

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Von August 2022 bis Oktober 2023 wurde am Gemüsebauversuchsbetrieb der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) ein Zwischenfruchtversuch mit Folgekultur Zwiebel durchgeführt. Neben der Stickstoffdynamik im Boden wurden die Auswirkungen verschiedener abfrierender Leguminosen und Nicht-Leguminosen auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität der Zwiebeln untersucht. Dazu wurden im Sommer 2022 sechs verschiedene Zwischenfrüchte und vier Zwischenfruchtmischungen in dreifacher Wiederholung ausgesät und mit einer Kontrolle ohne Zwischenfrucht verglichen. Die Leguminosenbestände entwickelten sich deutlich stärker und erreichten im Herbst eine Gesamtstickstoffmenge in der Frischmasse von bis zu 192 kg N/ha (Sommerwicke). Im Frühjahr und Sommer wurde allerdings lediglich ein Teil des in den Zwischenfrüchten gespeicherten Stickstoffs mineralisiert im Boden wiedergefunden. Obwohl den Zwiebeln, denen eine Leguminose vorangegangen war, mehr Stickstoff in der Hauptwachstumszeit zur Verfügung stand und die N-Gehalte in den Zwiebelpflanzen dort tendenziell höher ausfielen, konnten keine signifikanten Unterschiede in den Zwiebelerträgen festgestellt werden. Insgesamt zeigte die Wahl der Zwischenfrucht hier keine bedeutenden positiven oder negativen Effekte auf die Zwiebelbestände.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Welche Auswirkungen haben verschiedene abfrierende Zwischenfruchtreinsaaten und -mischungen auf eine frühe Feinsämerei wie die Zwiebel? Untersucht wurde, welches Potential in der Stickstofffixierung und -speicherung der legumen und nicht-legumen Zwischenfrüchte liegt, und inwiefern die Stickstofffreisetzung für die Folgekultur Zwiebel erfolgt. Im Fokus stand außerdem, ob sich der Zwischenfruchtanbau auf die Qualität und die Erträge der Zwiebeln auswirkt. Der Versuch wurde in ähnlicher Form bereits im Jahr 2021/2022 durchgeführt und stellt eine Erweiterung dazu dar ([„Abfrierende Zwischenfrüchte mit hohem Stickstoffaufnahmepotential aber ohne Effekt auf die nachfolgende Zwiebelkultur“](#)).

Ergebnisse im Detail

1. Zwischenfrüchte

Die Aussaat der Zwischenfrüchte erfolgte am 16.08.2022 nach der Vorkultur Dinkel. Dabei wurden sechs verschiedene Zwischenfruchtreinsaaten und vier Zwischenfruchtmischungen in dreifacher Wiederholung ausgebracht, sowie eine ebenfalls wiederholte Kontrolle ohne Zwischenfrucht angelegt. Unter den ausgewählten Zwischenfrüchten und -mischungen befanden sich sowohl Leguminosen als auch Nicht-Leguminosen (siehe Tab. 1). Da sich zum Saatzeitpunkt der Zwischenfrüchte lediglich ein

