

Optimierung mikrobieller Stoffkreisläufe im Boden durch multifunktionale Zwischenfrüchte und Fruchtfolgen

Norman Gentsch

Institut für Bodenkunde

Leibniz Universität Hannover

gentsch@ifbk.uni-hannover.de

Projekt
»KlimaFarming«

Projektförderung:



Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



LEGUMINOSE
the way to a green transition



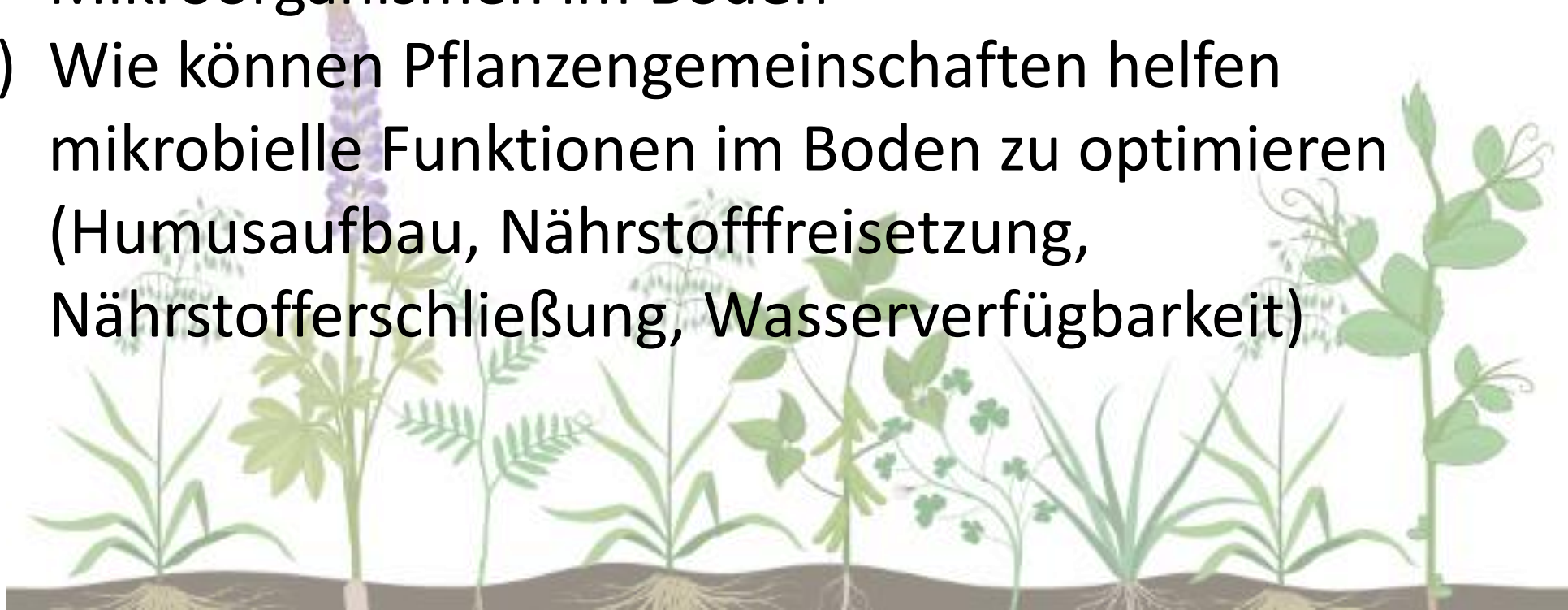
Funded by
the European Union



GEFÖRDERT VOM
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhalt

- 1) Zusammenhang Mikrobiologie, organische Bodensubstanz und Nährstoffhaushalt
- 2) Einfluss von Pflanzen auf die Zusammensetzung von Mikroorganismen im Boden
- 3) Wie können Pflanzengemeinschaften helfen mikrobielle Funktionen im Boden zu optimieren (Humusaufbau, Nährstofffreisetzung, Nährstofferschließung, Wasserverfügbarkeit)



Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken

Received: 24 July 2019 | Accepted: 21 September 2019

DOI: 10.1111/gcb.14908

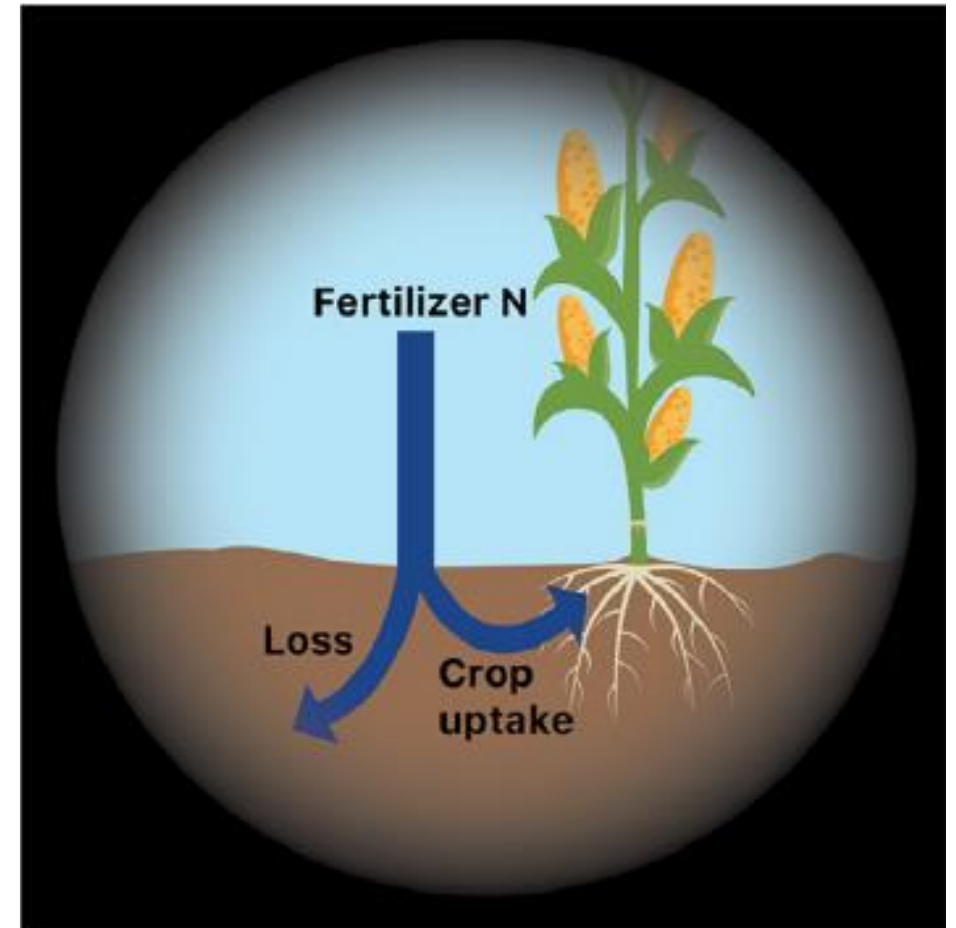
INVITED RESEARCH REVIEW

Global Change Biology WILEY

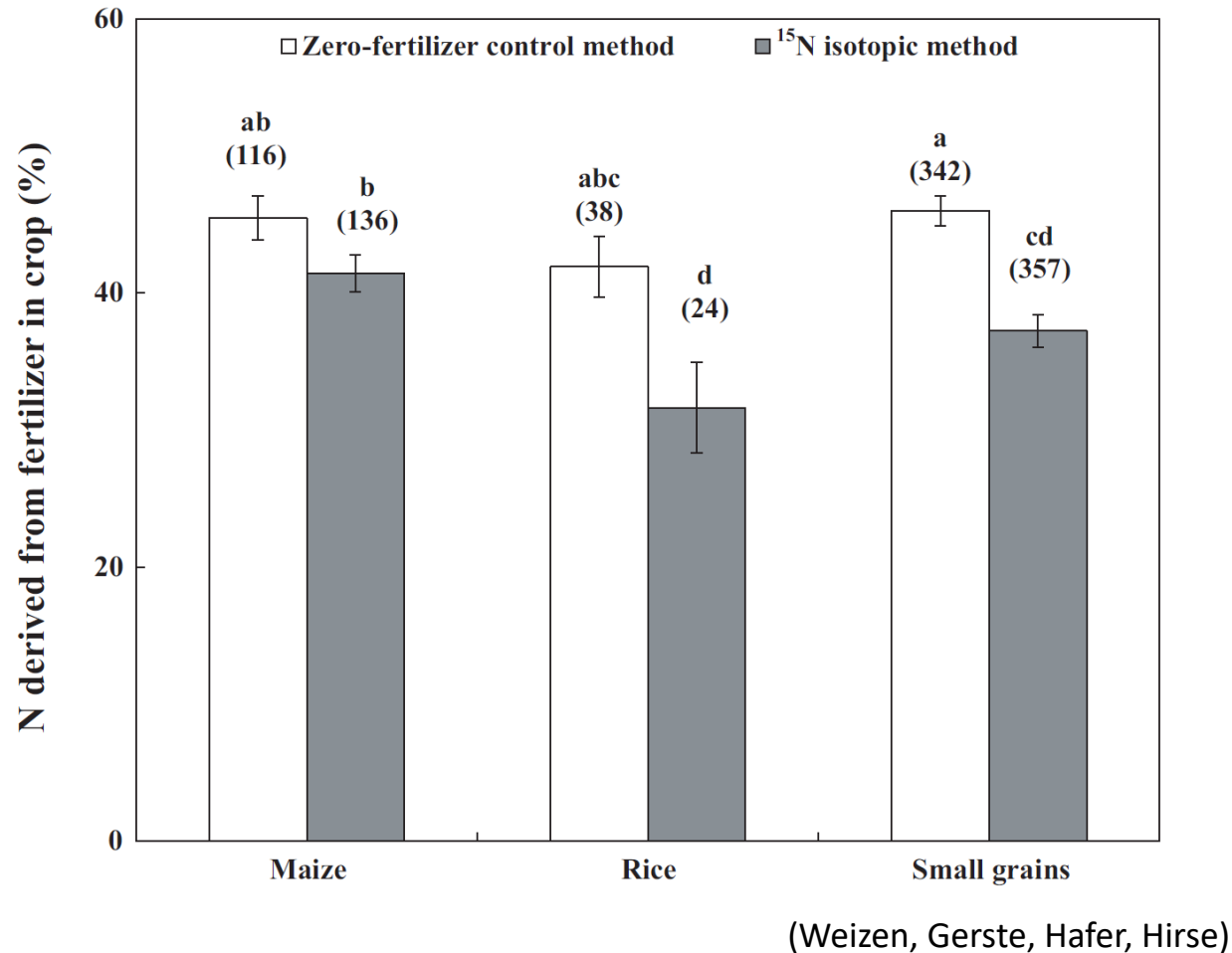
Rethinking sources of nitrogen to cereal crops

Ming Yan¹ | Genxing Pan¹  | Jocelyn M. Lavallee²  | Richard T. Conant² 

Yan, M., Pan, G., Lavallee, J. M., & Conant, R. T. (2020). Rethinking sources of nitrogen to cereal crops. *Global Change Biology*, 26(1), 191–199. <https://doi.org/10.1111/gcb.14908>



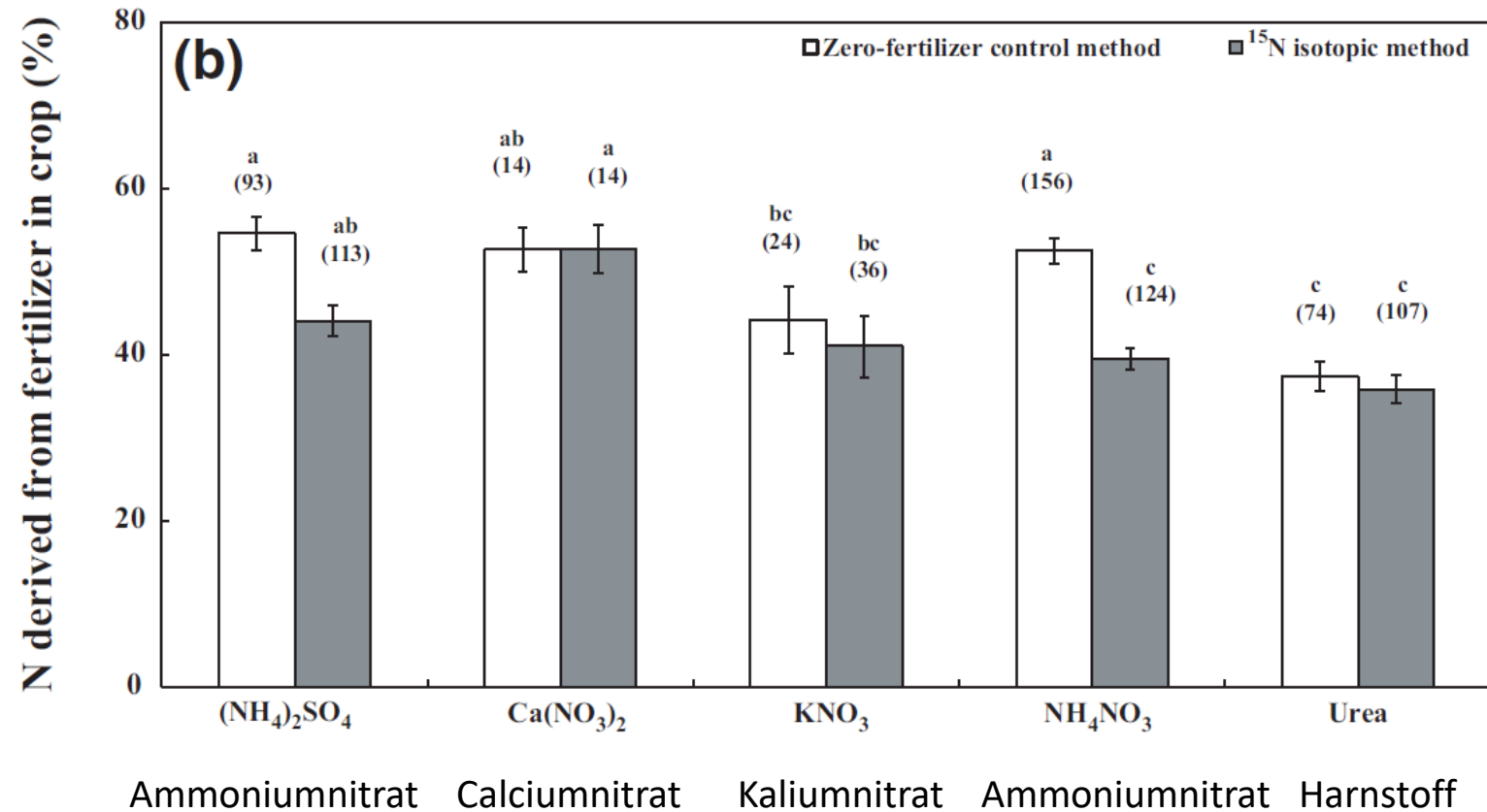
Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken



N Wiederfindung in der Pflanze im Jahr der Düngung ~43% (Durchschnitt alle Methoden und Studien)

	¹⁵ N
Mais	36%
Reis	37%
Andere Getreide	40%

Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken



Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken

- ❖ N Wiederfindung in Pflanzen und Boden nach organischer und M mineralischer N Düngung mit der ^{15}N -Isotopen Methode

N-Quelle	1. Folgefrucht	2. Folgefrucht	3. Folgefrucht	Residual Boden	Wiederfindung	Verluste
	%	%	%	%	%	%
Mineralisch	42.4	3.3	1.7	34.0	81.4	18.6
Organisch	38.0	5.3	4.9	43.4	91.6	8.4

Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken

- ❖ N Wiederfindung in Pflanzen und Boden nach organischer und M mineralischer N Düngung mit der ^{15}N -Isotopen Methode

N-Quelle	1. Folgefucht	2. Folgefucht	3. Folgefucht	Residual Boden	Wiederfindung	Verluste
	%	%	%	%	%	%
Mineralisch	42.4	3.3	1.7	34.0	81.4	18.6
Organisch	38.0	5.3	4.9	43.4	91.6	8.4

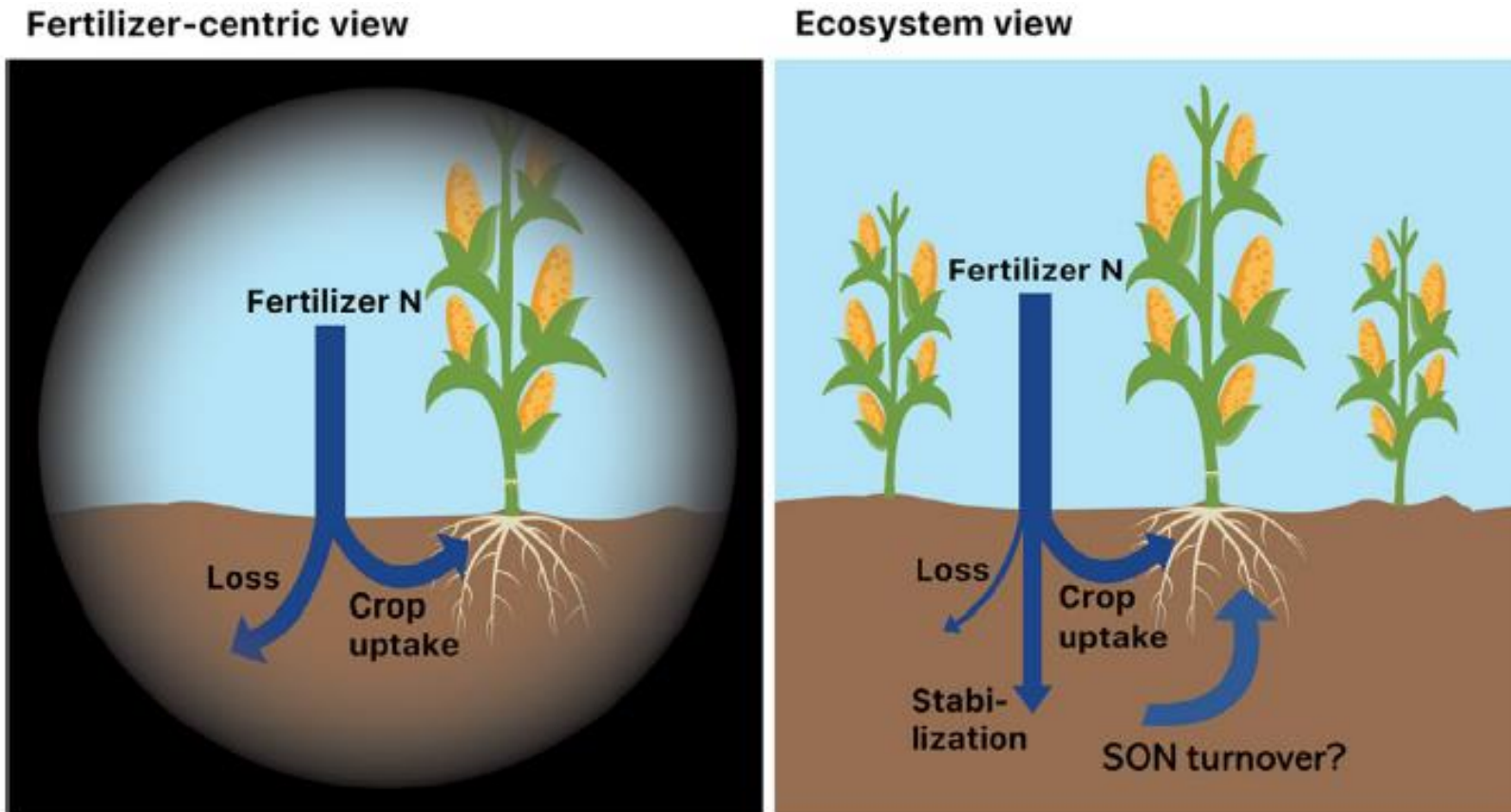
Ähnliche Ergebnisse aus Deutschland:

Chmelíková, L., Schmid, H., Anke, S., & Hülsbergen, K.-J. (2021). Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119(3), 337–354.

