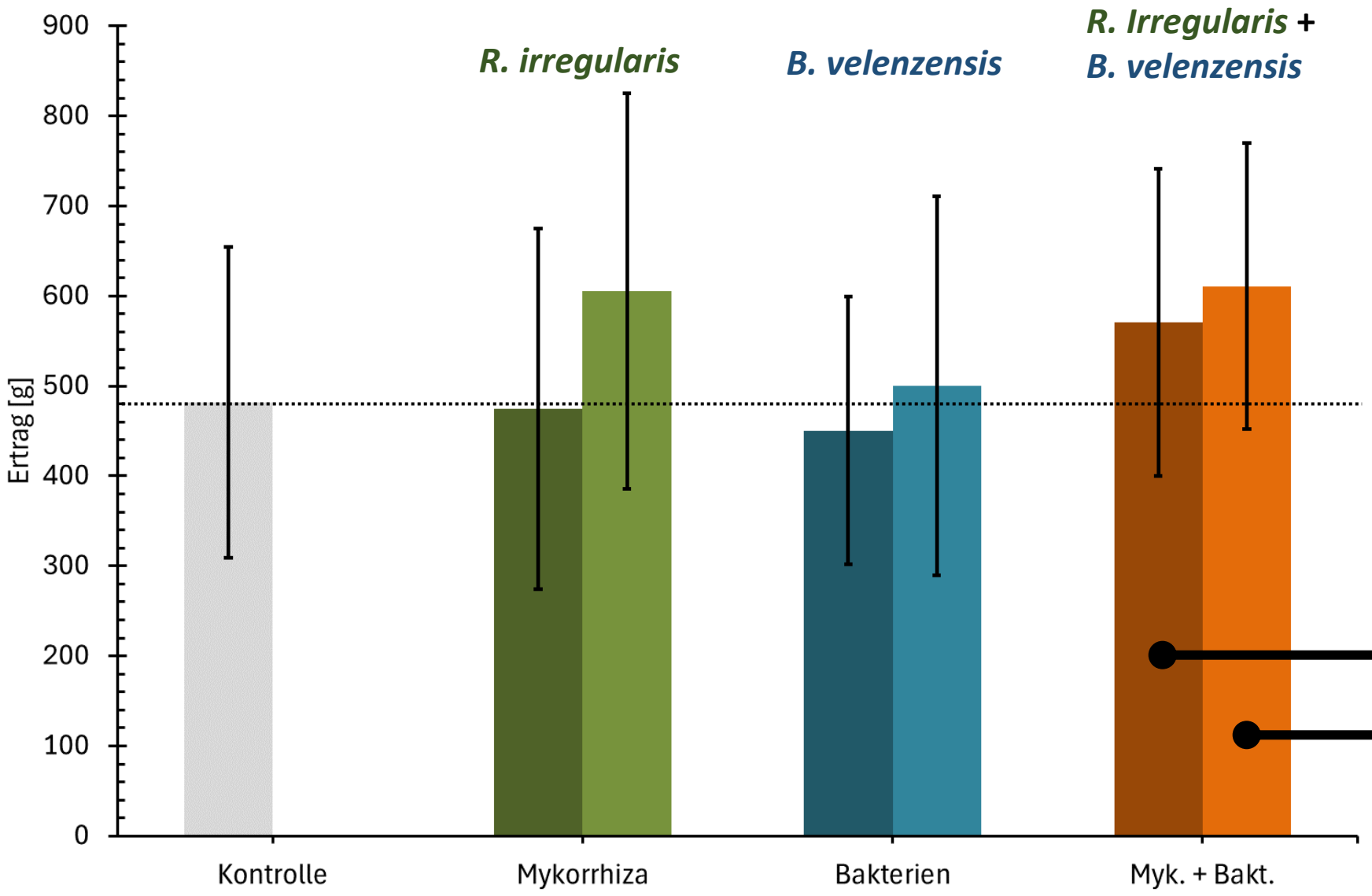
C: Kontrolle, ohne Mykrrhiza
M: Mykorrhiza (*R. irregularis*)
_0: keine Düngung
_NK: N+K-Düngung
_NP: N+P-Düngung
_NPK: N+P+K-Düngung

*gemessen zum Zeitpunkt der Ernte

Das Freilandexperiment

- Teil eines Studienprojekts, geleitet von Melanie Heinrichs
- Behandlungen
  - Ohne / mit Mykorrhiza (Lalrise Max WP, *Rhizophagus irregularis*)
    - Zur Aussaat
    - Zur Pflanzung
  - Ohne / mit Bakterien (Lalrise Start SC, *Bacillus velezensis*)
    - Zur Aussaat
    - Zur Pflanzung
  - Kombination von Mykorrhiza und Bakterien
    - Zur Aussaat
    - Zur Pflanzung

Laucherträge in Abhängigkeit einer Inokulation mit Mykorrhizaplzen und / oder Bakterienpräparat