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Rest-N_{min} von 45 kg N/ha in 0-60 cm im Boden befand und keine Düngung der Zwischenfrüchte erfolgte, bildeten sich die Bestände mit Leguminosen (-anteilen) deutlich stärker aus. Der höchste Aufwuchs beim Biomasseschnitt am 22.11.2022 wurde bei Sommerwicke (3,46 ± 0,21 kg/m²) und Ackerbohne (3,3 ± 0,53 kg/m²) gemessen (Abb. 1). Die Nicht-Leguminosen erzeugten dagegen lediglich eine Frischmasse von weniger als 1 kg/m². Einhergehend mit dem höheren Aufwuchs der Leguminosen und den höheren N-Gehalten in der Trockenmasse war dementsprechend in der Frischmasse dieser Varianten auch deutlich mehr Stickstoff gebunden: Die Sommerwicke wies dabei mit 192 kg N/ha die höchste Menge an Gesamtstickstoff in der Pflanze auf, gefolgt von Mischung 1 (75 % Leg.), Mischung 3 (97 % Leg.) und der Ackerbohne mit jeweils knapp über 140 kg N/ha (Abb. 1). Die Nicht-Leguminosen dagegen erreichten nur eine gespeicherte Stickstoffmenge von maximal 20 kg N/ha zu diesem Zeitpunkt. Während die legumen Zwischenfrüchte erwartungsgemäß ein engeres C/N-Verhältnis von 9-13 aufwiesen, zeigten die Nicht-Leguminosen ein weites C/N-Verhältnis von 20-32 (Abb. 1). Nach Abfrieren der Zwischenfruchtbestände wurden diese Ende Januar 2023 mit dem Schlegelmulcher zerkleinert und am 07.02.2023 bei Frost, aber schneefreiem Boden, mit der Scheibenegge eingearbeitet. Eine weitere Bearbeitung erfolgte flach mit der Kreiselegge am 28.02.2023.

Tabelle 1: angelegte Varianten, genaue Zusammensetzung der Mischungen siehe Kultur- und Versuchshinweise, %-Angaben sind Gewichtsprozente

Nr.	Variante
1	Kontrolle (keine Zwischenfrucht)
2	Phacelia
3	Rauhafer
4	Lupine
5	Tatarischer Buchweizen
6	Ackerbohne
7	Sommerwicke
8	Mischung 1 (75 % Leguminosen)
9	Mischung 2 (0 % Leguminosen)
10	Mischung 3 (97 % Leguminosen)
11	Mischung 4 (81 % Leguminosen)

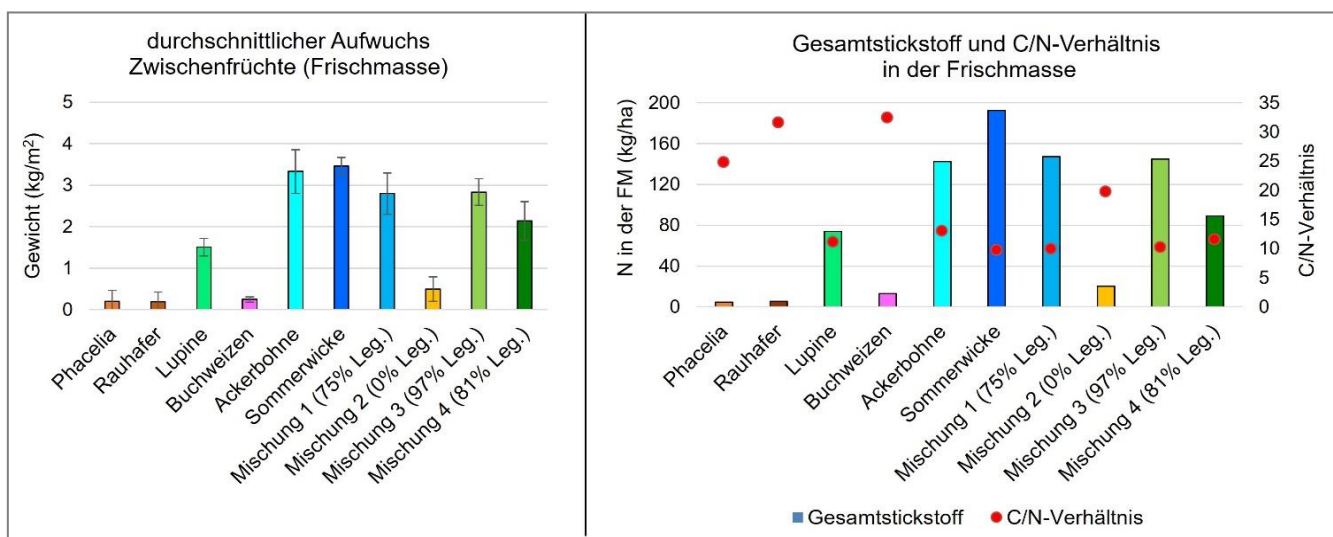


Abbildung 1: Links: durchschnittlicher Aufwuchs der Zwischenfrüchte in kg/m² in der Frischmasse (Biomasseschnitt am 22.11.2022), Mittelwert aus 3 Wiederholungen ± Standardabweichung; Rechts: in der Frischmasse enthaltener Gesamtstickstoff in kg/ha