<https://doi.org/10.1007/s10705-021-10126-9>

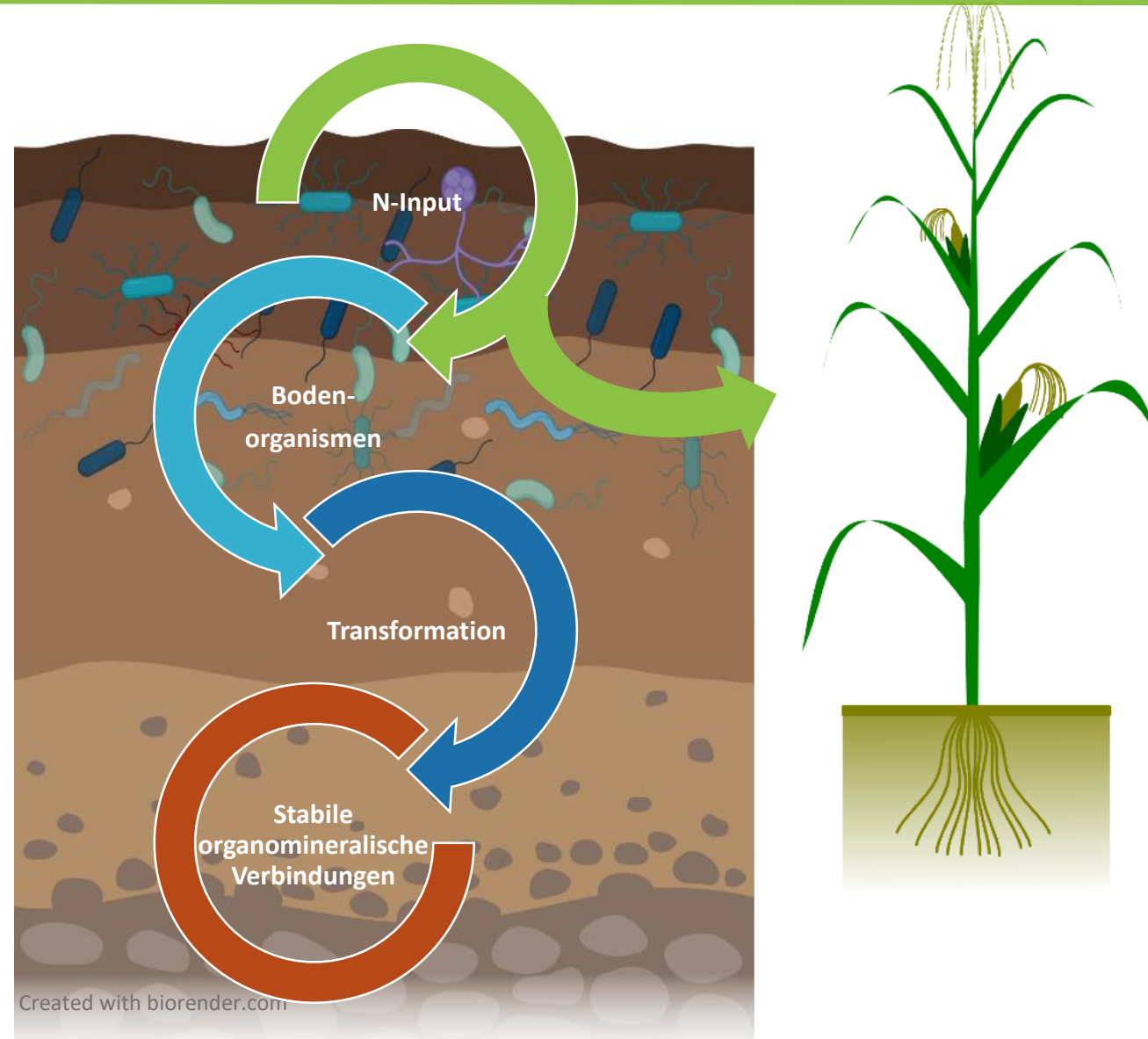
Die Quelle der Pflanzennährstoffe überdenken

- ❖ Egal ob wir organisch oder mineralisch Düngen, über ~50% des N-Düngers wird im Boden stabilisiert und steht späteren Feldfrüchten zur Verfügung.



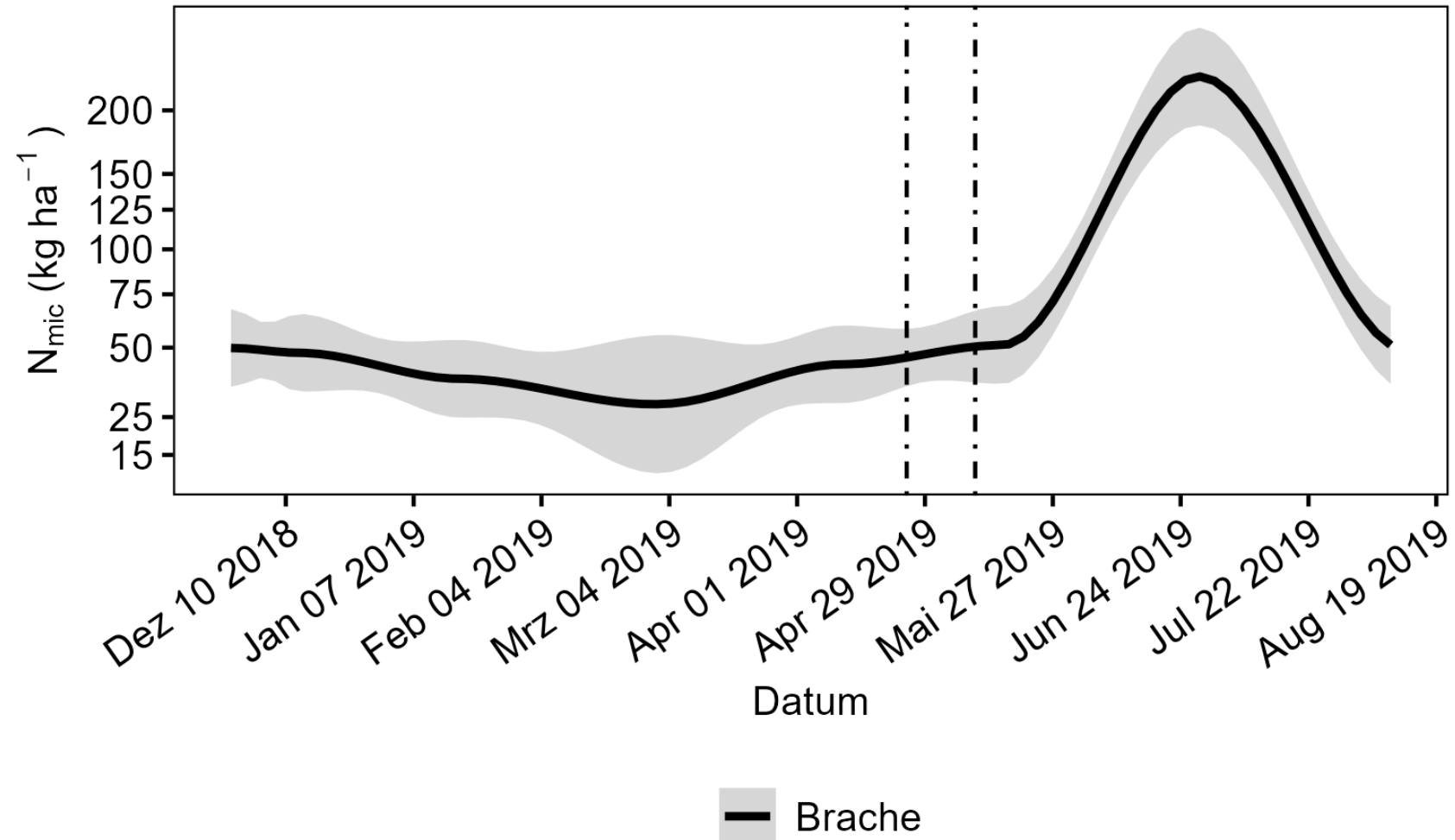
Bodenorganismen als wichtigste Steuergröße

Ständige Konkurrenz
und Synergie



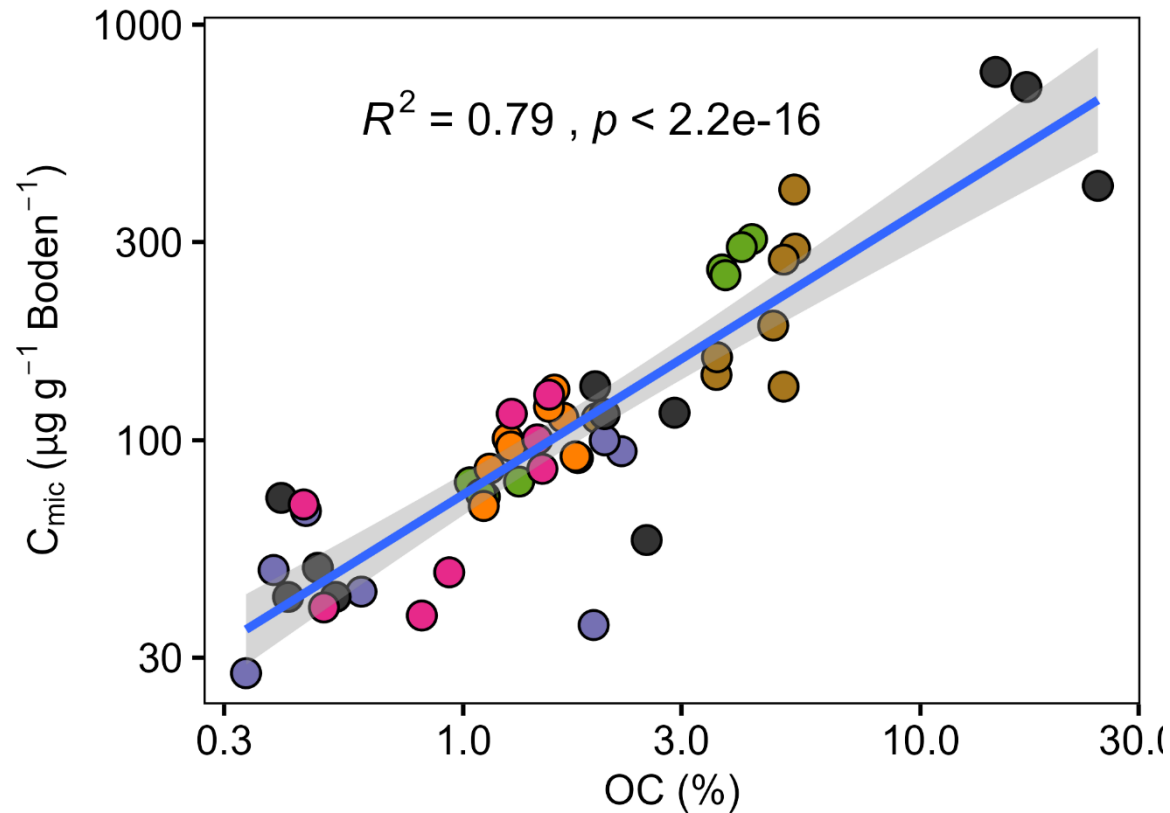
Bodenorganismen als wichtigste Steuergröße

- ❖ N in mikrobieller Biomasse über Winter bis Aussaat von Mais und mineralischer Düngung (vertikalen Linien)



Bodenorganismen als wichtigste Steuergröße

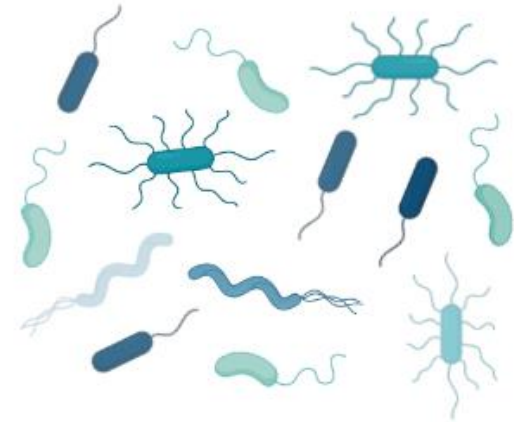
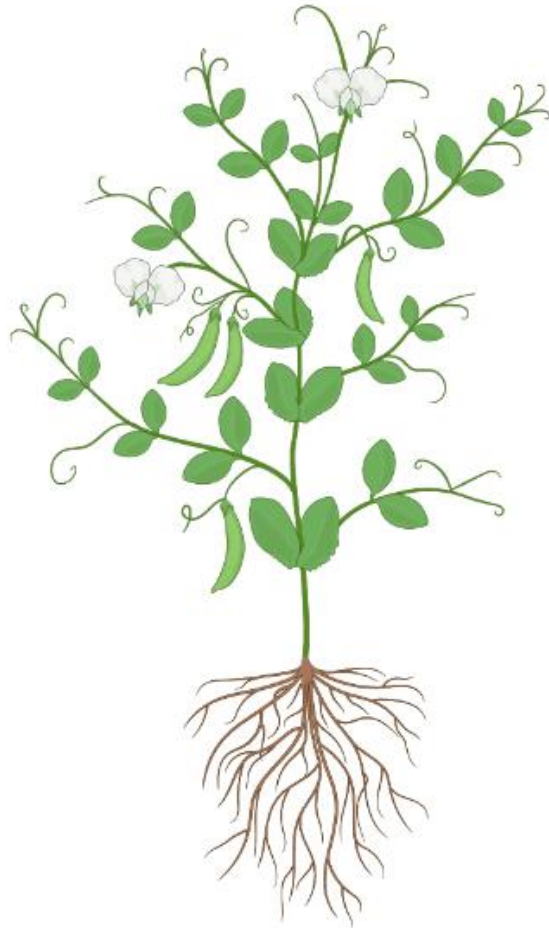
- ❖ Zusammenhang zwischen C_{org} Gehalt und C in der mikrobiellen Biomasse (C_{mic})



- Pflug Konv.
- Pfluglos Konv.
- Grünland
- Pflug Org.
- Hortisol
- Mischwald

Pflanze und Bodenmikrobiome

Wie beeinflussen Pflanzen das Mikrobiom im Boden ?