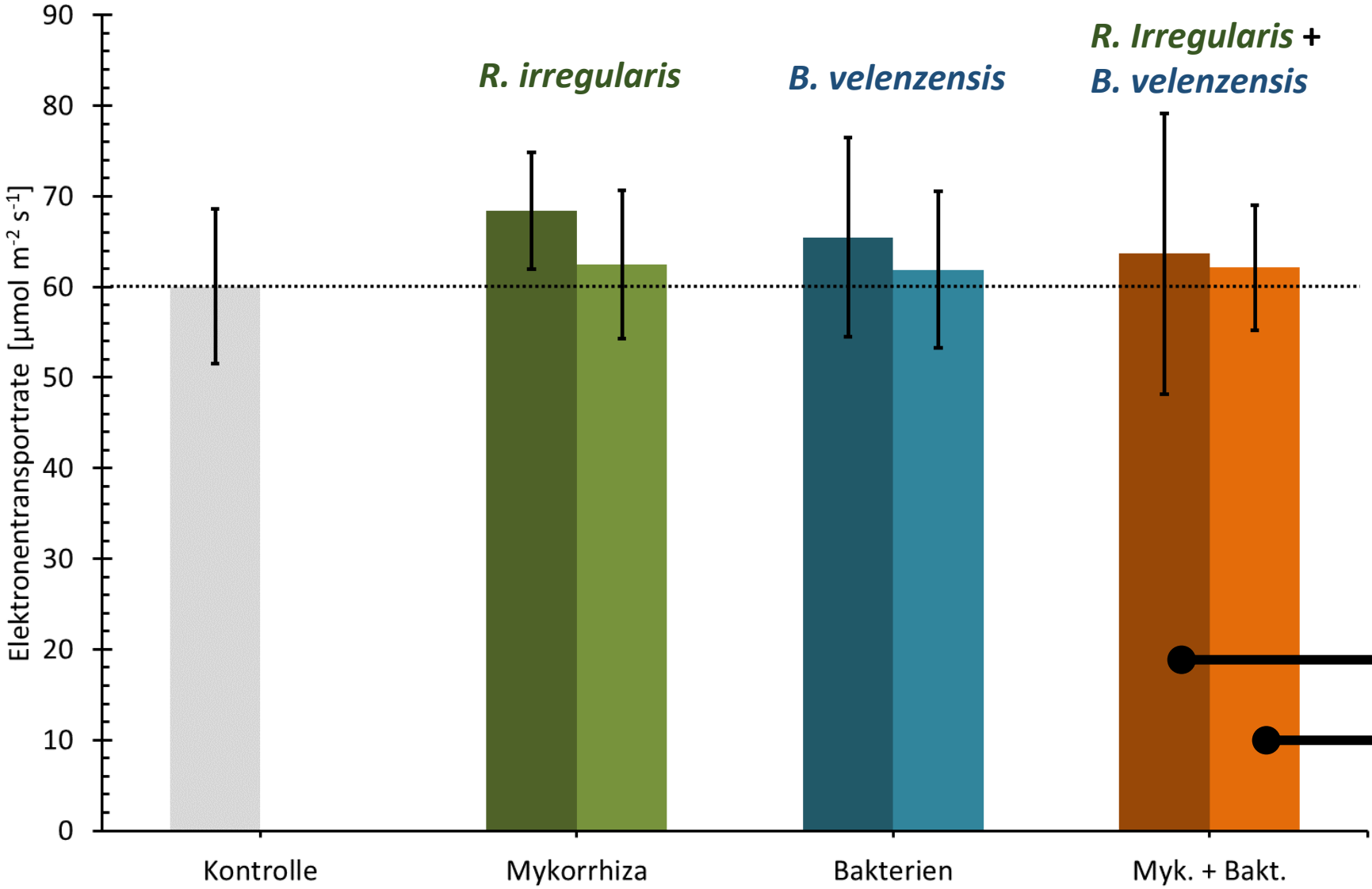
Erträge höher bei Behandlung zur Pflanzung.

Mykorrhiza: *Rhizophagus irregularis*
Bakterienpräparat: *Bacillus velenzensis*

Inokulation
Zur Aussaat (linke Säulen) im Gewächshaus
Zur Pflanzung (rechte Säulen) im Freiland

UNIVERSITÄT BONN

Elektronentransportrate Lauch gemessen im Feld



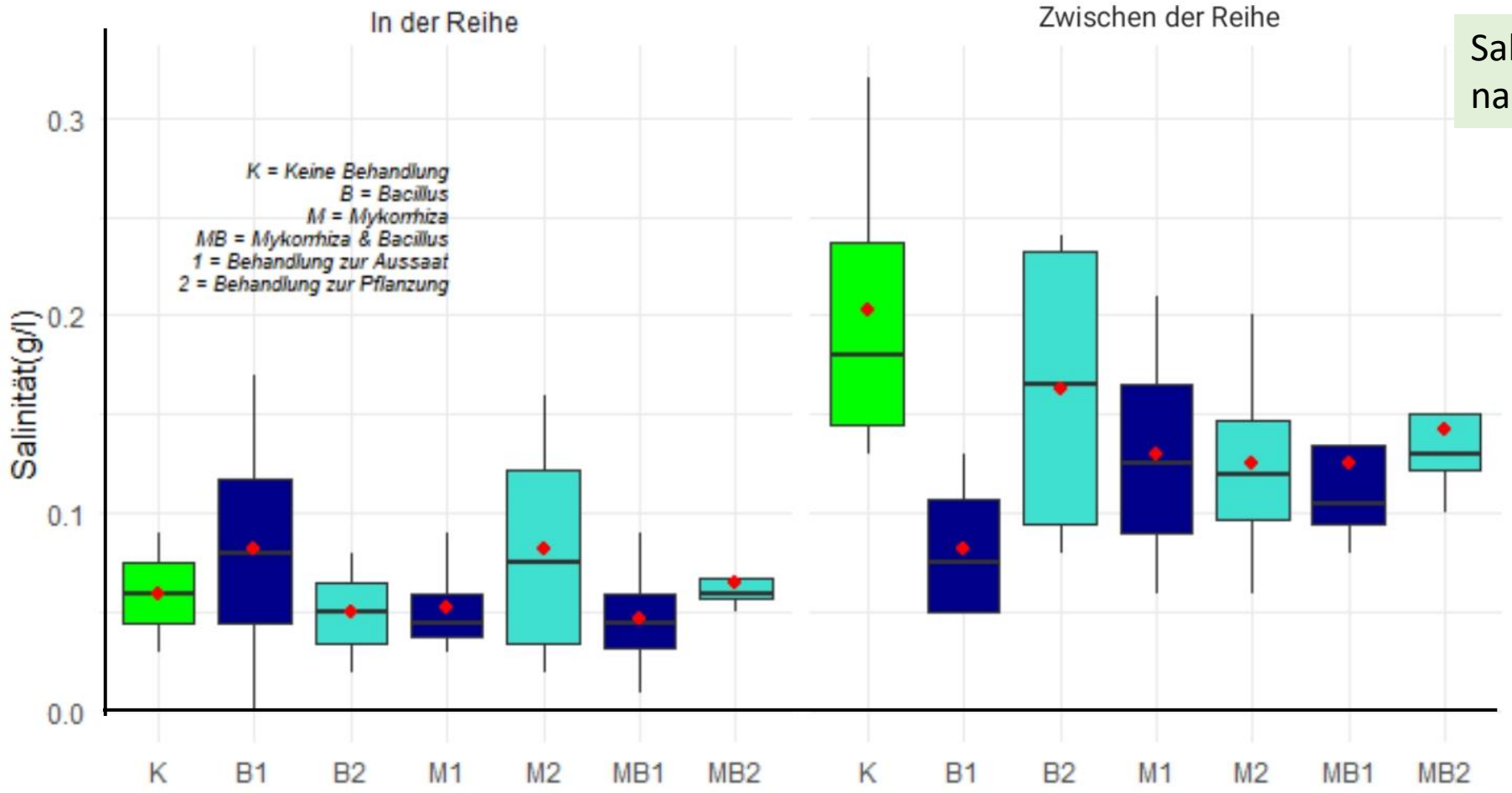
Elektronentransportrate leicht erhöht bei Inokulation zur Aussaat.