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

2. Zwiebeln

Die Zwiebeln wurden am 23.03.2023 mit der Einzelkornsämaschine ausgesät, durch eine flache Bearbeitung mit dem Striegel wurde der Bodenschluss hergestellt. Der Feldaufgang der Zwiebeln konnte am 24.04.2023 festgestellt werden und unterschied sich weder in Zeitpunkt noch in der Anzahl der aufgegangenen Zwiebeln zwischen den Varianten. Die Kontrolle ohne Zwischenfrucht wies vor allem im Anfangsstadium der Zwiebel einen etwas höheren Unkrautdruck auf, die anderen Varianten dagegen zeigten keine Unterschiede. Die Bekämpfung erfolgte dabei per Striegel und Handhacke. Um die niedrigen N_{\min} -Gehalte im Frühjahr etwas auszugleichen, erfolgte eine über alle Varianten einheitliche Düngung von 50 kg N/ha am 22.05.2023. Aufgrund des eher kalten Frühjahres und eines niederschlagsreichen Augusts verzögerte sich die Entwicklung und Abreife der Bestände um einige Wochen, sodass die Ernte der Zwiebeln erst am 09.10.2023 durchgeführt wurde. Die Ertrags erfassung erfolgte nach 3-wöchiger Trocknung an den geputzten Zwiebeln.