Einfluss von Pflanzen auf Bodenparameter

Biogeochemisch

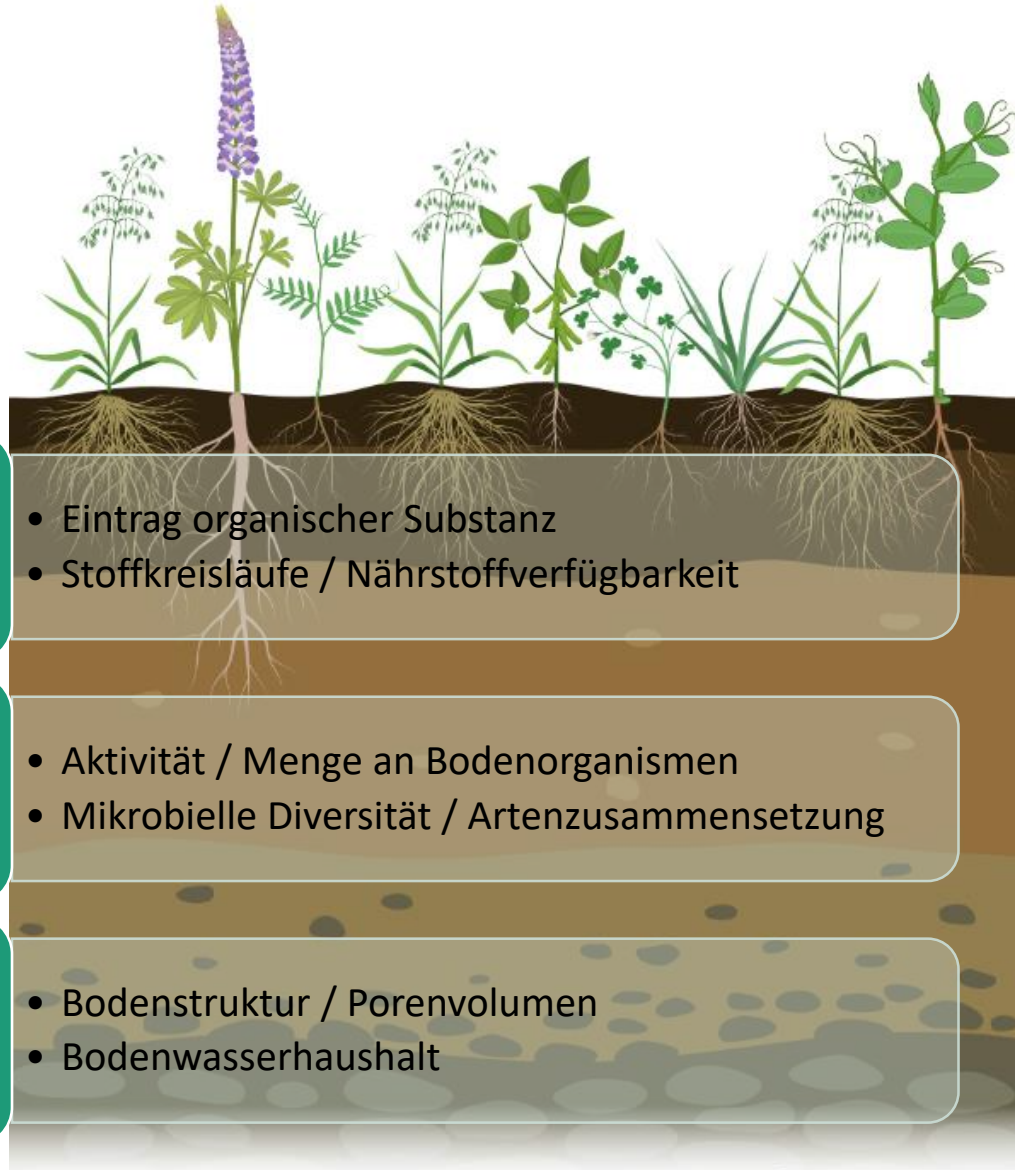
- Eintrag organischer Substanz
- Stoffkreisläufe / Nährstoffverfügbarkeit

Biologisch

- Aktivität / Menge an Bodenorganismen
- Mikrobielle Diversität / Artenzusammensetzung

Physikalisch


- Bodenstruktur / Porenvolumen
- Bodenwasserhaushalt

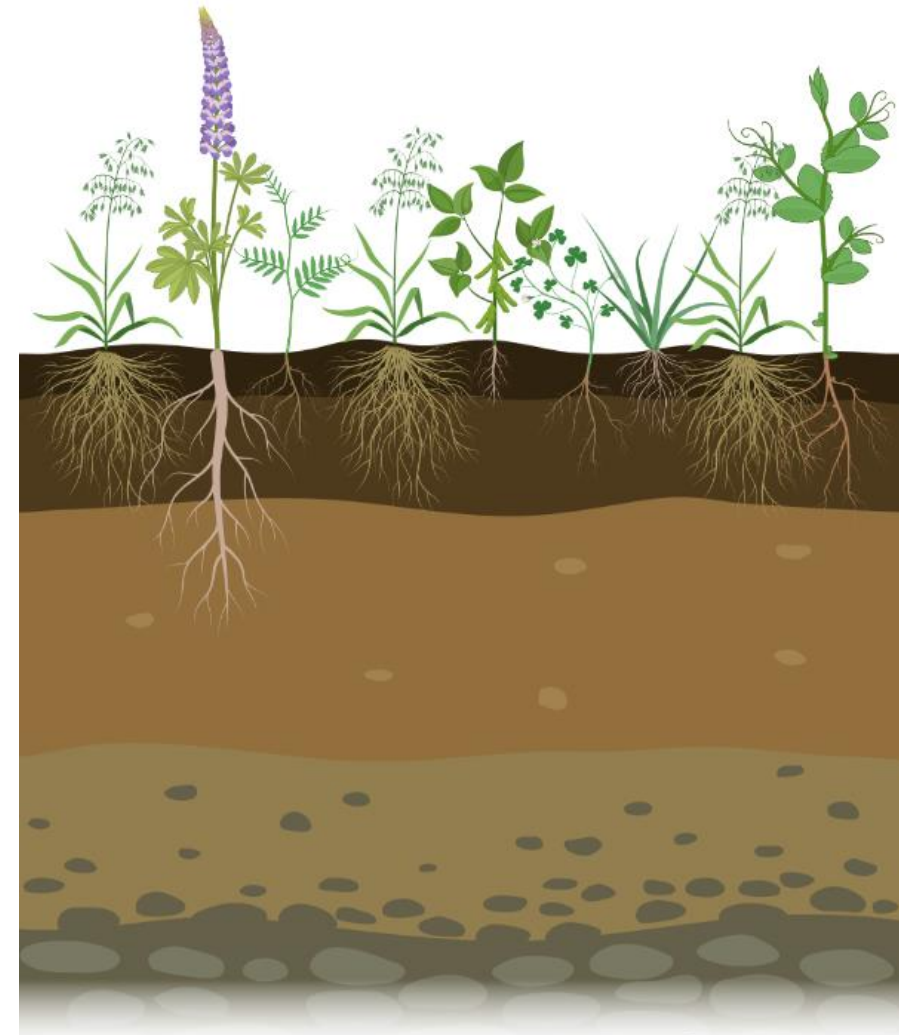


Biogeochemische Einflüsse der Pflanzenstreu

- Jede einzelne Pflanzenart hat eine charakteristische Zusammensetzung von Inhaltsstoffen und Elementen (Stöchiometrie)

Alexandrinerklee	401	36	11	43	18	4.4	3	3.2	2041	31	65
Inkarnatklee	409	36	12	44	14	4.9	3.1	3.6	892	38	55
Perserklee	388	35	11	35	12	4.1	2.4	2.6	377	26	66
Schwedenklee	396	38	11	48	20	5.8	3.5	4.2	2273	29	93
Klee (Mix alle Arten)	332	28	12	35	13	3.8	2.5	3.1	602	27	44
Felderbse	423	40	11	32	16	5.1	2.5	3.1	423	17	56
Pannonische Wicke	370	38	10	39	11	5.9	2.8	3.7	257	24	95
Oellein	437	24	21	30	12	5.5	2	3.1	1662	27	42
Phacelia	376	24	19	49	37	6	2.6	2.8	286	27	20
Rauhafer	400	25	19	47	7	5.4	2	2.9	1970	4.6	42
Weizen	358	30	13	29	4.3	3.4	1.3	2.2	140	6.1	37
Sorghum	397	25	17	35	11	3.7	2.3	2.7	231	7.9	85
Ramtilkraut	358	22	20	56	23	5.7	2.8	4.4	349	31	57
Sonnenblume	390	22	22	52	22	4.7	3.9	3.5	368	48	66
Leindotter	403	28	17	38	22	6.5	2.9	6.1	498	24	43
Senf	412	22	22	31	19	3.8	2.1	5.5	1195	21	63
Rettich Deeptill	361	34	11	53	31	6.1	2.6	7.7	2823	34	40
	C	N	C:N	K	Ca	P	Mg	S	Na	B	Zn
	mg g ⁻¹								µg g ⁻¹		

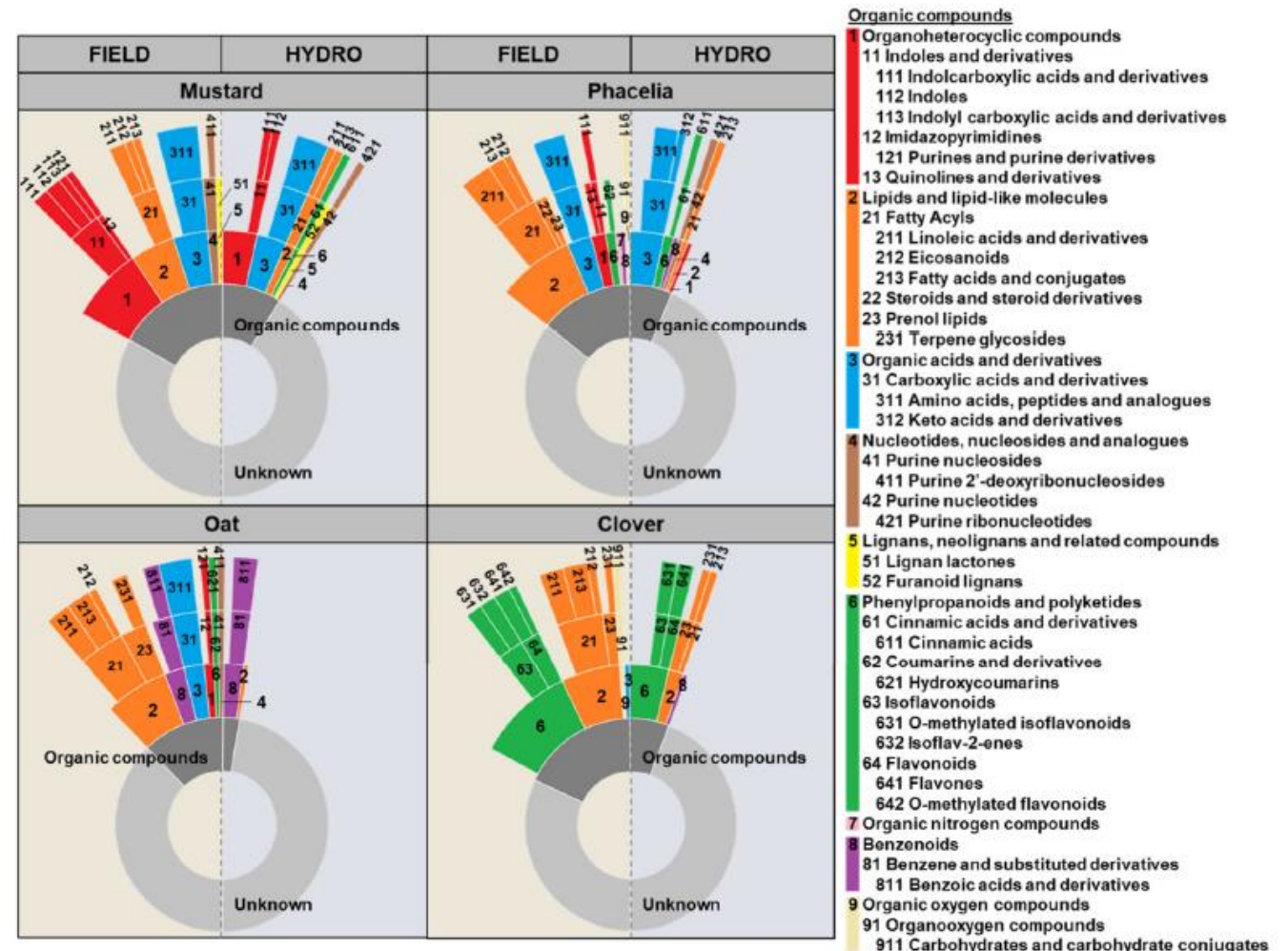
Elementgehalte Spross

 Min Max



Elementgehalte von Sprossmasse unterschiedlicher Pflanzen im Herbst

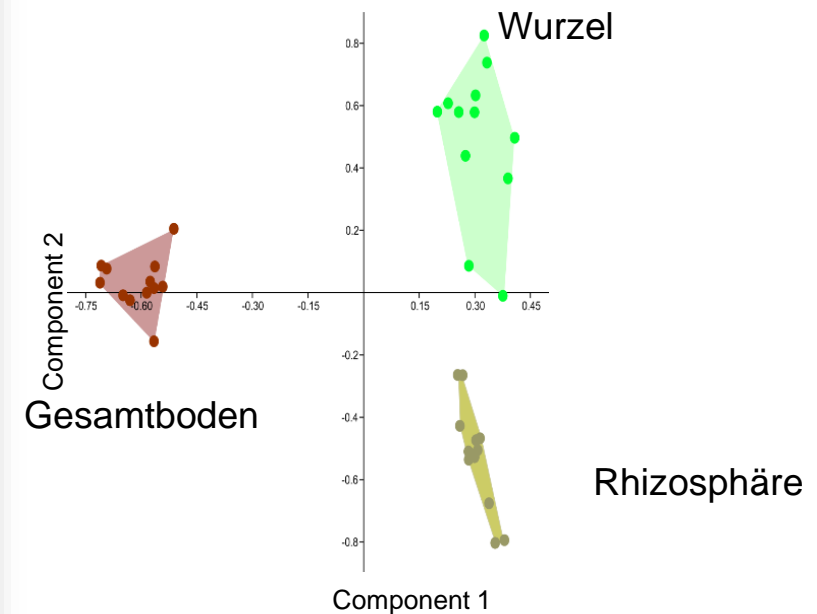
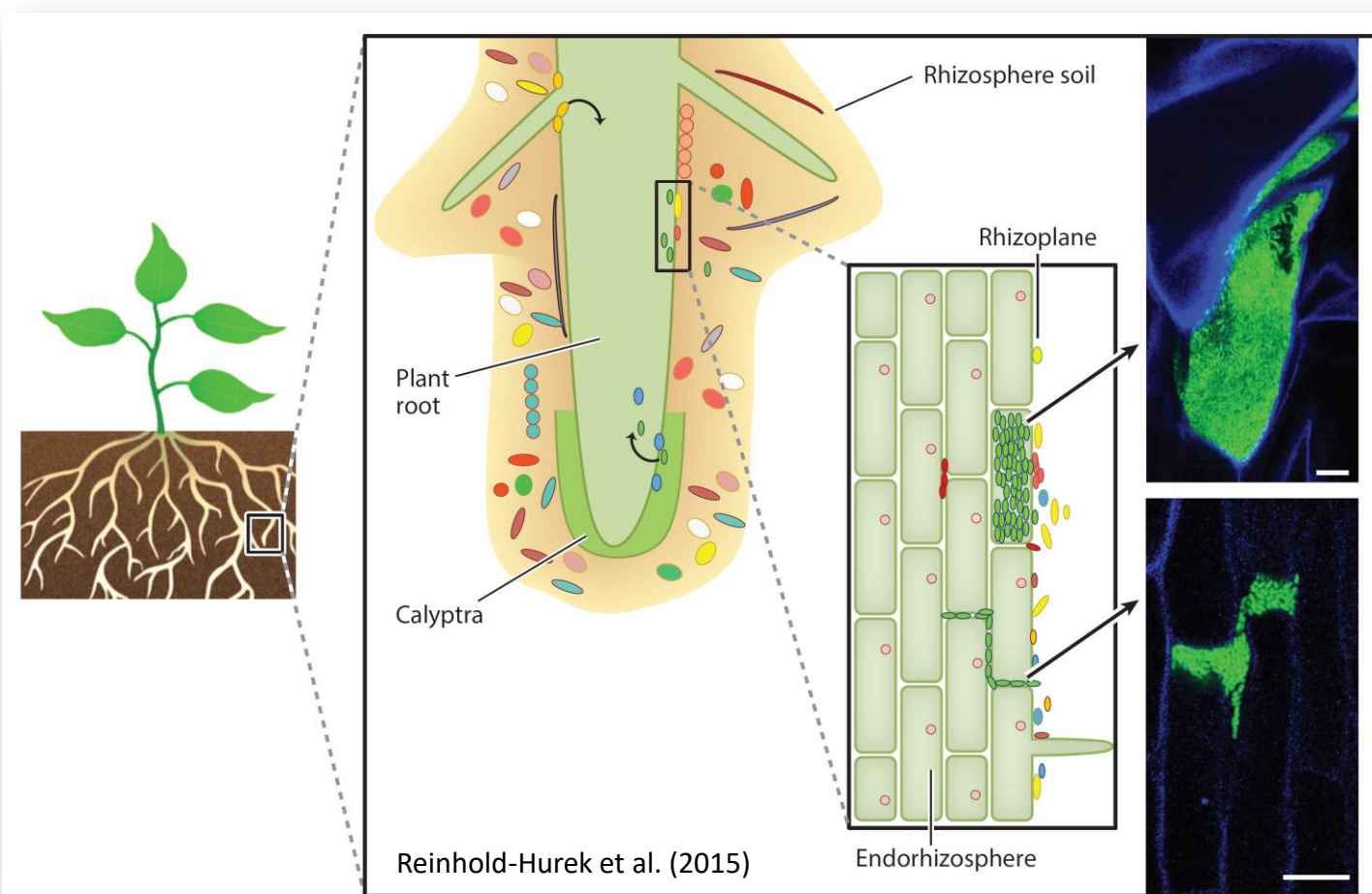
Wurzelexudate in der Rhizosphäre

- Die chemische Zusammensetzung der Exudate ist pflanzenspezifisch, Klimaabhängig/Standortabhängig und kann sich auch zwischen einzelnen Wurzeln einer Pflanze ändern
- Putative chemische Klassifizierung der 100 häufigsten Features in Wurzelexsudaten von Senf, Phacelia, Hafer und Klee aus Feld- (FIELD) bzw. hydroponischer (HYDRO) Sammlung.