Mykorrhiza: *Rhizophagus irregularis*
Bakterienpräparat: *Bacillus velenzensis*

Inokulation
Zur Aussaat (linke Säulen) im Gewächshaus
Zur Pflanzung (rechte Säulen) im Freiland

UNIVERSITÄT BONN

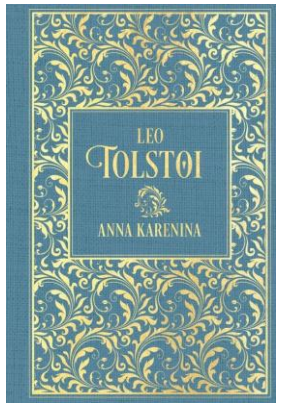
Gelöste Nährsalze des Bodens gemessen im Freiland



Salinität zwischen den Reihen nach Behandlung reduziert.

Fazit

- Die Ergebnisse werden durch das Versuchsdesign beinflußt
- Unterschiede zwischen Praxisversuch – Freilandversuch – Gewächshausversuch
- Im Freiland muss das autochtone Mikrobiom (Mykorrhiza, Bakterien) berücksichtigt werden.
- Erträge sind nicht immer ein guter Indikator für die Beurteilung einer Behandlung
- Der Zeitpunkt einer Behandlung ist wichtig.



Anna-Karenina-Prinzip

„Alle glücklichen Familien sind einander ähnlich;
jede unglückliche Familie ist auf *ihre* Weise unglücklich.“

Nutzungsmöglichkeiten von Trocknenden Pflanzenölen

Kraska, T.[1], de Haes, P.[1], Petry, M.[2], Pude, R.[1], Steiner, U.[1]

[1]Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Universität Bonn
[2]PETRYmade Oberflächentechnik, Meckenheim



Gefördert durch MULNV NRW „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“
(Förderkennzeichen: 17-02.04.01-08/2018)

Trocknende Pflanzenöle – Biostimulanzien oder Biorationals?

„**Biostimulanzien** stärken Pflanzen in ihrem Wachstum, indem sie die Nährstoffaufnahme verbessern und die Pflanzen gegen abiotischen Stress wie Trockenheit und Frost schützen“. (IVA, 2022)

„Die Bezeichnung Biostimulanz bezieht sich primär auf die **Eigenschaft eines Produktes**. Die Inhaltsstoffe sind oft mit denen von Pflanzenstärkungsmitteln identisch. Praktisch wird der Begriff heute für viele Produkte verwendet, die nicht dem Pflanzenschutzrecht unterliegen.“ (Richter et al., 2021)

“The PPPHE[1] symposium used the **term** ‘‘biorationals’’ for plant protection strategies that are assumed to be of **low risk** and at the same time provide **acceptable levels of control** of a given pest or pathogen.”(Feldmann & Carstensen, 2018)

Was sind Biostimulanzien? Mikroorganismen, Chitosan, Humin- und Fulvosäure, Proteinhydrolysate, Phosphit, Algenextrakte, Silizium, Pflanzenextrakte

Was sind Biorationals? Produkte biologischer Herkunft, wenn synthetisch, dann strukturell ähnlich und in der Funktion gleich zu biologischen Produkten, darunter auch Mikroorganismen, Pflanzenextrakte, Grundsubstanzen, Biostimulanzien, “Pflanzenstärkungsmittel”, “Elizitoren” und andere (verändert und ergänzt nach Matyjaszczyk, 2018)

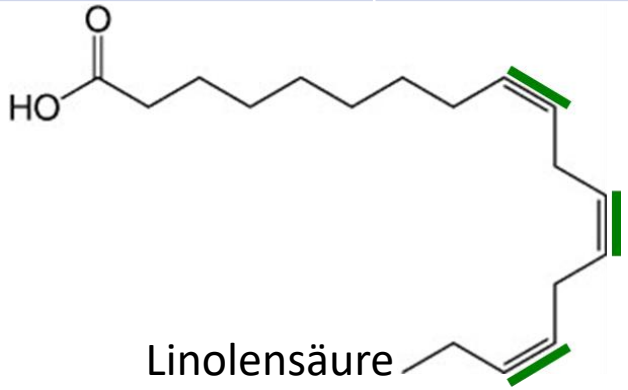
Feldmann & Carstensen, 2018; https://doi.org/10.1007/s41348-018-0186-0
IVA, 2022; von https://www.iva.de/iva-magazin/umwelt-verbraucher/biostimulanzien-zwischen-pflanzenschutz-und-duengung
Matyyjaszczyk, 2018; https://doi.org/10.1007/s41348-018-0180-6
Richter et al., 2021 https://doi.org/10.5073/JfK.2021.11-12.01