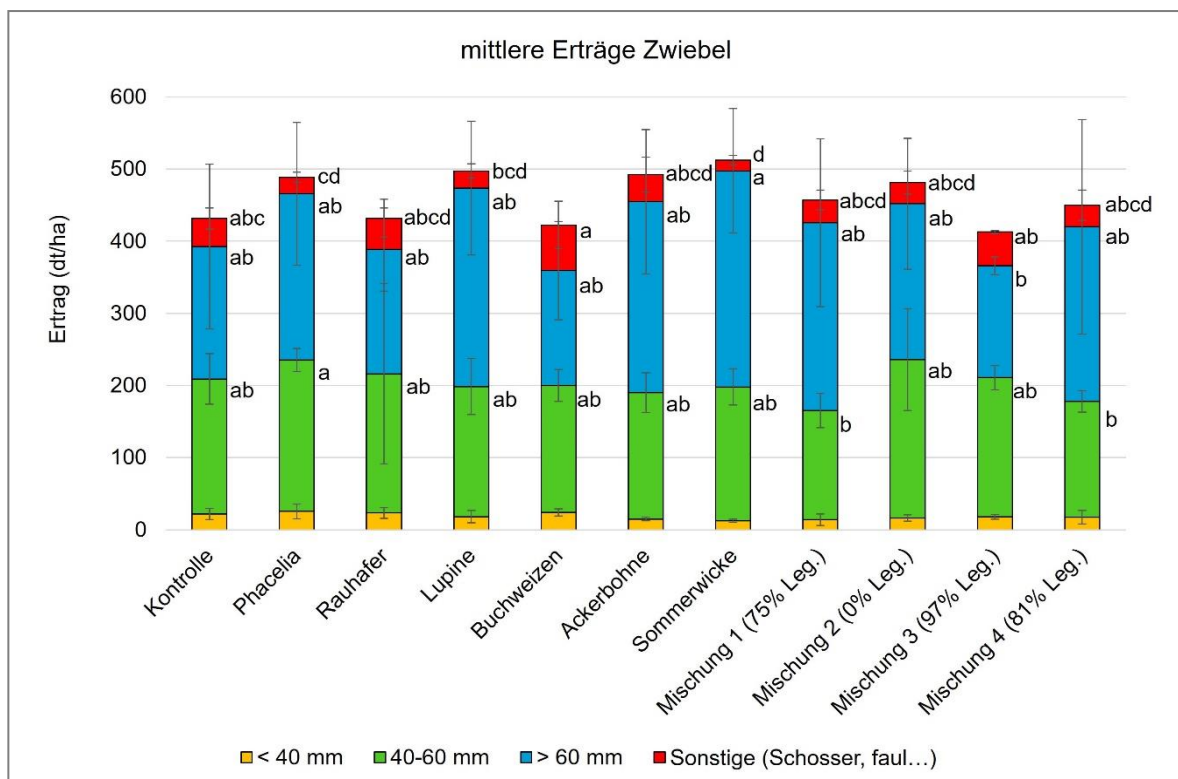


Abbildung 2: Mittlere Gesamterträge (dt/ha) der Zwiebeln nach den verschiedenen Zwischenfruchtvarianten, unterteilt nach Größenklassen (< 40 mm, 40-60 mm, > 60 mm) (Mittelwert aus drei Wiederholungen \pm Standardabweichung). Klassifizierungen der Varianten mit unterschiedlichen Kennbuchstaben unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0,05$), die Gesamterträge tragen alle den Buchstaben „a“ und unterscheiden sich nicht signifikant.

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Die höchsten verwertbaren Erträge erzielten die Zwiebelparzellen, auf denen zuvor die Sommerwicke stand (497 dt/ha), die geringsten Erträge wurden mit 359 dt/ha nach Buchweizen erfasst (Abb. 2). Allerdings erwies sich nicht, dass die Erträge nach einer legumen Zwischenfrucht durchweg höher ausfielen, signifikante Unterschiede in den Gesamterträgen konnten bei keiner Variante festgestellt werden. Obwohl den Zwiebeln, die als Vorkultur Leguminosen hatten, mehr Stickstoff in der Hauptwachstumsphase zur Verfügung stand (siehe Abschnitt Stickstoffdynamik, Abb. 4), führte dies nicht zwangsläufig zu einer Ertragssteigerung (Abb. 2). Ein Grund dafür, dass die vorrangegangene Zwischenfrucht sich nicht eindeutig auf die Zwiebelerträge auswirkte, könnte mitunter auch sein, dass das Ertragspotential unabhängig von der Zwischenfrucht kleinräumig von der Bodenheterogenität beeinflusst wurde. Dafür sprechen die relativ großen Unterschiede der Wiederholungen einer Variante und die daraus resultierenden hohen Standardabweichungen der Erträge (Abb. 2). Betrachtet man die Erträge unterteilt nach Größenklassen (< 40 mm, 40-60 mm, > 60 mm), so zeigen sich signifikante Unterschiede (p-Wert < 0,05) der Teilerträge in den Größensortierungen 40-60 mm und > 60 mm bei einigen wenigen Varianten, die sich allerdings nicht erklären lassen. Das gleiche gilt für den Anteil an Zwiebeln, der aufgrund von Durchwuchs, Fäulnis oder Platzer nicht vermarktbare ist. Bei den Varianten, bei denen die größten Unterschiede in den Stickstoffgehalten der Zwiebeln erwartet wurden, wurde nach der Ernte der Gesamtstickstoffgehalt in der Zwiebel, sowie in der Schlotte bestimmt (Variante 1,6,7,9 und 10, Abb. 3). Hierbei ergab sich die Tendenz, dass der Stickstoffgehalt in der Trockenmasse bei den Zwiebelpflanzen höher war, denen eine Leguminose vorausging (Abb. 3). Ein Teil des Stickstoffs, der unter diesen Varianten mehr verfügbar war als bei den nicht-legumen Varianten (siehe Abschnitt Stickstoffdynamik, Abb. 4), scheint somit in die Zwiebel geflossen zu sein. Nichtsdestotrotz lässt sich insgesamt feststellen, dass die Wahl der Zwischenfrucht hier keine eindeutigen positiven oder negativen Auswirkungen auf die Bestandsentwicklung, die Qualität und den Ertrag der Zwiebel hatte.