Das Mikrobiom der Rhizosphäre

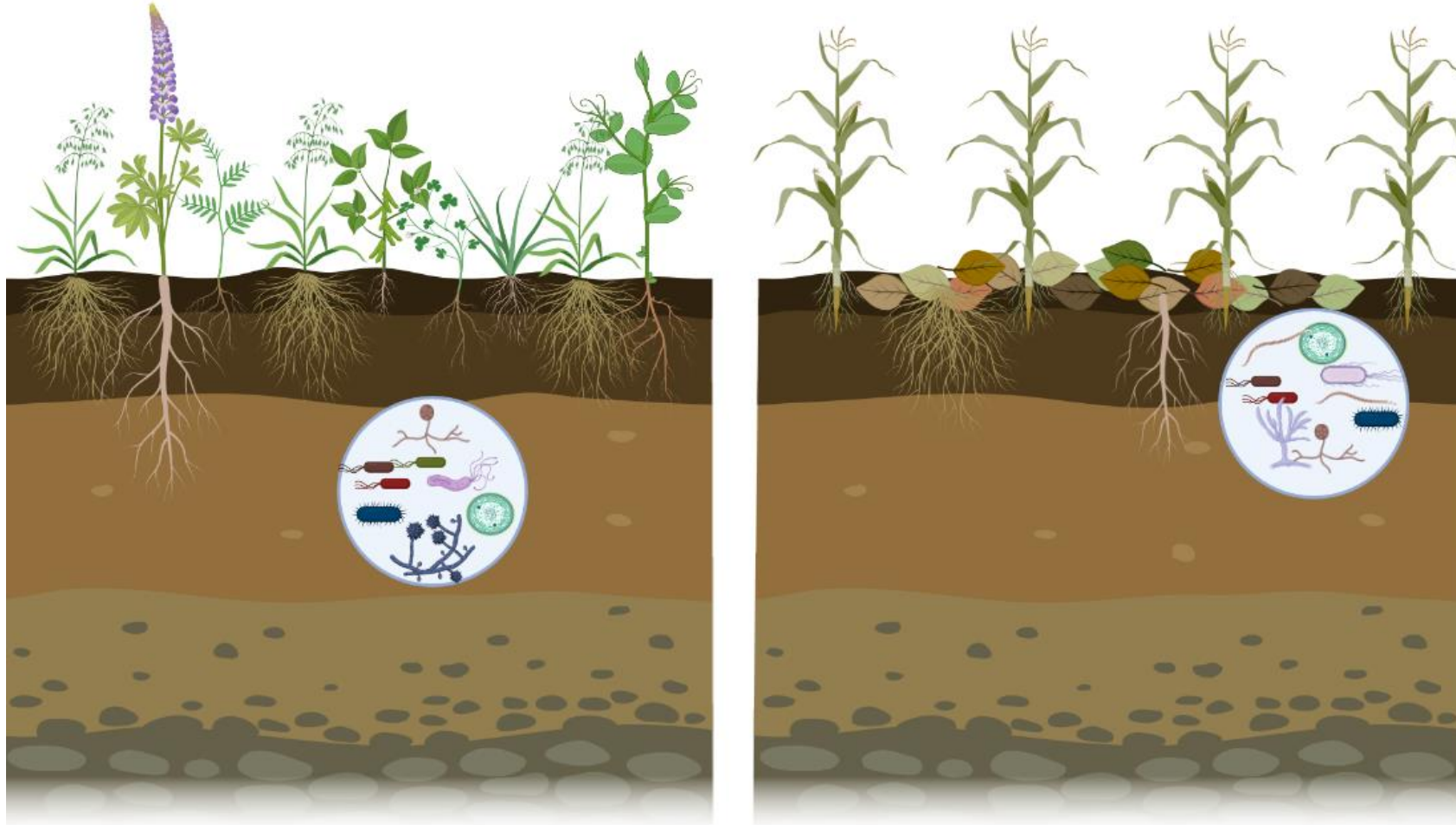
- Das Mikrobiome der Rhizosphäre unterscheidet sich zu dem der Wurzel und zum Gesamtboden – insbesondere das funktionelle Profil der Mikroorganismen – Gradient der Spezialisierung und Diversität
- **Höhere enzymatische Aktivität als im Gesamtboden – hohe Nährstoffmobilisierung**



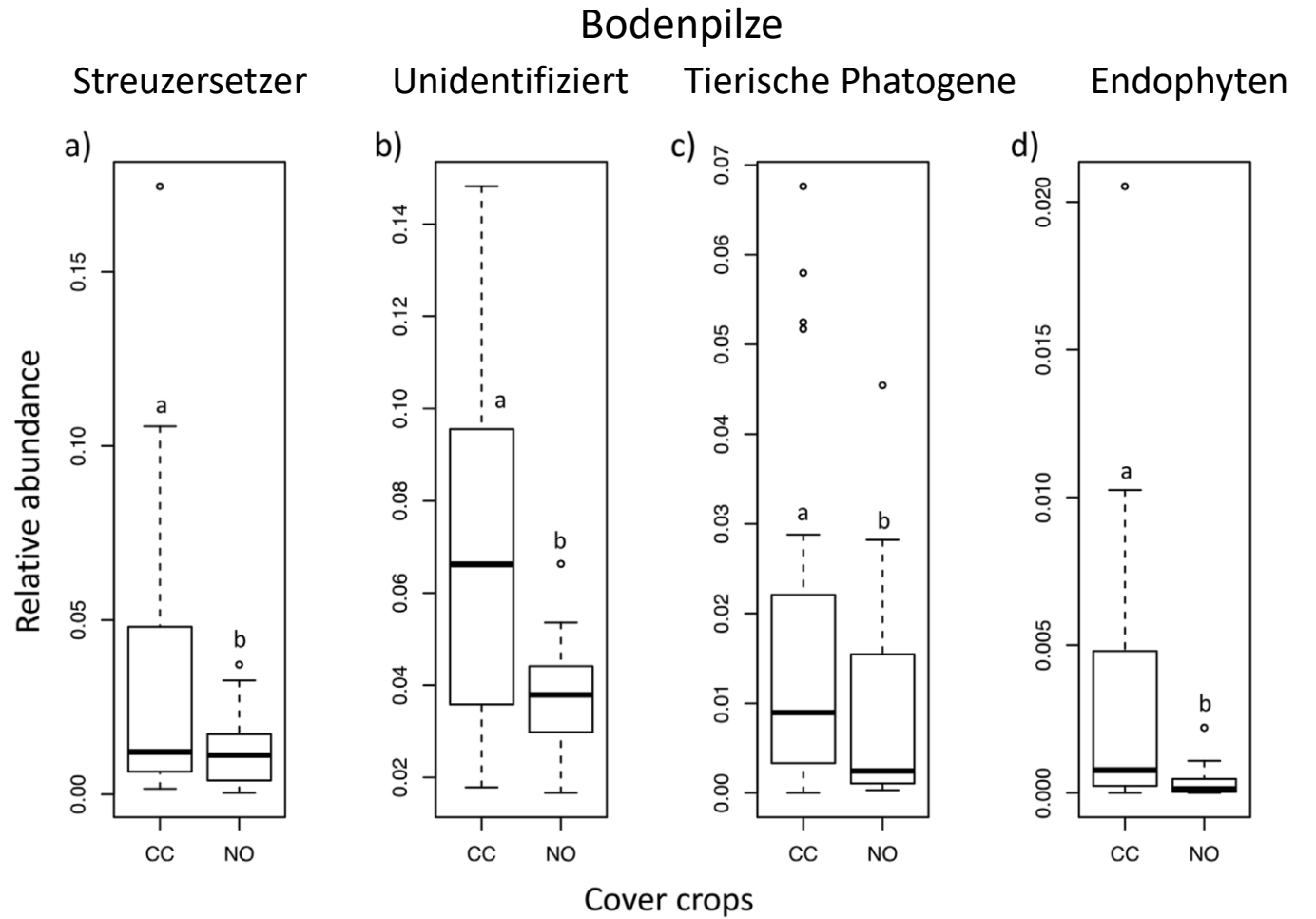
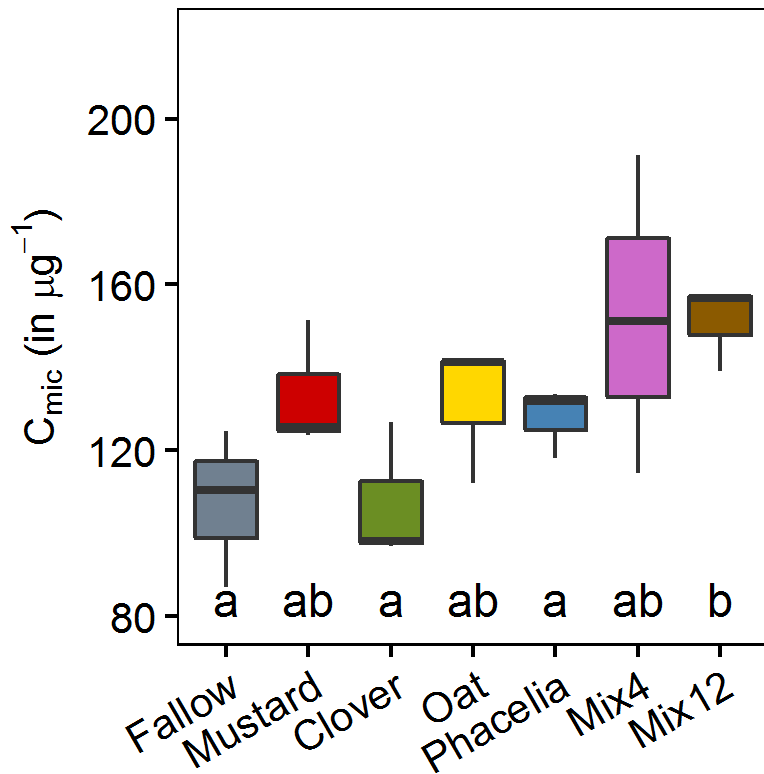
Mikrobiom (rRNA) von Mais nach einer Zwischenfruchtrotation (CATCHY – Reinhold-Hurek)

Mikrobielle Fingerabdrücke

- Ähnlich spezifisch wie das Mikrobiom an & in der Pflanze ist auch die Zersetzungsgemeinschaft der Streustoffe wie ein Fingerabdruck markiert



Einfluss auf das Bodenmikrobiom



Schmidt R, Mitchell J, Scow K (2019) Cover cropping and no-till increase diversity and symbiotroph:saprotroph ratios of soil fungal communities. *Soil Biology and Biochemistry* 129:99–109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.11.010>

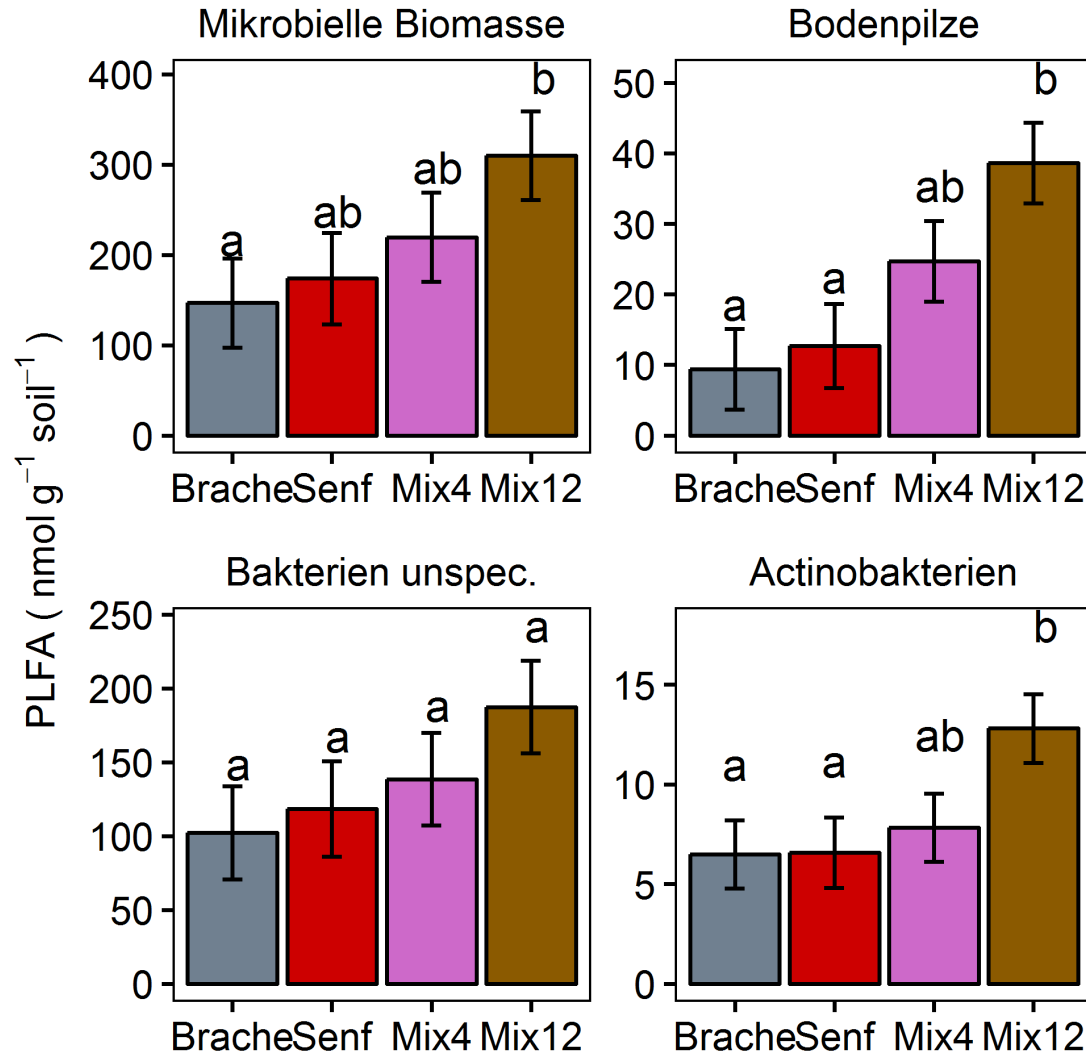
Einfluss auf das Bodenmikrobiom



Brache



Gelbsenf als Reinsaat



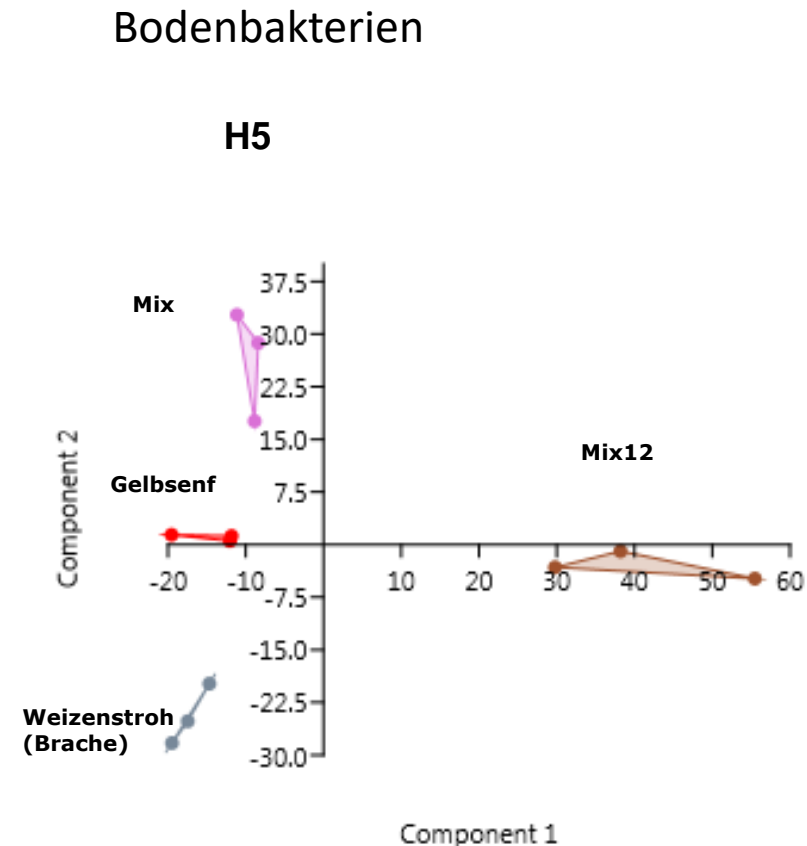
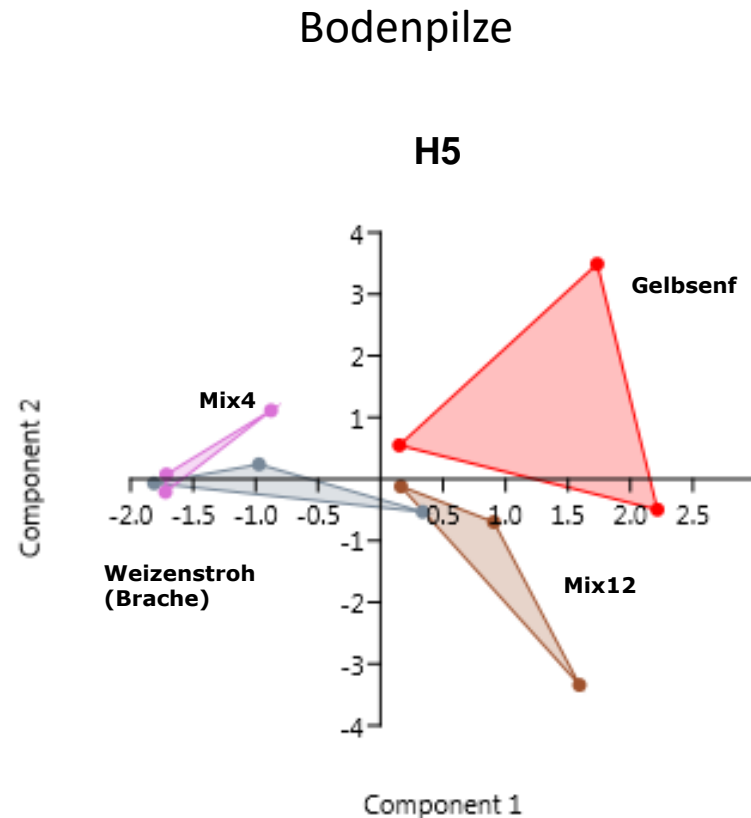
4 Komponenten