[1]Plant Protection and Plant Health in Europe. Das Symposium, organisiert durch das JKI wird jährlich in Braunschweig durchgeführt

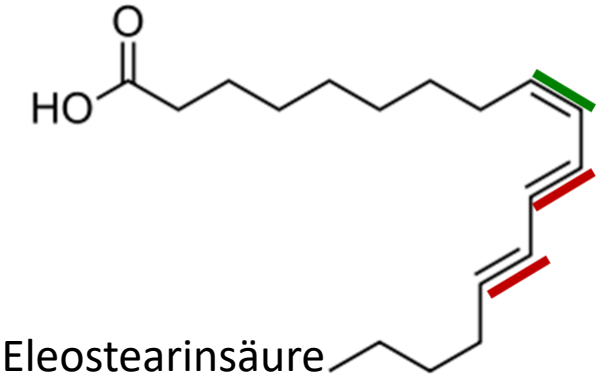
Was sind trocknende Pflanzenöle?
Fettsäuremuster trocknender Pflanzenöle im Vergleich zu Rapsöl

Fettsäure	Anz. C-Atome : Doppelbindungen (Position, Konfiguration**)	Leinöl	Tungöl	Rapsöl
Stearinsäure	18:0	2-16	1.3-2.7	1.1-2.5
Ölsäure	18:1 (9c)	14-39	8-14.9	33-67
Linolsäure	18:2 (9c, 12c)	7-25	10.9-11.5	**16-25***
Linolenäure	18:3 (9c, 12c, 15c)	**35-66***	-	6-14
α-Eleostearinsäure	18:3 (9c, 11t, 13t)	-	**63-80***	-
Iod-Zahl***		155-205	147-175	94-126
Trocknungskategorie****		**Trocknend**	**Trocknend**	Nicht-trockend bis halb-trocknend

* Hauptbestandteil
** c= cis; t= trans Konfiguration
*** Grammzahl an Iod, die von 100 Gramm eines Fettes oder Öls aufgenommen wird, um die vorhandenen Doppelbindungen zu sättigen
**** nach Roth & Kormann (2005)



Linolensäure



α-Eleostearinsäure

Was sind trocknende Pflanzenöle?
Eigenschaften der genutzten trocknenden Pflanzenöle

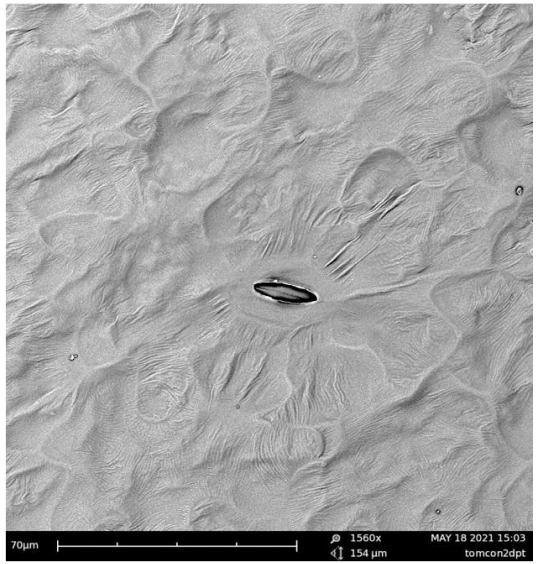
- Glyceridische Öle (Lein, Tung) bestehend aus Glycerin und Fettsäuren
- Trocknung durch
  - Primär durch Oxidation an Doppelbindungen
  - Sekundär durch Verdunstung
- Durch ein patentiertes Verfahren* wird eine 50% Emulsion der Öle in Wasser hergestellt
  - Lagerstabil
  - Enthält weniger als 5% eines Emulgators
  - Mischbar mit hydrophilen und lipophilen Stoffen und Flüssigkeiten
  - Anwendungskonzentration: 1- bis 2-prozentig
  - Spritzapplikation möglich
  - Mögliche Mischung mit Biostimulanzien

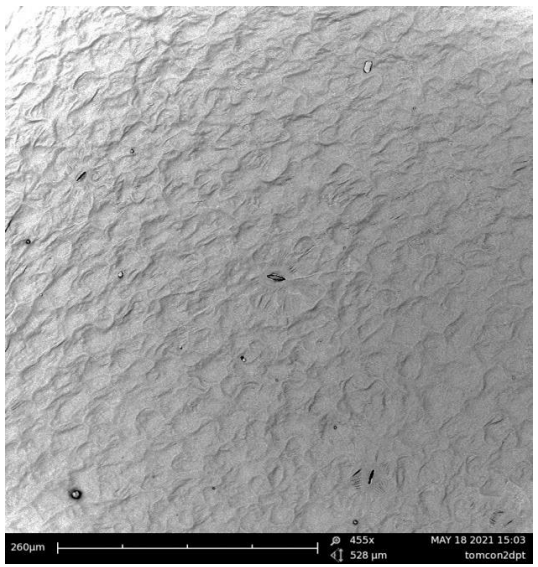
Ergebnisse zu trocknenden Ölen

- Filmbildung auf der Pflanzenoberfläche
- In vitro Wirkung auf *Phytophthora infestans*
- Protektive und kurative Wirkung der Behandlung bei Tomaten
- Systemische Wirkung der Behandlung