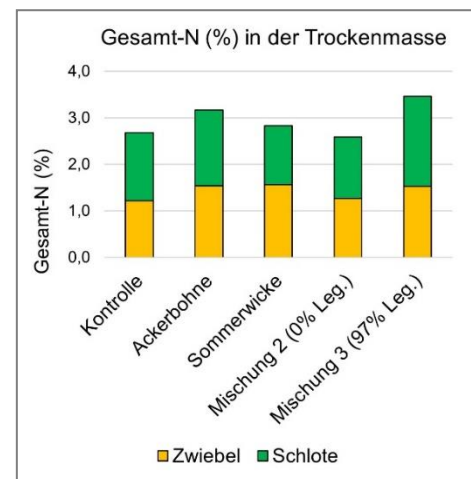


Abbildung 3: N-Gehalte in der Trockenmasse in Zwiebel und Schlote ausgewählter Varianten

3. Stickstoffdynamik

Der N_{\min} -Gehalt im Boden sank zunächst im Laufe des Herbsts unter allen Varianten vom Ausgangswert in Höhe von 45 kg N/ha in 0-60 cm weiter ab (Abb. 4). Im Januar dagegen stieg der N_{\min} -Gehalt bei den meisten Varianten kurzfristig an, was bereits auf eine Stickstofffreisetzung aus den abgefrorenen Zwischenfrüchten hindeutete. Verhältnismäßig warme Temperaturen von bis zu 14°C Ende Dezember (Quelle: Agrarmeteorologie Bayern) haben hier vermutlich dazu geführt, dass aus der zuvor abgestorbenen Blattmasse bereits Stickstoff wieder mineralisiert wurde. Diese Stickstofffreisetzung zu einem ungünstigen Zeitpunkt ist ein Schwachpunkt abfrierender Zwischenfrüchte, der im Zwischenfruchtversuch des Vorjahres ebenso festgestellt werden konnte (vgl. „[Abfrierende](#)

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Zwischenfrüchte mit hohem Stickstoffaufnahmepotential aber ohne Effekt auf die nachfolgende Zwiebelkultur“). Der darauffolgende Einschnitt der N_{min} -Gehalte im Februar könnte mit der Auswaschung bei einem vorangegangenen starken Niederschlagsereignis am 02.02.2023 mit 37,5 mm (Quelle: Agrarmeteorologie Bayern) zu erklären sein.

Nach dem Umbruch der Zwischenfrüchte stiegen die Stickstoffgehalte im Frühjahr deutlich an, wobei die Varianten mit Nicht-Leguminosen einen sehr ähnlichen Verlauf aufwiesen wie die Kontrolle, wodurch diesen Varianten nicht mehr Stickstoff zur Verfügung stand als der Kontrolle. Der Anstieg hier ist vor allem auf die Mineralisierung organischen Stickstoffs aus dem Boden und die Freisetzung aus dem Dünger zurückzuführen. In den Leguminosen-Varianten dagegen wurde deutlich mehr Stickstoff zu der Zeit, zu der ihn die Zwiebel vor allem benötigt, freigesetzt: In der Hauptwachstumszeit der Zwiebel wiesen die Leguminosen-Varianten durchschnittlich 80 kg N/ha (Juni) bzw. 95 kg N/ha (Juli) auf, während die Nicht-Leguminosen-Varianten nur auf durchschnittlich 47 kg N/ha (Juni) bzw. 60 kg N/ha (Juli) kamen. Den meisten Stickstoff stellte dabei die Variante Sommerwicke, Ackerbohne, Mischung 1 (75 % Leg.) und Mischung 3 (97 % Leg.) zur Verfügung (Abb. 4), was zu der Beobachtung passt, dass diese vier Varianten als Zwischenfrucht im Herbst auch die größte Menge an Stickstoff in