12 Komponenten

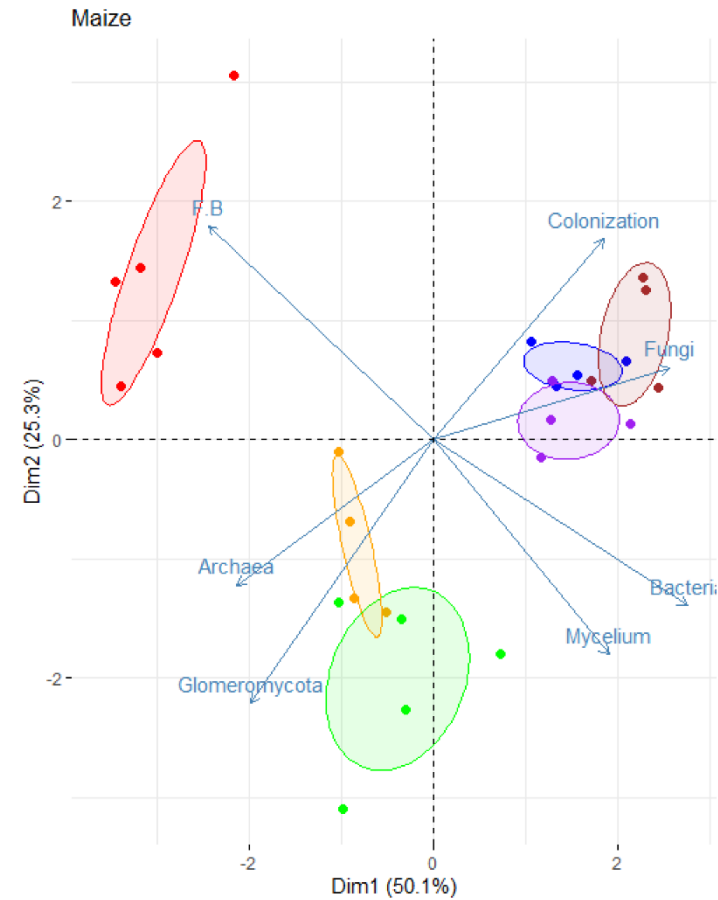
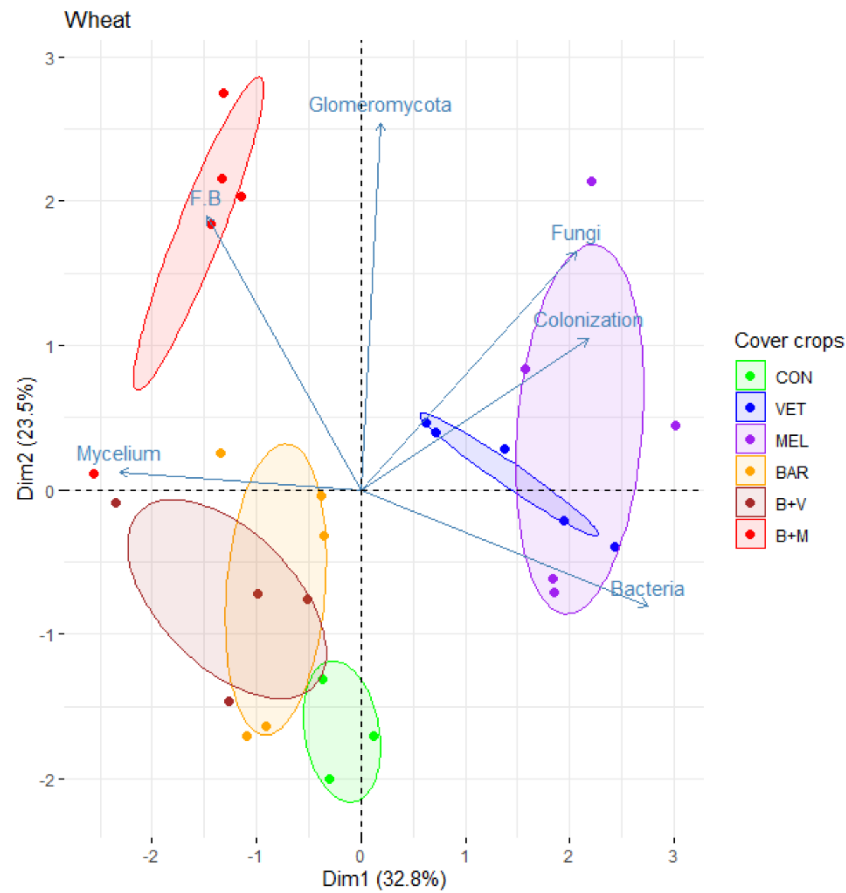
Mikrobiom der Streuzersetzer

- Einfluss von Zwischenfruchtstreu auf das Mikrobiom der Zersetzergemeinschaft im Boden



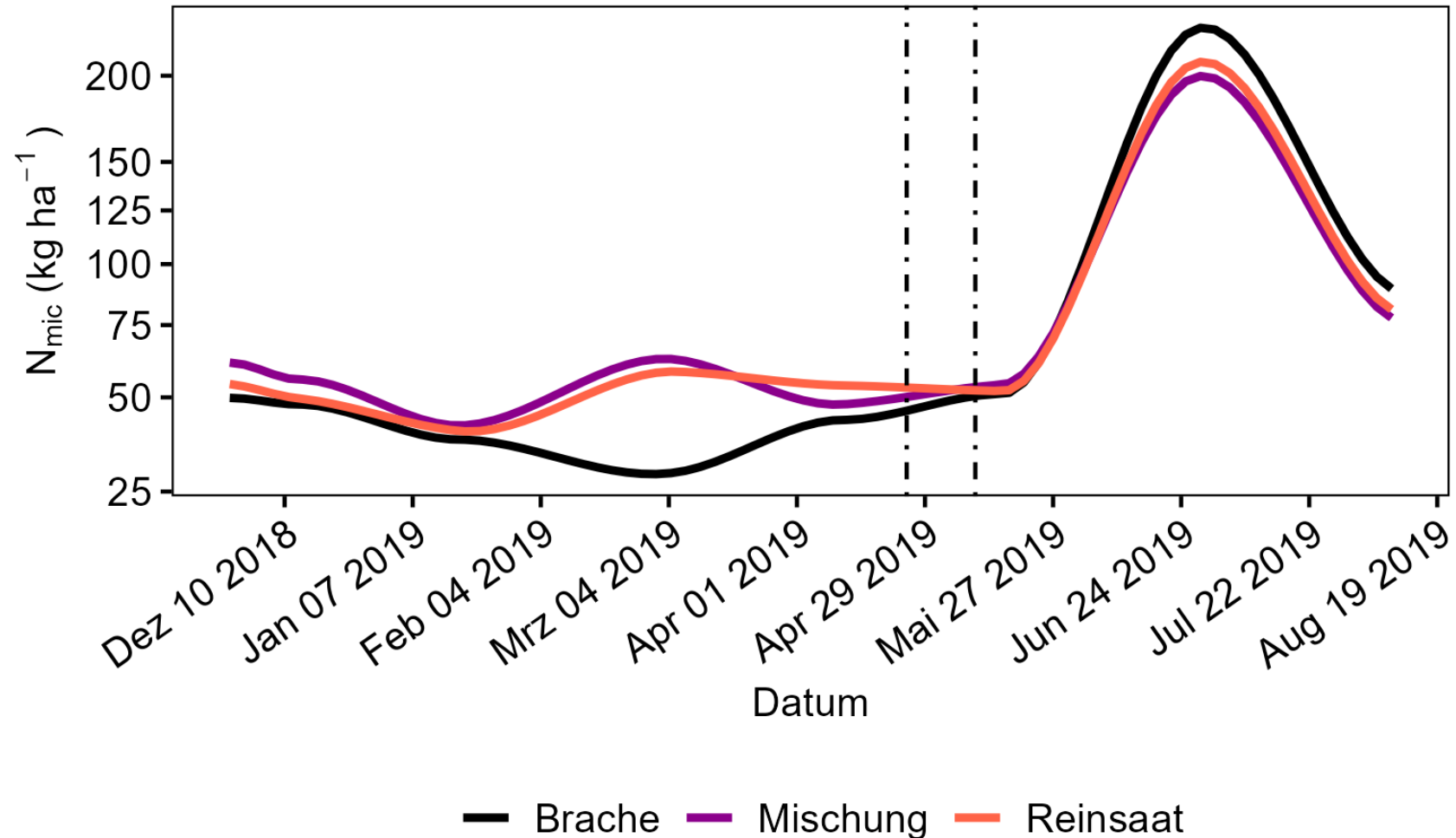
Mikrobiom nach Zwischenfrüchten

- Einfluss von Zwischenfrüchten (Wicke, Steinklee, Gerste) auf das Mikrobiom im Boden der Folgefrucht Weizen und Mais



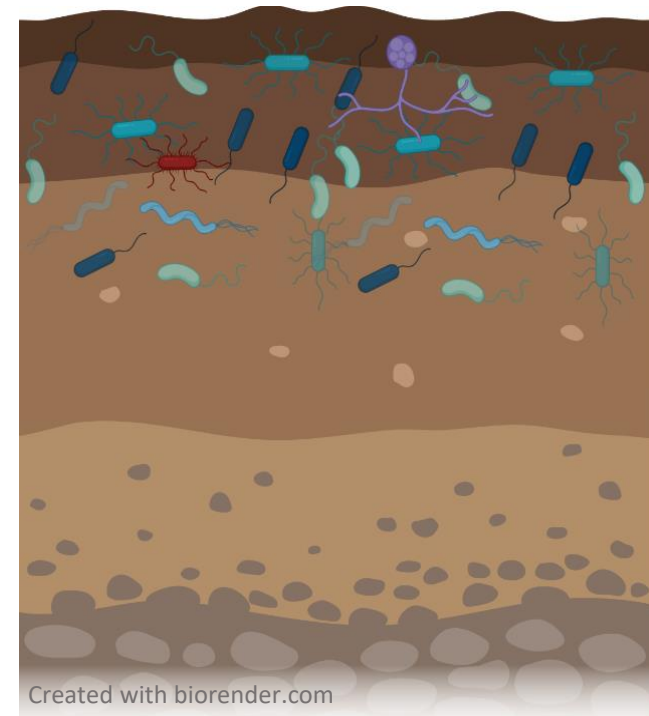
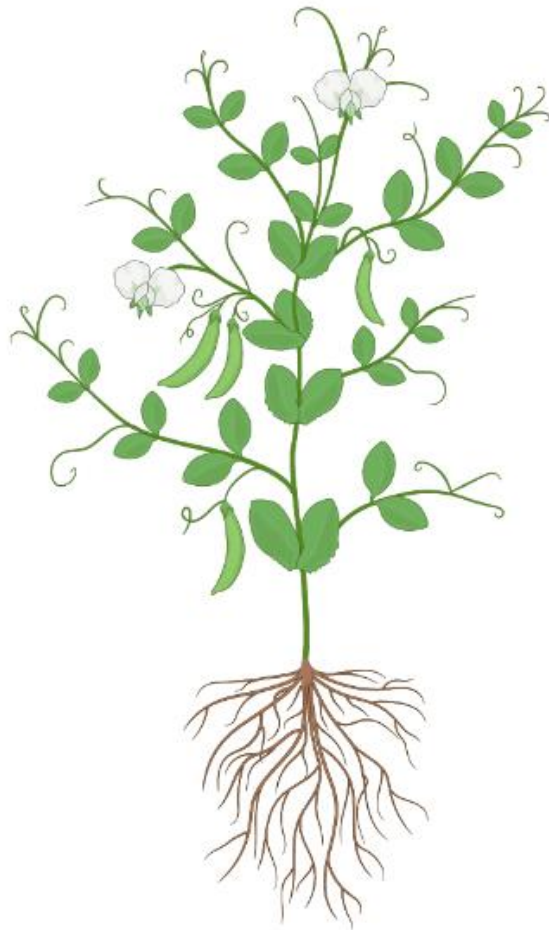
Zwischenfrüchte und N in mikrobieller Biomasse

- ❖ N in mikrobieller Biomasse über Winter bis Aussaat von Mais und mineralischer Düngung (vertikalen Linien)

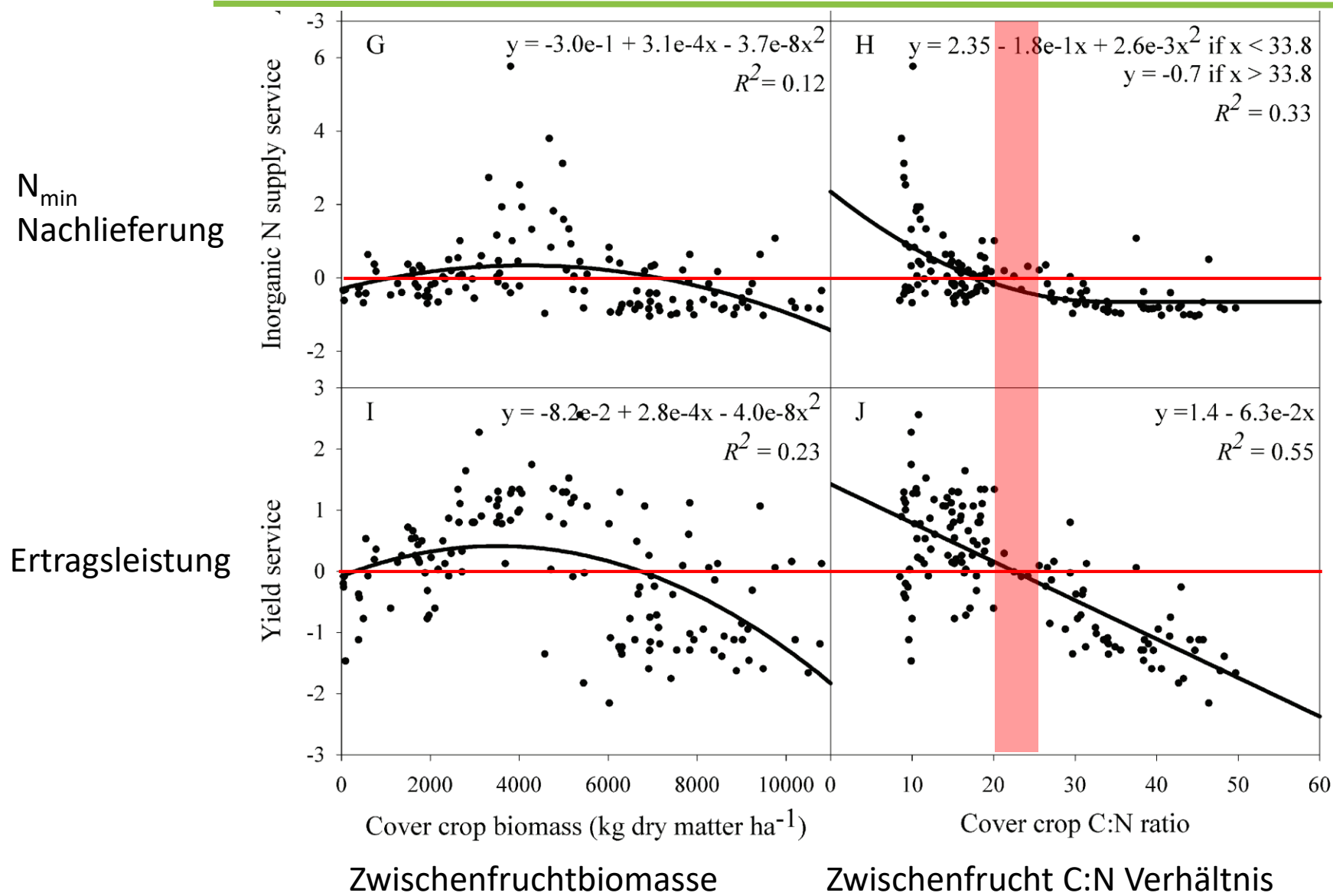


Pflanze und Bodenmikrobiome

Wie können Pflanzengemeinschaften helfen mikrobielle Funktionen im Boden zu optimieren? (Nährstofffreisetzung, Humusaufbau, Nährstofferschließung, ...)

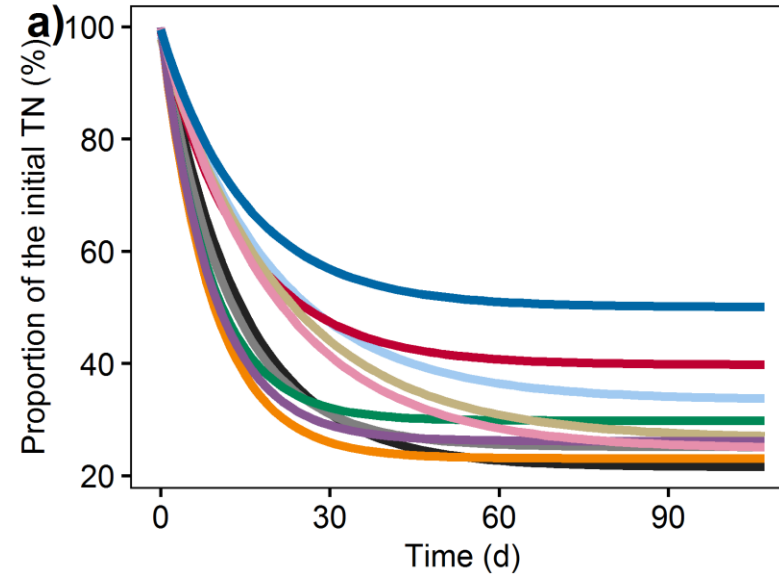
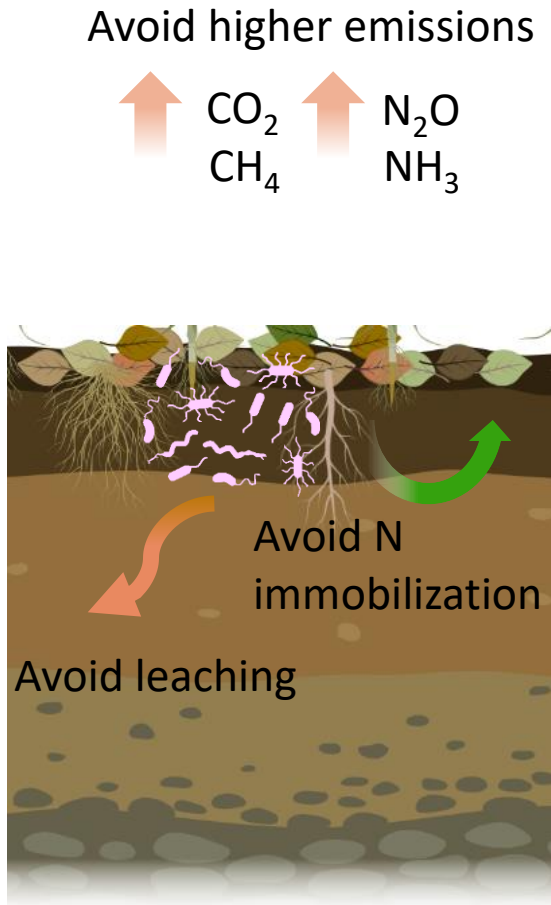