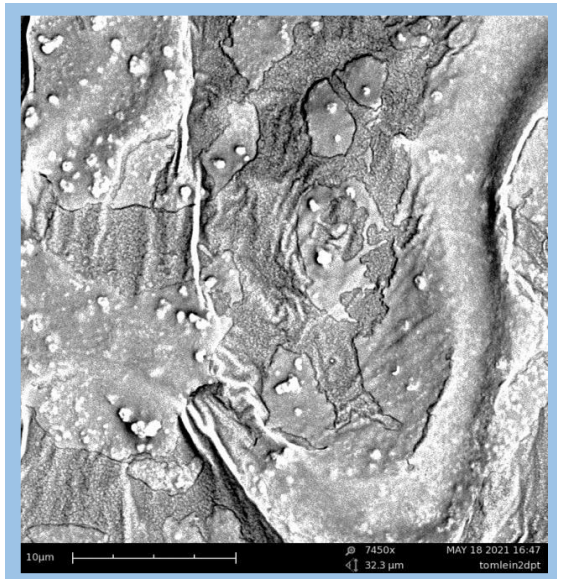
Filmbildung trocknender Öle auf Tomatenblättern

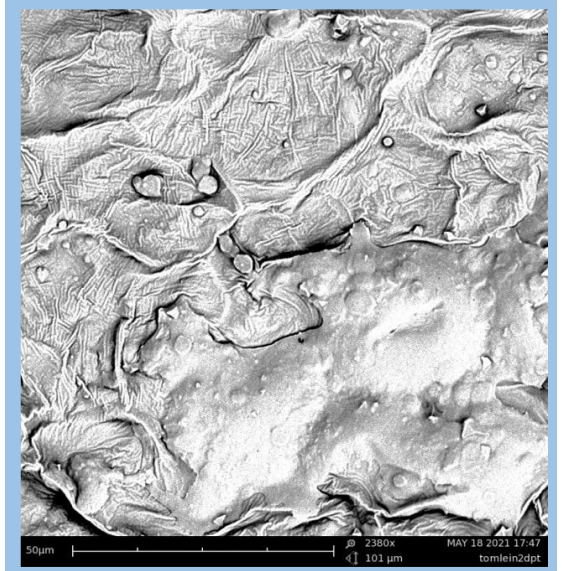
- Deutliche Unterschiede in der Filmbildung zwischen Lein- und Tungöl
- **Tungöl** bildet einen flächenartig ausgebreiteten Film
- **Leinöl** führt zu einer rauhen, fleckig ausgeprägten Oberfläche
- Eine mögliche Ursache könnte die unterschiedliche Fettsäurezusam-mensetzung sein.
- Filmbildung schützt auch vor abiotischem Stress (z.B. Trockenheit).
- Filmbildung könnte die Aufnahme von Düngern über das Blatt verbessern.