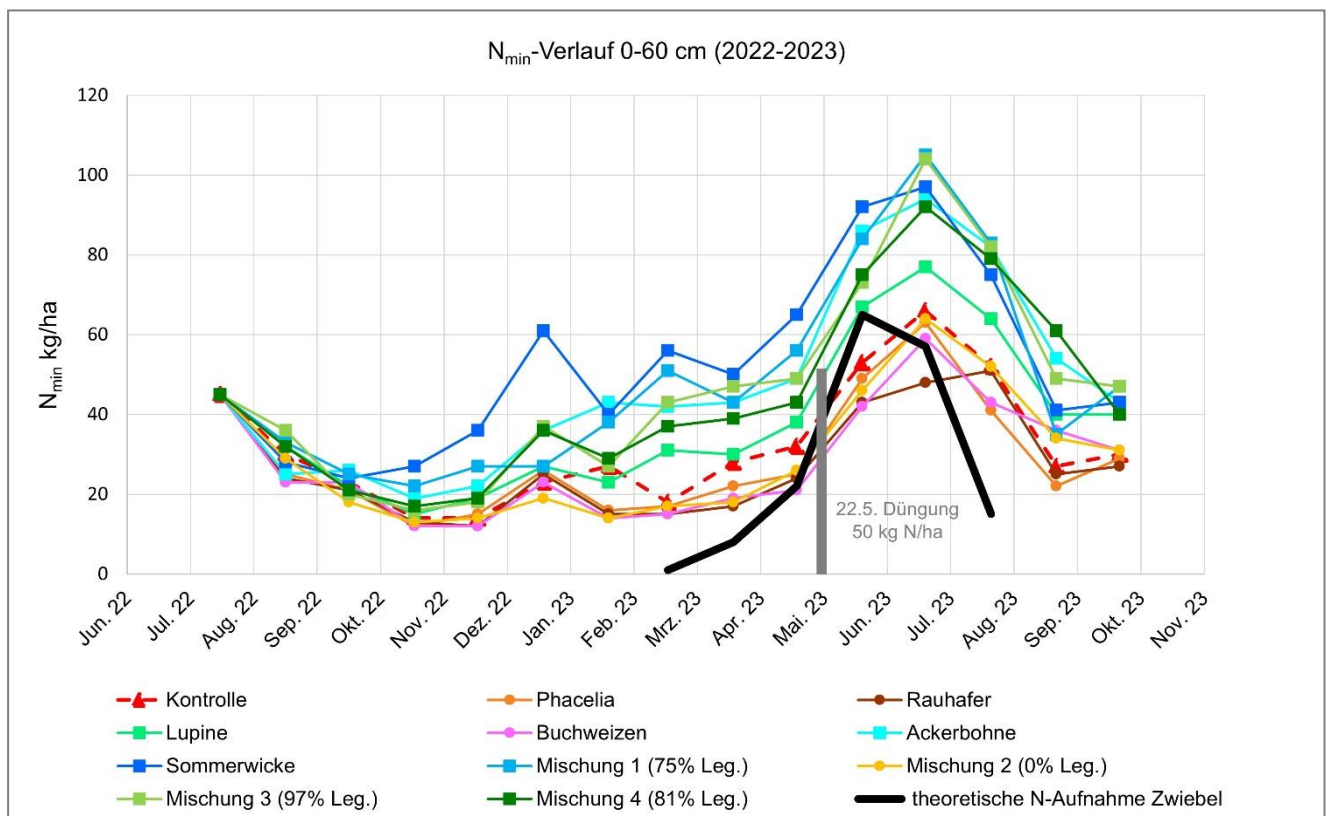


Abbildung 4: N_{min} -Verlauf (0-60 cm) der verschiedenen Varianten von August 2022 bis Oktober 2023 (August 2022 bis Februar 2023 unter den Zwischenfrüchten, März - Oktober 2023 unter dem Zwiebelbestand) sowie die theoretische N-Aufnahme der Zwiebel