Zwischenfrüchte und N Nachlieferung

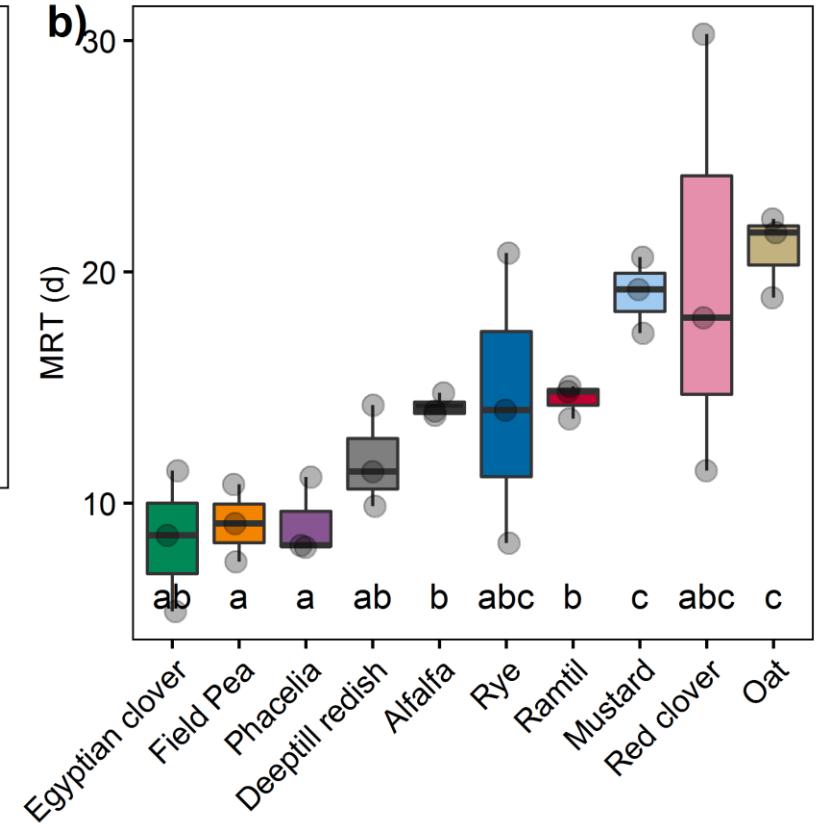


Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39–52. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0182>

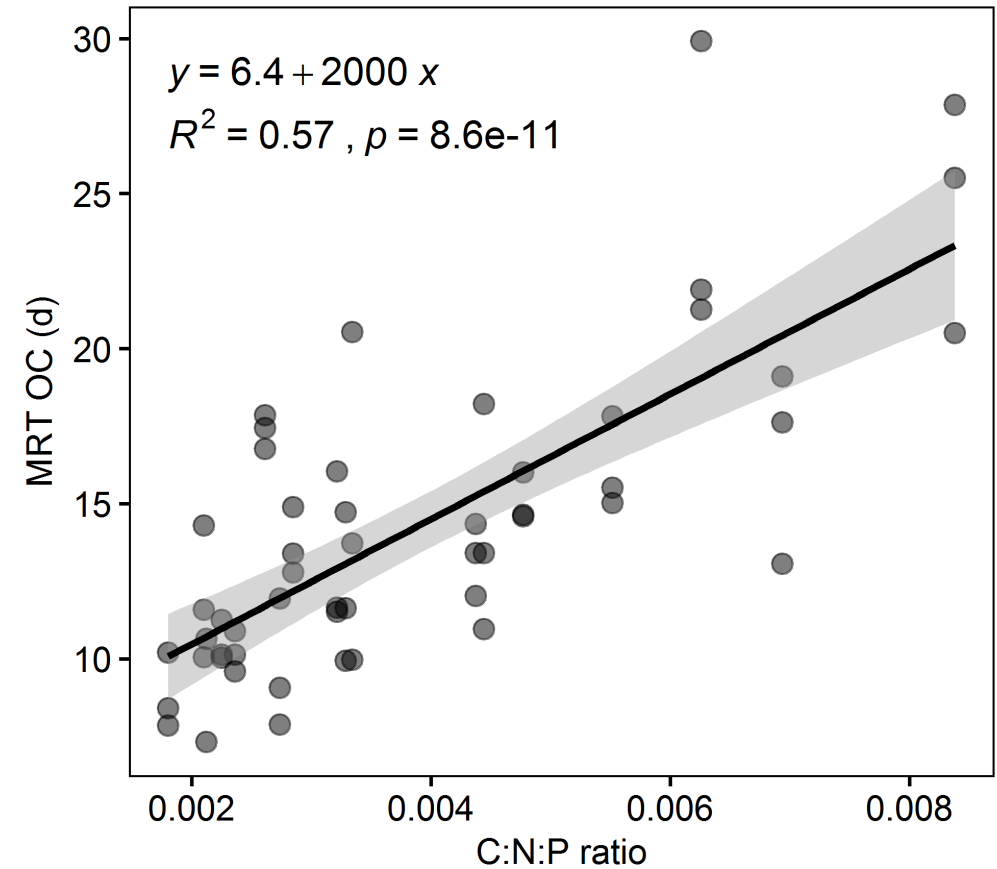
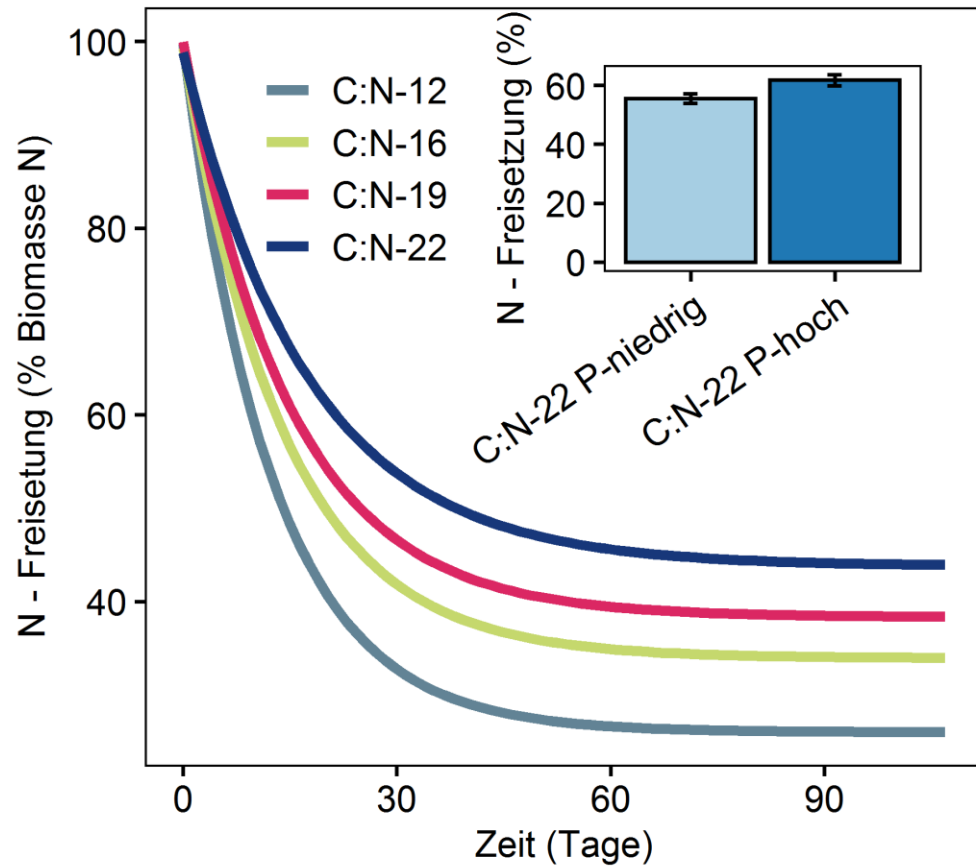
Cover crop litter decay



- Alfalfa
- Deep till radish
- Phacelia
- Field Pea
- Mustard
- Ramtil
- Oat
- Egyptian clover
- Red clover
- Rye

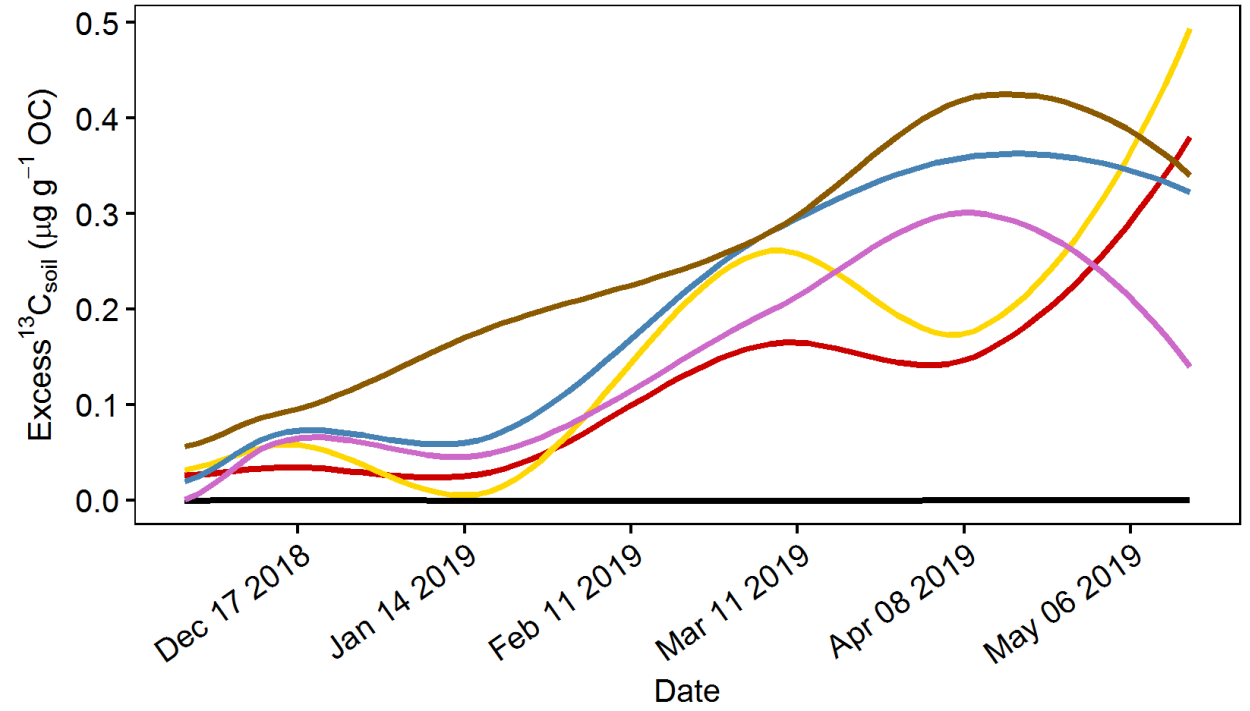
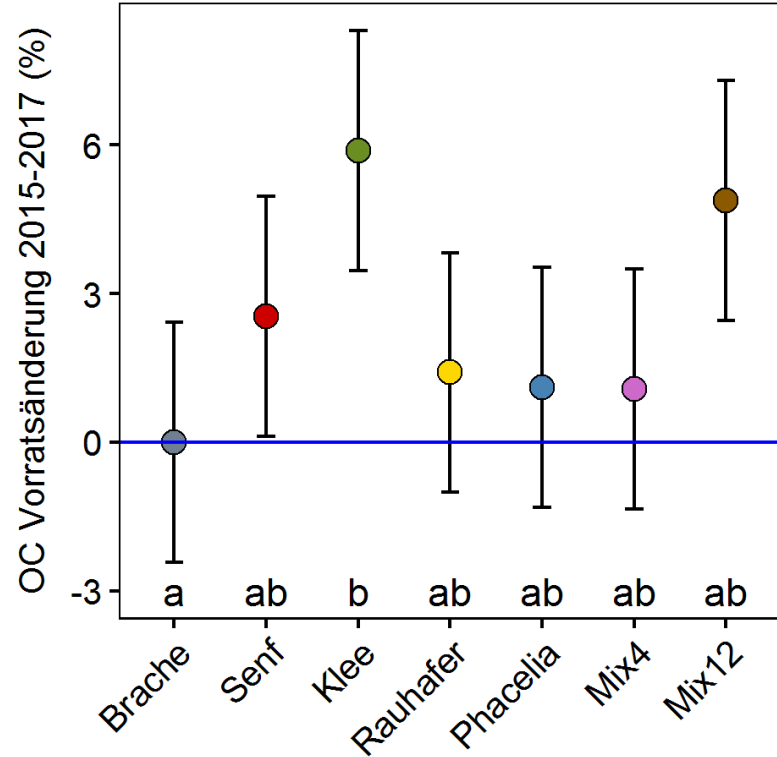


Cover crop litter decay



Humusaufbau

- Zwischenfrüchte erhöhen langfristig die Humusbilanz
- Mit Beginn des Streuabbaus wird kontinuierlich OC zum Aufbau organischer Bodensubstanz (OBS) nachgeliefert

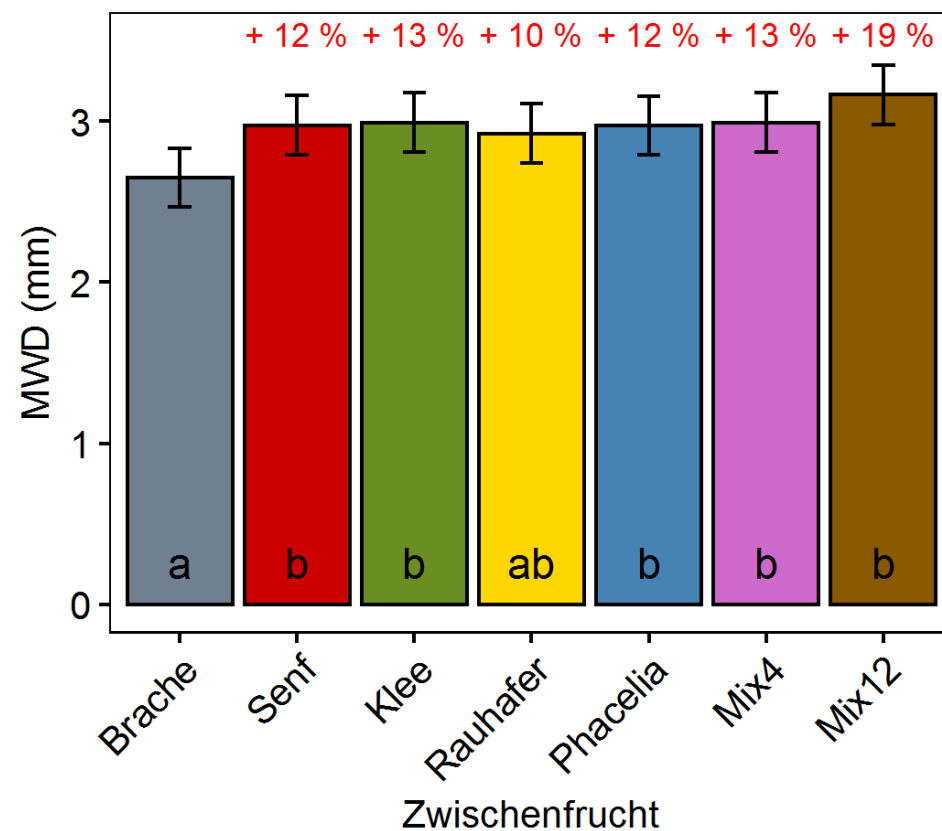
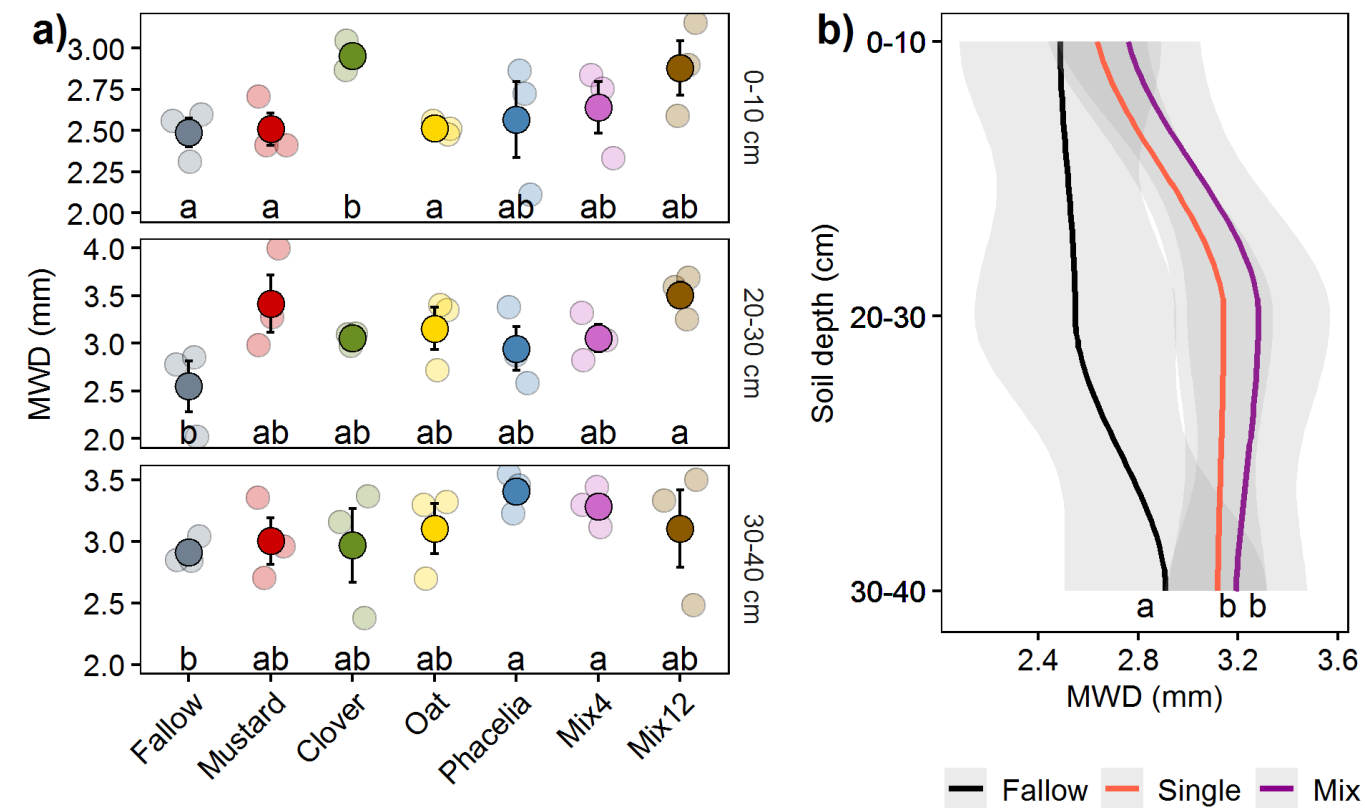