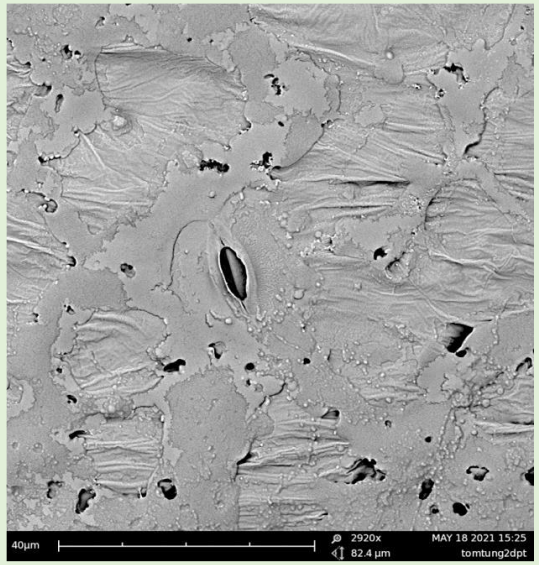


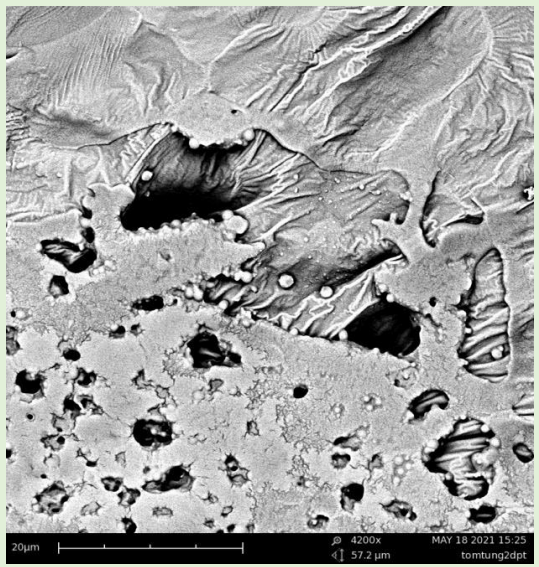
Kontrolle





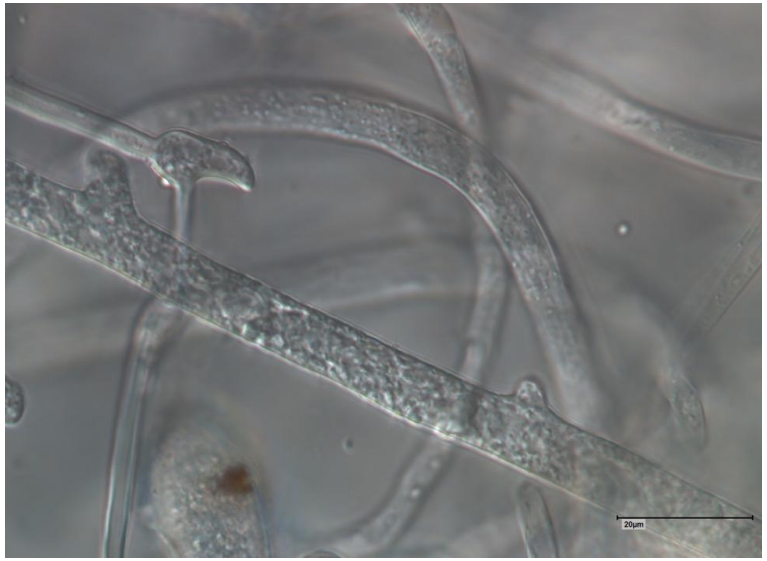
1,5% Leinöl





1,5% Tungöl

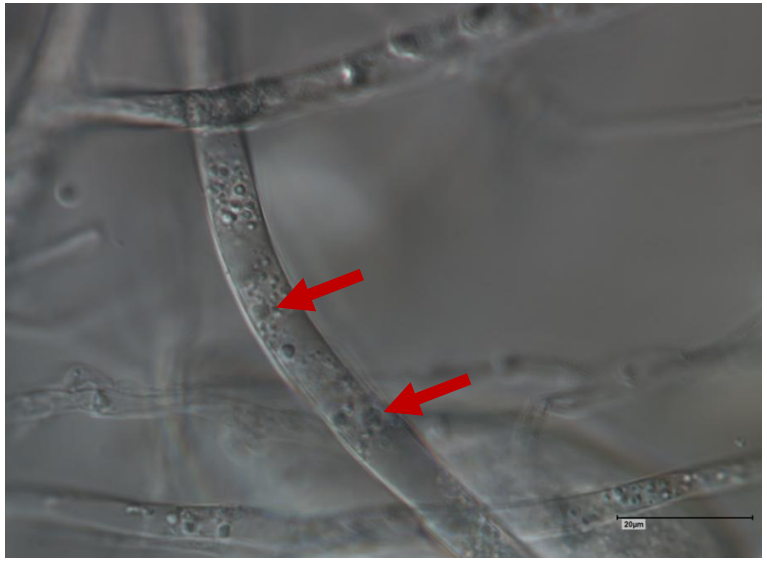
In vitro Wirkung auf das Myzelwachstum von *Phytophthora infestans*



Kontrolle



25% Leinöl im Medium

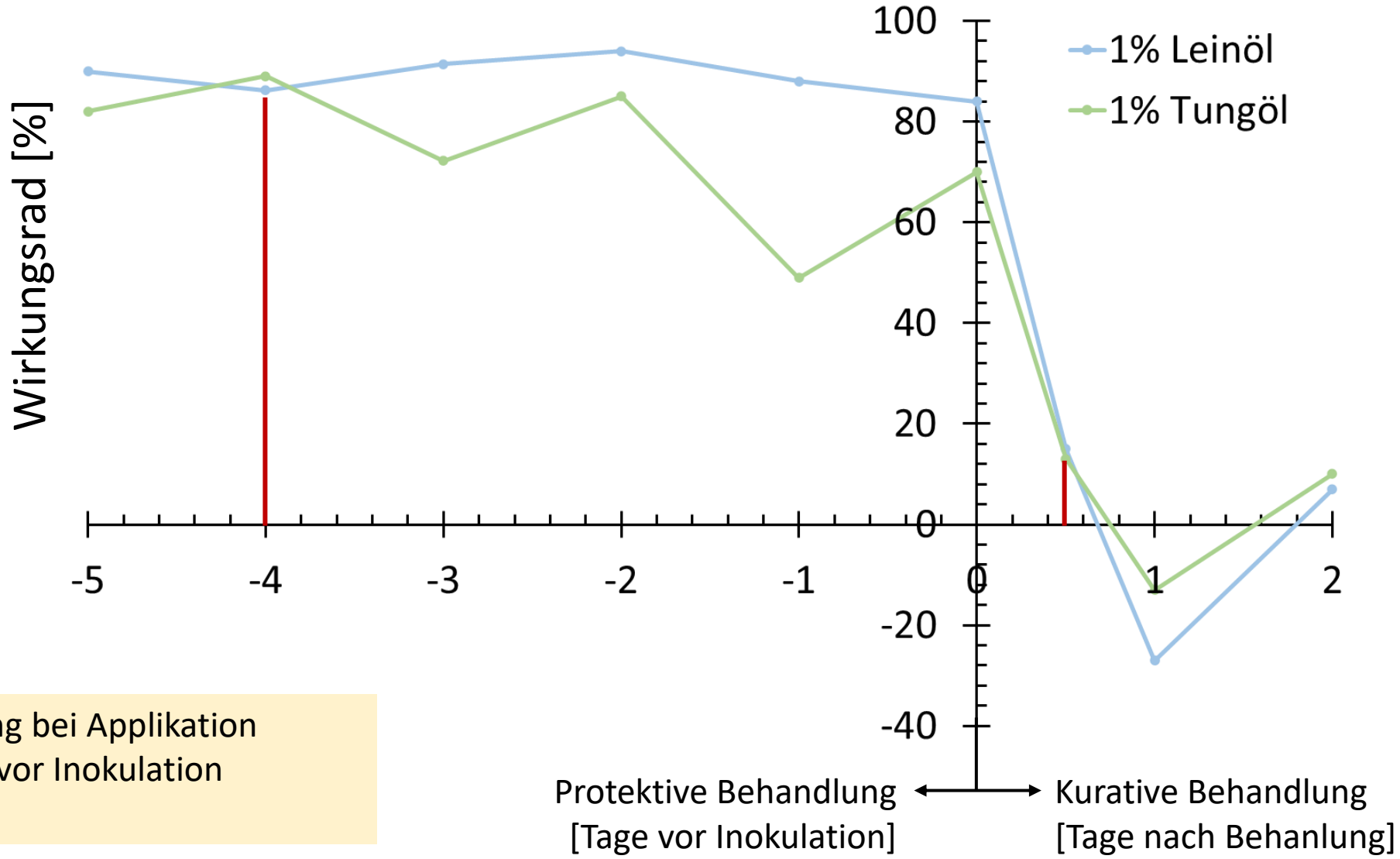


25% Tungöl im Medium

- Wirkung nur bei der höchsten Konzentration im Test
- Verstärkte Vesikelbildung (rote Pfeile)
- Es wurden keine anderen atypischen Veränderungen im Myzel bobachtet
- Aufgenommenes Öl oder Medium-Indizierter Effekt (?)
- Keine direkte Wirkung