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

der Frischmasse gespeichert hatten. Zum Erntezeitpunkt der Zwiebeln wiesen diese Varianten noch ca. 10 kg N/ha mehr an Rest-N_{min} auf. Dennoch stand die Stickstoffmineralisation der legumen Varianten nicht im Verhältnis zu der Menge an Stickstoff, die in der Zwischenfruchtmasse gebunden war (> 140 kg N/ha, vgl. Abschnitt Zwischenfrüchte), da nur ein Teil dieses Stickstoffs mineralisiert wieder im Boden zu finden war. Ob der restliche Stickstoff noch nicht umgesetzt wurde und noch organisch vorliegt, immobilisiert wurde oder in den Humusaufbau geflossen ist, lässt sich in diesem Rahmen nicht abschließend klären. Ebenso bleibt unklar, welche Rolle gasförmige Stickstoffverluste spielen.



Bild 1: Zwischenfruchtbestand am 17.10.2022



Bild 2: abgefrorene Zwischenfrüchte am 16.01.2023



Bild 3: Zwiebelbestand am 07.08.2023



Bild 4: Zwiebelertrag nach der Mischung 1 (75 % Leg.)

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Kultur- und Versuchshinweise

- Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage, 3 Wiederholungen
- Parzellengröße: 40,08 m²
- Boden: sandiger Ton
- Vorkultur: Dinkel
- Zwischenfrüchte:
 - Aussaat: 16.08.2022
 - Aussaatstärke: Phacelia 15 kg/ha, Rauhafer 120 kg/ha, Lupine 200 kg/ha, tatarischer Buchweizen 80 kg/ha, Ackerbohne 300 kg/ha, Sommerwicke 100 kg/ha, Mischung 1 (75 % Leg.) 130 kg/ha, Mischung 2 (0 % Leg.) 40 kg/ha, Mischung 3 (97% Leg.) 70 kg/ha, Mischung 4 (81 % Leg.) 45 kg/ha
 - Zusammensetzung Mischungen in Gewichtsprozenten:
 - Mischung 1 (75 % Leg.): Sommerwicke (30 %), Futtererbse (30 %), Rauhafer (25 %), Ackerbohne (15 %) (Mischung „semopur 9.7“ von Sema Verde gemischt mit 25 % Gewichtsanteil Rauhafer)
 - Mischung 2 (0 % Leg.): Echter Buchweizen (50 %), Ramtillkraut (30 %), Öllein (15 %), Phacelia (5 %) (Eigenmischung in Anlehnung an „semopur 9.2“ von Sema Verde)
 - Mischung 3 (97 % Leg.): Bitterlupine (20 %), Futtererbse (25 %), Sommerwicke (25 %), Perserklee (13,5 %), Alexandrinerklee (13,5 %), Phacelia (3 %) (Mischung „Lauenauer Aktivhumus“ von Camena)
 - Mischung 4 (81 % Leg.): Futtererbse (28 %), Saatwicke (25 %), Blaue Lupine (18 %), Alexandrinerklee (10 %), Rauhafer (12 %), Phacelia (7 %) (Mischung „Terralife – Betamaxx Organic“ von DSV-Saaten)
- Zwiebeln: Sorte 'Hylander F1', Aussaat: 23.03.2023, Aussaatstärke 800.000 Korn/ha, Aufgang 24.04.2023, Ernte 09.10.2023
- Behandlungen: einheitliche Düngung von 50 kg N/ha am 22.05.2023 mit Orgapur (4-1-5), kein Pflanzenschutz

Höhere N-Freisetzung durch legume Zwischenfrüchte zeigt keine eindeutige Ertragssteigerung bei der Folgekultur Zwiebel