Humusbilanz nach einer zweijährigen Fruchtfolge

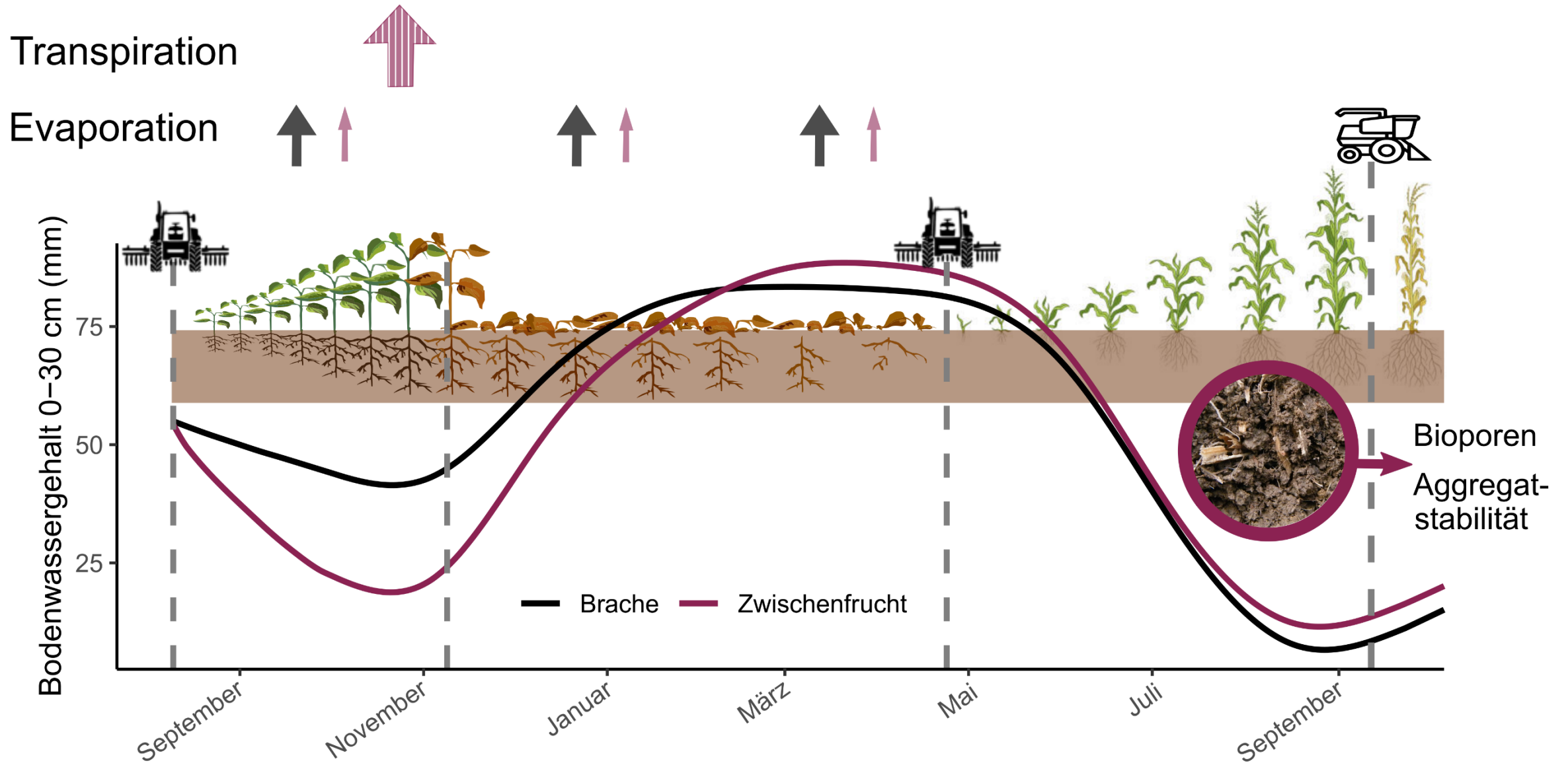
— Fallow — Oat — Mix4
— Mustard — Phacelia — Mix12

Wurzelaktivität zur Bodenverbesserung

➤ Bodenaggregate werden größer und stabiler



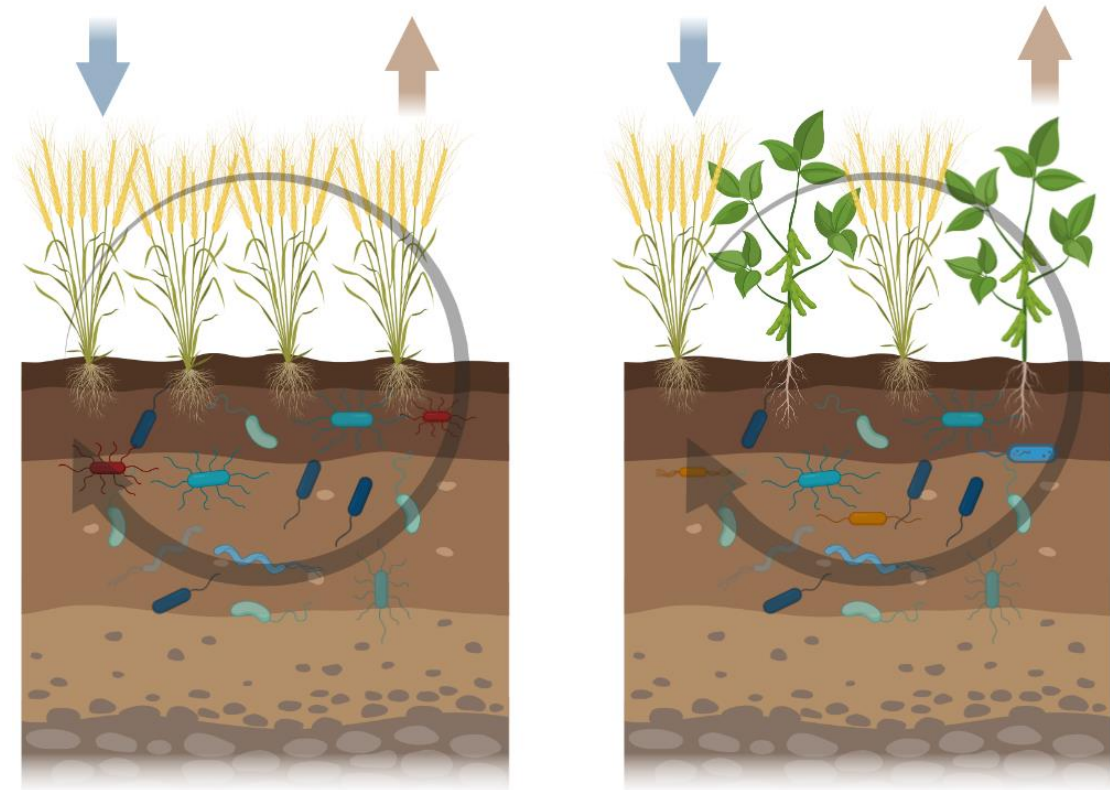
Verbesserung der Wasserverfügbarkeit



Pflanzenvielfalt durch Gemengeanbau

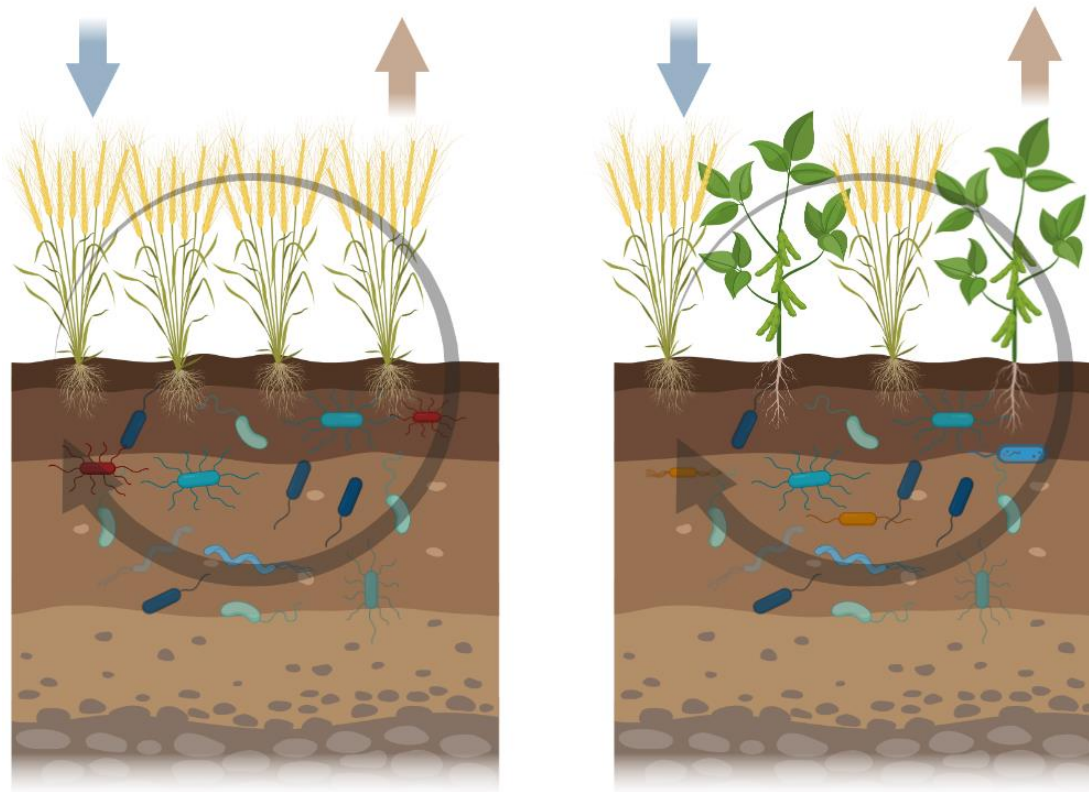


❖ Gemengeanbau mit Leguminosen erhöht die NUE



N- Management durch Gemengeanbau

❖ Gemengeanbau erhöht die C und N –Vorräte im Boden

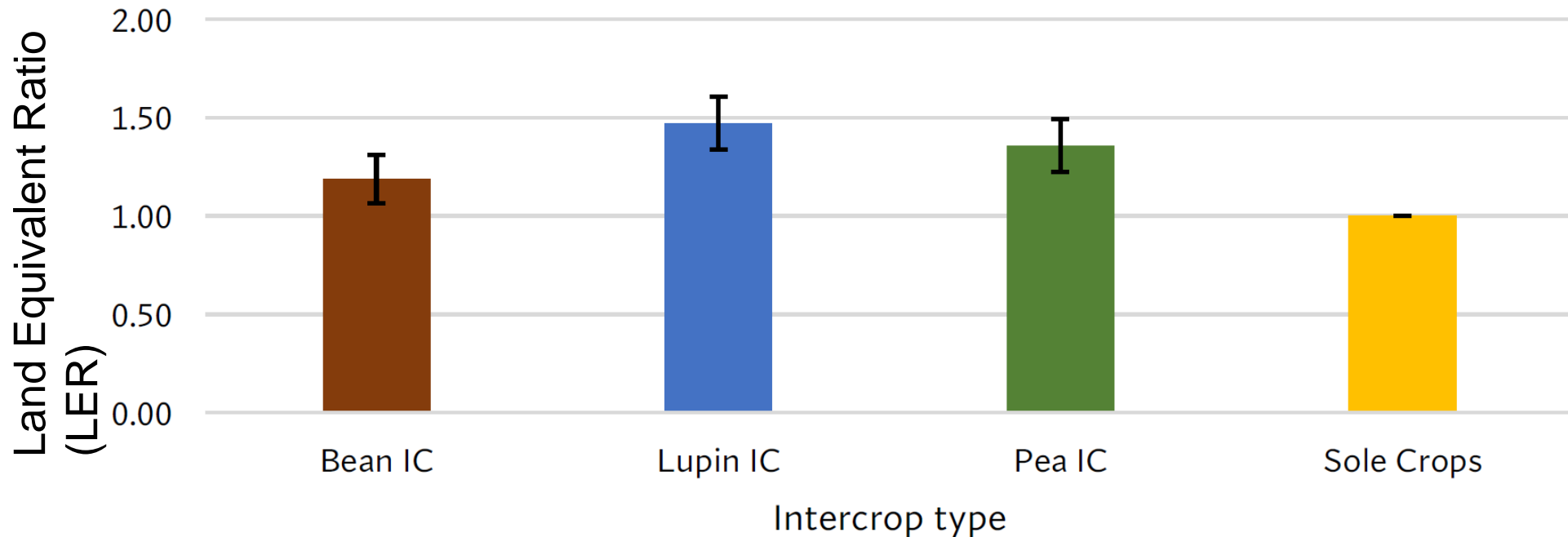


Gemengeanbau führt zu:

- + 184 kg C ha⁻¹ a⁻¹
- + 45 kg N ha⁻¹ a⁻¹
- 23% höhere Wurzelbiomasse
- Biologische N Fixierung und geringere gasförmige N Verluste

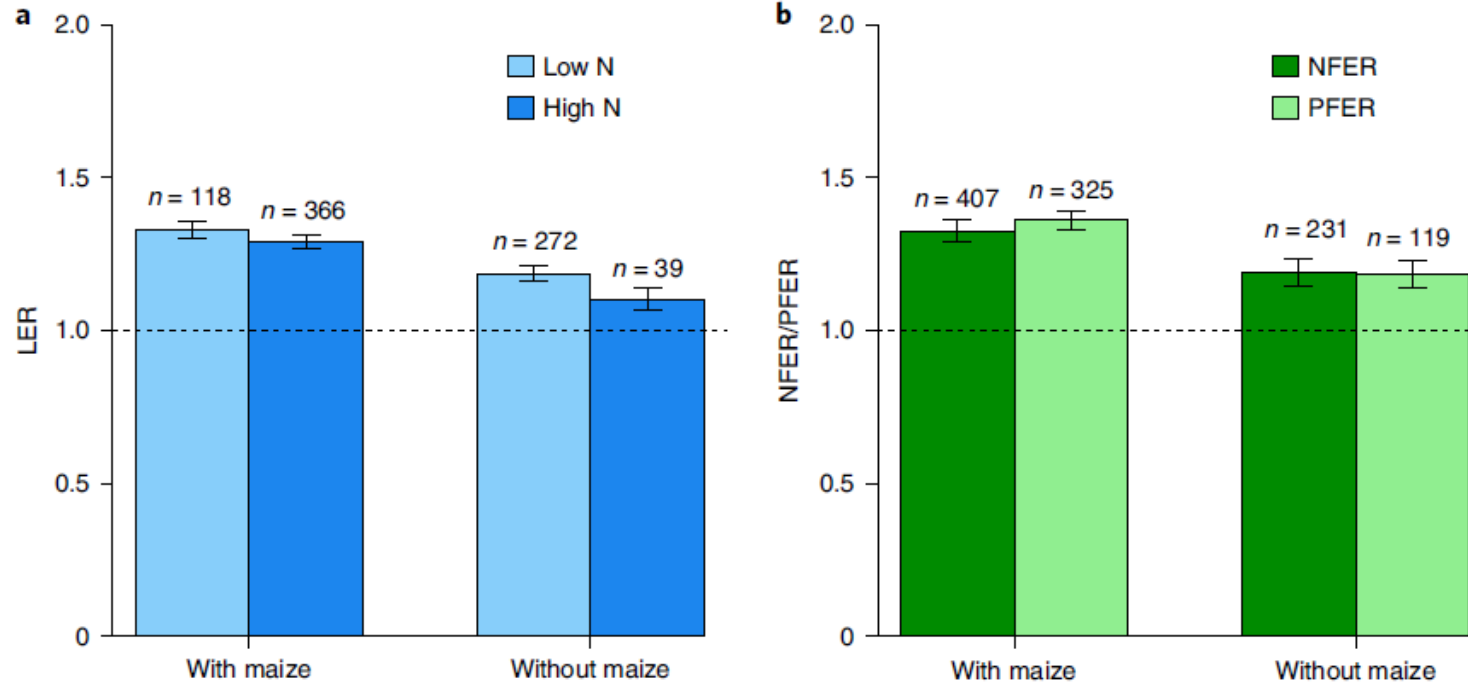
N- Management durch Mischkulturen

$$LER = LER_A + LER_B = \frac{Y_A}{SC_A} + \frac{Y_B}{SC_B}$$



N- Management durch Gemengeanbau

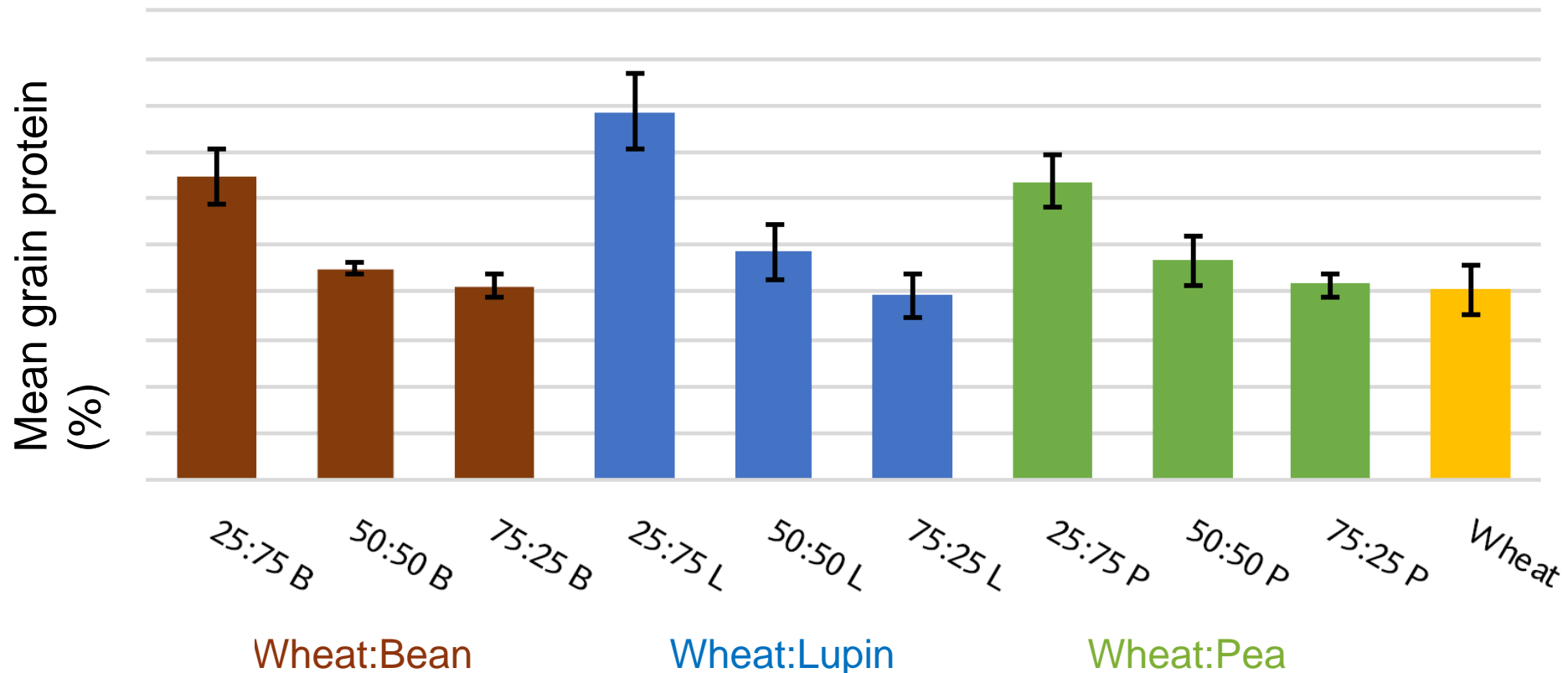
- ❖ Gemengeanbau führt zu 16–29% Flächeneinsparung und 19–36% N-Dünger Einsparung



NFER und PFER geben die relative menge an N und P an, die für die Produktion von Reinsaat auf der gleichen Fläche benötigt wird. Werte >1 geben Einsparungen durch Gemengeanbau wieder.