Protektive und kurative Wirkung der trocknenden Öle auf *P. inestans* bei Tomaten

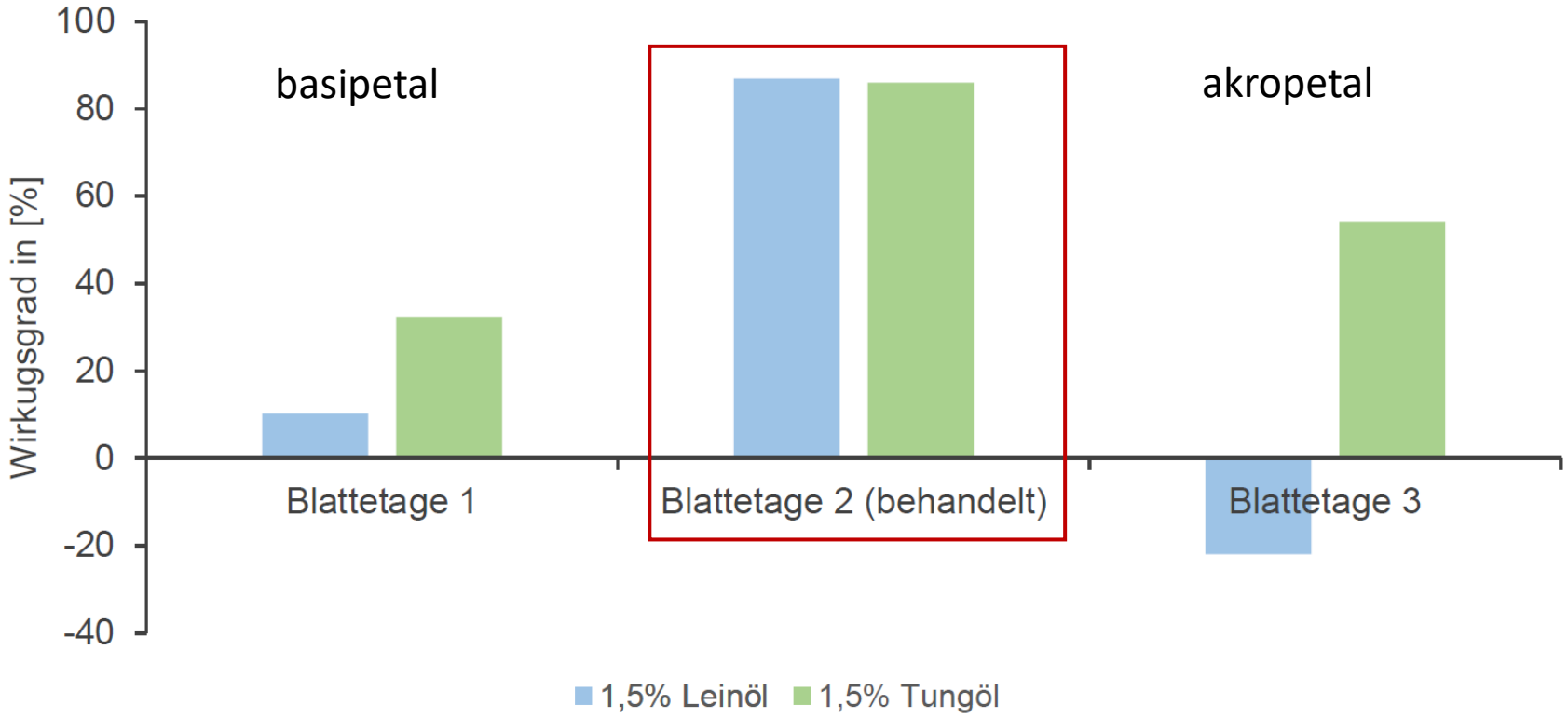
Wirkungsgrad gegenüber dem Befall mit *P. infestans* an Tomatenblättern der zweiten Blattetage (cv. Moneymaker) nach einer Behandlung mit 1% Tungöl oder 1% Leinöl in Abhängigkeit vom Zeitintervall zwischen Applikation und Inokulation, (n = 8)



- Gute protektive Wirkung bei Applikation zwischen 1 und 5 Tage vor Inokulation
- Keine kurative Wirkung