Kritische Anmerkungen

Nach Aussaat der Zwischenfrüchte lief auf der gesamten Fläche Dinkel aus der Vorkultur als Ausfallgetreide wieder auf. Der Aufwuchs war allerdings gering und wurde aus den Frischmassenmengen der Zwischenfrüchte herausgerechnet. Insgesamt eigneten sich die legumen Zwischenfrüchte im Herbst gut, um Stickstoff anzureichern und ihn im Sommer zum richtigen Zeitpunkt den Zwiebeln wieder zur Verfügung zu stellen. Dennoch wurde nur ein Teil des Stickstoffs mineralisiert und die Wirksamkeit auf die Erträge der Zwiebeln erwies sich als gering. Es ist davon auszugehen, dass die Bodenheterogenität auf der Versuchsfläche ebenso Effekte auf die Entwicklung und Ertragsbildung der Zwiebeln hatte. Bereits optisch waren die Bestände in bestimmten Bereichen unabhängig von der vorangegangenen Zwischenfrucht etwas schlechter entwickelt, was sich dann in Schwankungen der Erträge innerhalb einer Variante widerspiegelte (siehe Bild 5).

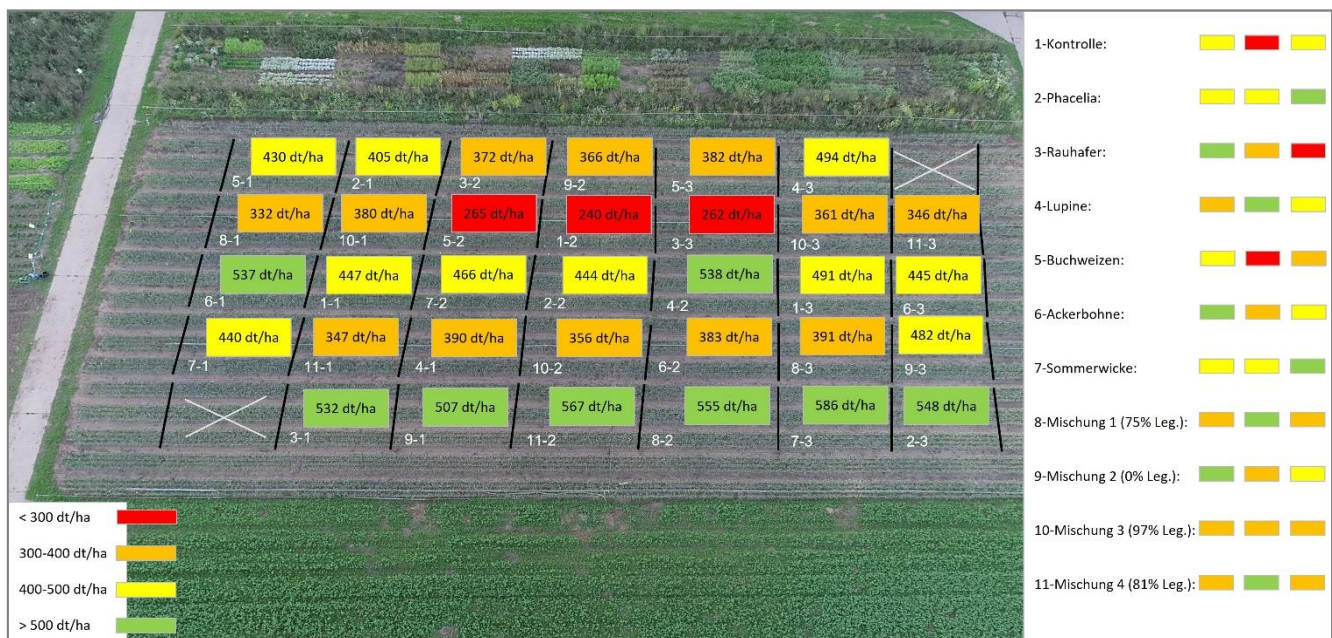


Bild 5: Luftbildaufnahme der Zwiebelbestände auf der Versuchsparzelle, dargestellt mit den Gesamterträgen jeder Variante

(Bildnachweise: © LWG Veitshöchheim)