N- Management durch Gemengeanbau

Proteingehalt des Getreides steigt im gemenge mit Leguminosen (Versuch ohne N Düngung)





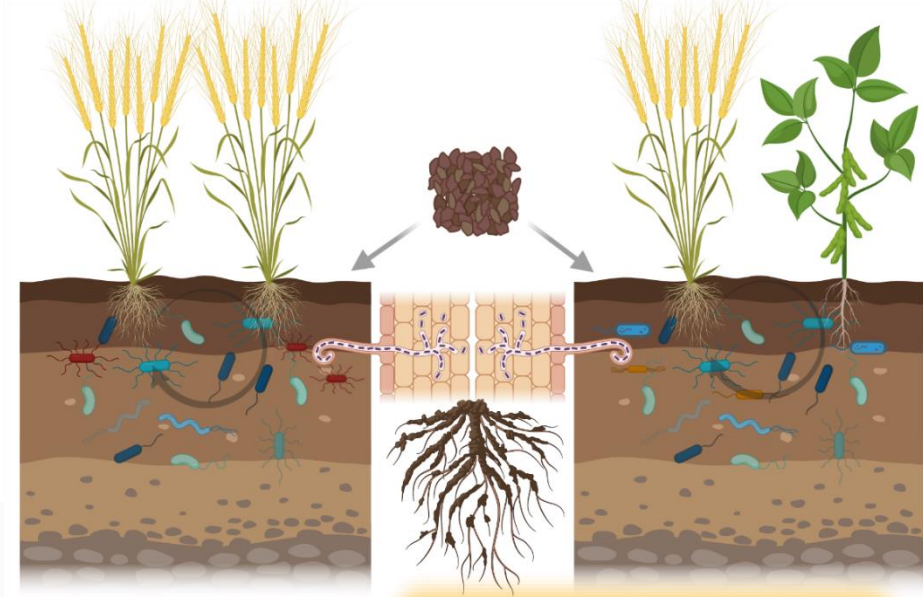
Funded by
the European Union

Projekt zum Gemengeanbau



LEGUMINOSE

the way to a green transition



Exaktversuche



Praxisnetzwerk



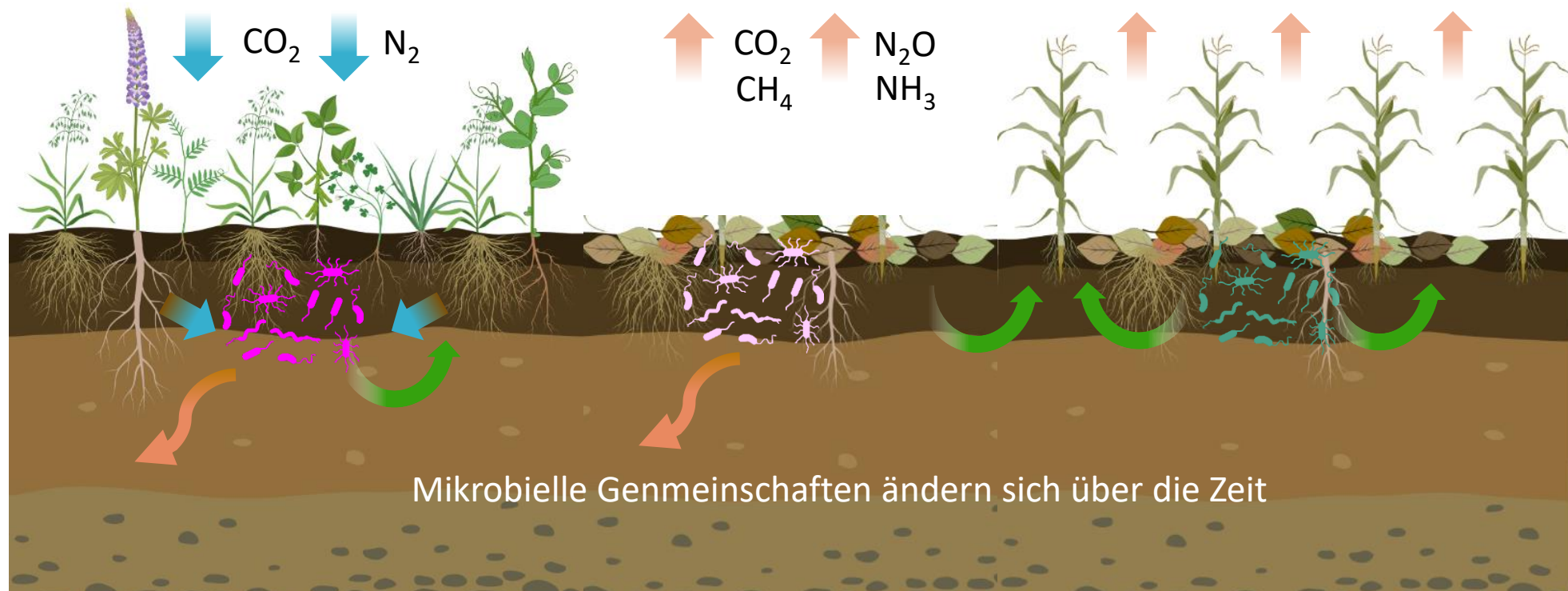
<https://www.leguminose.eu/>

https://twitter.com/Leguminose_EU

<https://www.umbuzoo.de/q/www.leguminose.eu/de/>



Zusammenfassung



- Netto-Primärproduktion
- Rhizosphärischer C-Eintrag und Humusaufbau
- Verhinderung der Nährstoffauswaschung
- Aneignung von Nährstoffen
- Bodenstrukturverbesserung

- Mineralisierung Streu und Ernterückständen
- Nährstoffrückhalt
- Treibhausgasemissionen

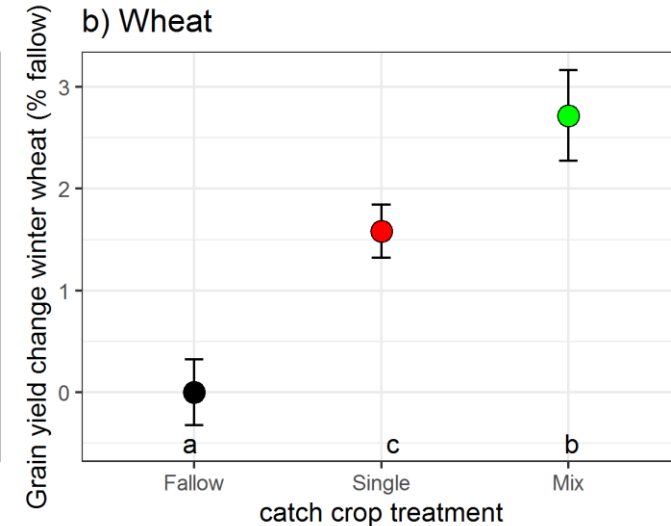
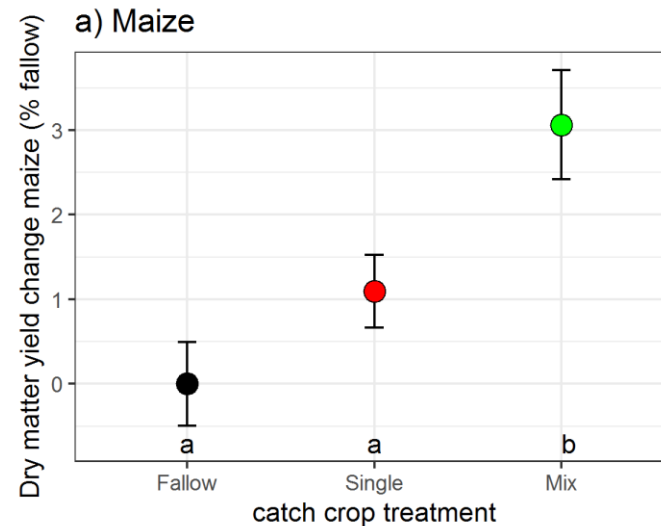
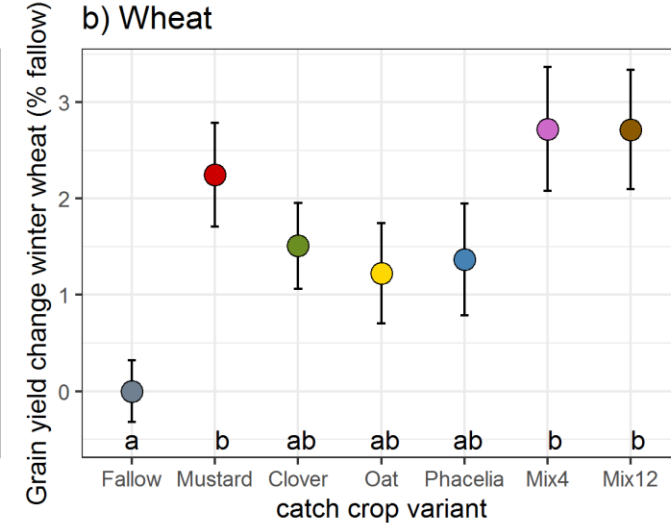
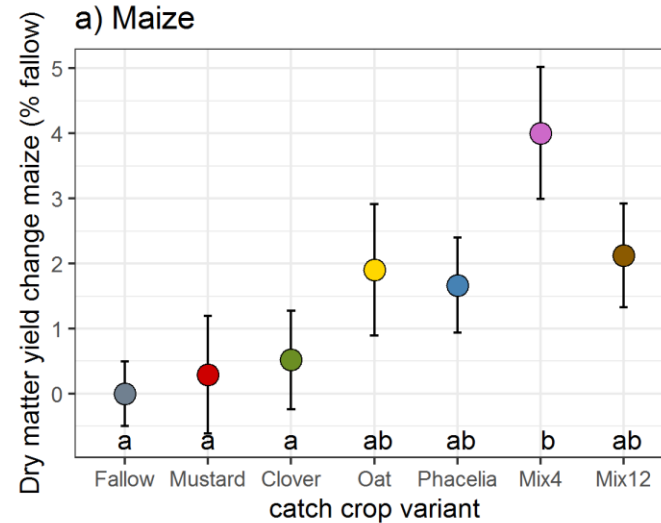
- Nährstoff- und Wasserversorgung der Hauptkultur
- Treibhausgasemissionen
- Pflanzengesundheit, reduzierter Krankheitserregerdruck



*Danke für ihre
Aufmerksamkeit*

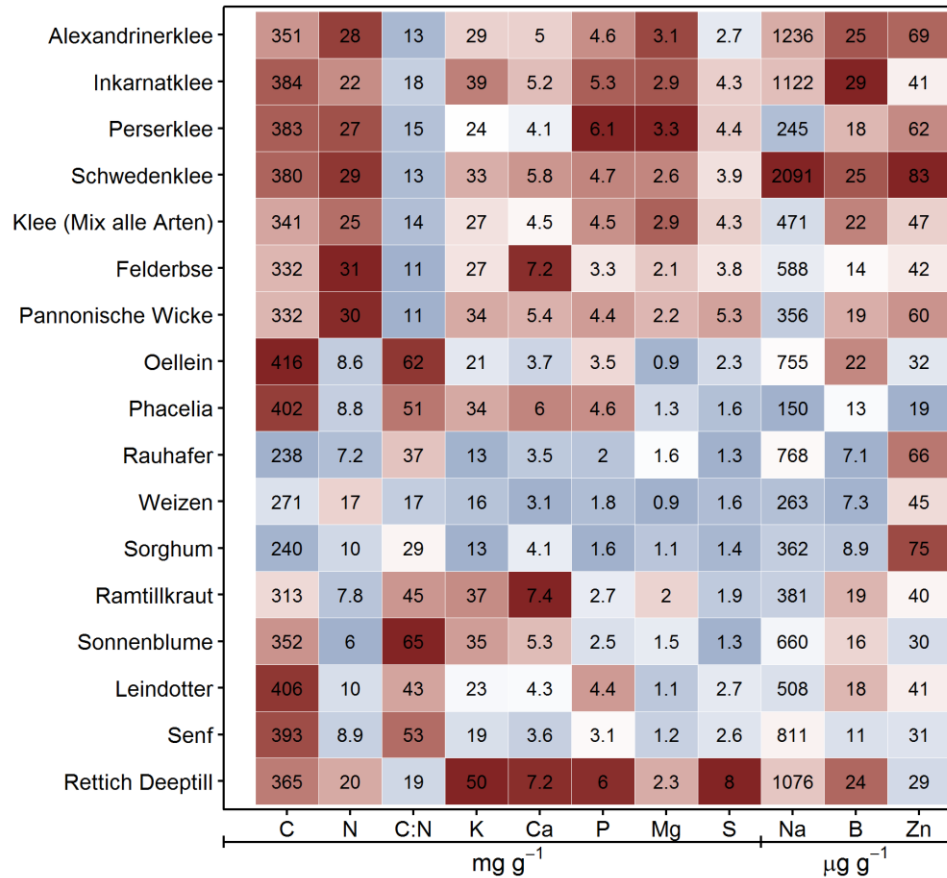
Ertragseffekte

- Artenreiche Zwischenfruchtmischungen bieten einen höheren Ertragsvorteil für die Hauptfrucht Mais und Weizen



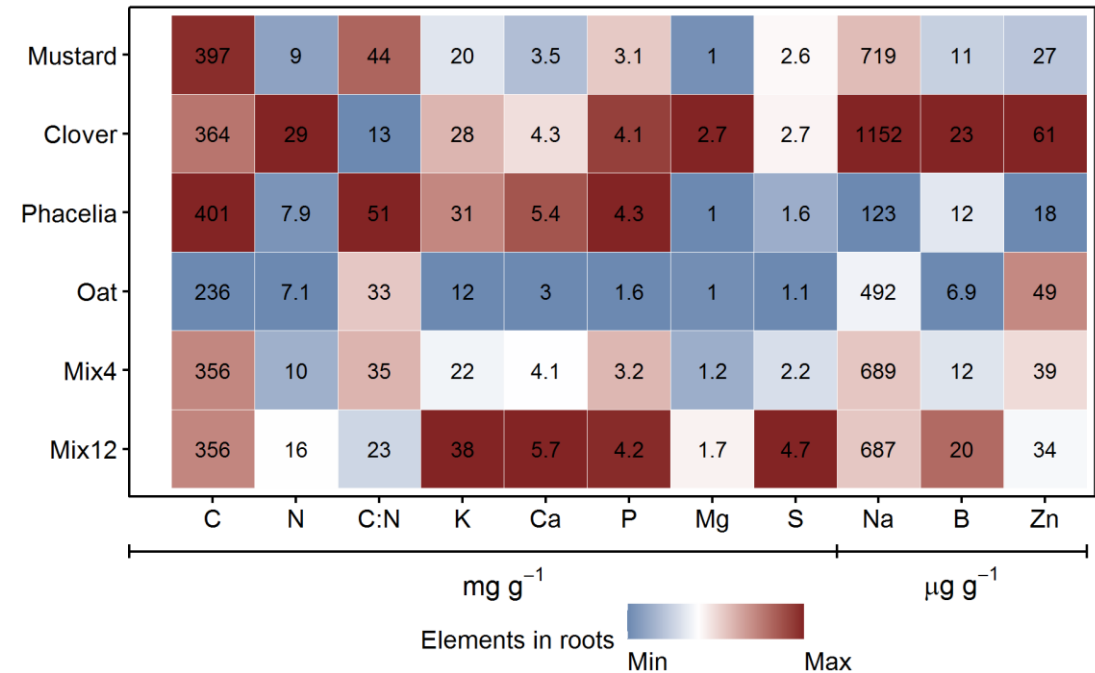
Nährstoffspektrum in Zwischenfrüchten

- Jede einzelne Pflanzenart hat eine charakteristische Zusammensetzung von Inhaltsstoffen und Elementen



Elementgehalte Wurzeln Min Max

Elementgehalte von Zwischenfrüchten im Herbst



Optimierung der Nährstofffreisetzung

- Artenreiche Zwischenfruchtmischungen bieten einen höheren Ernährungsvorteil für die Hauptfrucht Mais
- Die Kombination spezifischer Zwischenfruchtarten erlaubt eine optimale Erschließung eines breiten Spektrums an Nährstoffen