Systemische Wirkung trocknender Öle auf *P. inestans* bei Tomaten

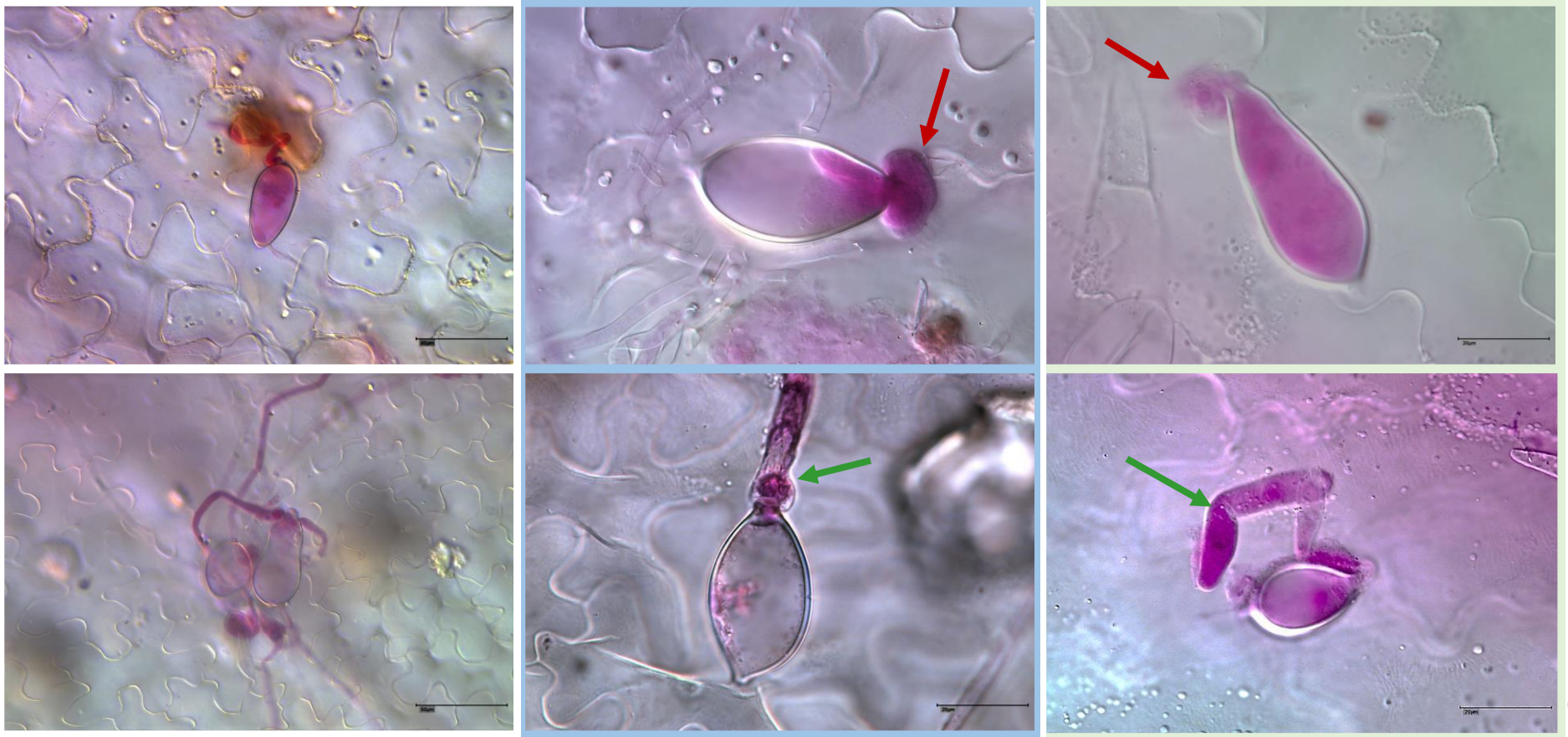
Wirkungsgrad gegenüber dem Befall mit *P. infestans* in allen drei Blattetagen nach einer protektiven Behandlung (24h vor Inokulation) mit 1,5% Leinöl oder Tungöl in der zweiten Blattetage von Tomaten cv. Moneymaker fünf Tage nach der Inokulation



- Nur geringe basipetale systemsiche Wirkung von Lein- und Tungöl
- Mittlere akropetaler systemische Wirkung von 1,5% Tungöl
- Keine akropetaler systemische Wirkung von 1,5% Leinöl
- Mögliche Erklärung: kleinste Nekrosen vermitteln eine Induzierte Resistenz

Einfluss trocknender Öle auf Infekionsstrukturen von *P. infestans* auf Tomate

Einfluss einer protektiven Behandlung von trocknenden Ölen auf Infektionsstrukturen von *P. infestans* auf und im Blattgewebe von Tomaten cv. Moneymaker zwei Tage nach der Inokulation, (Maßstab: 50 und 20 µm)



- Reduzierte Zahl von Sporangien
- Im Bereich der Papille aufgeplatzte Zellmembran, austretendes Zellplasma (rote Pfeile)
- Reduzierte Keimschlauchbildung, teilweise verdickt im Vergleich zur Kontrolle (grüne Pfeile)
- Normale Entwicklung von Infektionsstrukturen nach erfolgreicher Keimschlauch- und Appressorienbildung möglich

Fazit

- Die Untersuchungen bestätigten das Potenzial trocknender Pflanzenöle als alternatives Pflanzenschutzmittel.
- Eine Anwendung im ökologischen Anbau als Alternative für Kupfer wäre denkbar.
- Die protektive Wirkung streckt sich über 5 Tage.
- Eine geringe systemische Wirkung ist vorhanden.
- Die Fettsäurezusammensetzung beeinflusst die Wirkung.
- Der befallsreduzierende Effekt gegenüber *P. infestans* beruht vermutlich auf einem Wirkungskomplex:
  - Die Filmbildung und Eigenschaften ungesättigter Fettsäuren könnten die Wirt-Parasit-Erkennung stören.
  - Ergebnisse mit Tungöl deuten auf eine Resistenzinduktion als weiteren Wirkmechanismus hin.
- Trocknende Öle zwischen Biostimulanz und Biorational?

Ausblick

- Trocknende Öle sind kombinierbar mit anderen Wirkstoffen und Biostimulanzien.



Standpunkt KI

Welche Rolle kann KI bei Biostimulanzien spielen?

(gilt auch Biologika, Pflanzenschutzmittel)

- Analyse komplexer Daten
- Aufzeigen von Datenlücken
- Suche nach neuen Verfahren und deren Kombination
- Anpassungen an Produktionssysteme

- Design neuer Wirkstoffe mit…
  - hoher biologischer Wirksamkeit,
  - optimierten (neue) Wirkmechanismen,
  - optimierter Umweltverträglichkeit

Dr. Thorsten Kraska
kraska@uni-bonn.de

