

Bestimmung der optimalen Aussaat- und Umbruchtermine einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung für die nachhaltige Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden im ökologischen Gemüsebau

Determination of the optimum date for seeding and incorporation of an overwintering legume to control plant-parasitic nematodes in organic horticulture

FKZ: 06OE052

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik
Toppeideweg 88, 48161 Münster
Tel.: +49 251 87106-0
Fax: +49 251 87106-33
E-Mail: sf@jki.bund.de
Internet: <http://www.jki.bund.de>

Autoren:

Hallmann, Johannes; Fittje, Susanne; Warnecke, Hermann; Buck, Holger; Rau, Florian; Krüssel, Stefan

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft (BÖLN)

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:	PD Dr. Johannes Hallmann Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik Toppheideweg 88 48161 Münster
Titel des Forschungsvorhabens:	Bestimmung der optimalen Aussaat- und Umbruchtermine einer überwinternden Leguminosen- Gründung für die nachhaltige Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden im ökologischen Gemüsebau
Förderkennzeichen:	312-06.01-06OE052
Laufzeit des Vorhabens:	01.09.2008 – 29.02.2012
Kooperationspartner:	Florian Rau & Holger Buck Ökoring Niedersachsen e.V. Bahnhofstraße 15 27374 Visselhövede Dr. Stefan Krüssel & Hermann Warnecke Landwirtschaftskammer Niedersachsen Pflanzenschutzamt Wunstorfer Landstraße 9 30453 Hannover

Kurzfassung

Bestimmung der optimalen Aussaat- und Umbruchtermine einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung für die nachhaltige Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden im ökologischen Gemüsebau

Johannes Hallmann¹, Susanne Fittje¹, Hermann Warnecke², Holger Buck³, Florian Rau³, Stefen Krüssel²

¹Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Toppheideweg 88, 48161 Münster; ²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover; ³Ökoring Niedersachsen, Bahnhofstraße 15, 27374 Visselhövede
Email: johannes.hallmann@jki.bund.de

Pflanzenparasitäre Nematoden können in engen Gemüse-Fruchtfolgen erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Zu den Hauptschaderregern gehören *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus* spp. gefördert werden diese Nematoden insbesondere durch den Anbau von Leguminosen. Im vorliegenden Forschungsvorhabens wurde untersucht, wie Leguminosen anzubauen sind, um einerseits Stickstoff zu fixieren, andererseits aber eine Vermehrung von *M. hapla* zu verhindern. Eine Lösung könnte der Anbau als überwinternde Leguminosen-Gründüngung darstellen. In dreijährigen Feldversuchen konnte gezeigt werden, dass es bei Aussaat der Leguminosen-Gründüngung ab Ende August nicht mehr zu einer Nematodenvermehrung vor Beginn der Winterruhe kommt. Im folgenden Frühjahr muss dann erst wieder eine Neuinfektion durch *M. hapla* erfolgen, wenn es zur Vermehrung kommen soll. Dabei lässt sich der Zeitpunkt einer möglichen Vermehrung von *M. hapla* über die Temperatursumme (Summe der Tagesmitteltemperaturen über 8°C) vorhersagen. Um eine Vermehrung von *M. hapla* in der Praxis sicher zu vermeiden, sollte die Leguminosen-Gründüngung spätestens bei einer Temperatursumme von 350°C umgebrochen werden, d. h. ca. 10. Juni. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde bereits eine beträchtliche Menge Stickstoff fixiert. Um Stickstoffverluste zu vermeiden, wurde nach Umbruch der Leguminosen-Gründüngung Welsches Weidelgras angebaut. Als Folgekultur wurden ca. Mitte März Zwiebeln ausgesät. Parzellen mit der stärksten nematodenreduzierenden Wirkung wiesen den höchsten Zwiebelertrag auf. In begleitenden Gewächshausversuchen wurden erste fortpflanzungsfähige Nachkommen von *M. hapla* ab einer Temperatursumme von 330°C beobachtet, die Hauptvermehrung erfolgte bei 450°C. Kühle Temperaturen störten die Entwicklung von *M. hapla*. Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass unter Praxisbedingungen ein Anbau von Leguminosen zur Stickstofffixierung bei gleichzeitiger Reduzierung von *M. hapla* möglich ist.

Abstract

Determination of the optimum date for seeding and incorporation of an overwintering legume to control plant-parasitic nematodes in organic horticulture

Johannes Hallmann¹, Susanne Fittje¹, Hermann Warnecke², Holger Buck³, Florian Rau³, Stefen Krüssel²

¹Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Epidemiology and Pathogen Diagnostics, Toppheideweg 88, 48161 Münster; ²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover; ³Ökoring Niedersachsen, Bahnhofstraße 15, 27374 Visselede
Email: johannes.hallmann@jki.bund.de

Plant-parasitic nematodes are a major threat in vegetable production. Particular *Meloidogyne hapla* and *Pratylenchus* spp. can cause severe damage. Those nematodes are especially fostered by legumes. The objective of the present research project was to develop a long-term rotation scheme based on overwintering legumes that ensures N fixation but prevents multiplication of *M. hapla*. In particular, the exact date for seeding and incorporation of the overwintering legume needed to be determined so that multiplication of *M. hapla* nematode is avoided. Results are expected to contribute to a better control of *M. hapla* in organic horticulture and improve our knowledge on nematode development during winter months. Field studies on a commercial organic farm over three years confirmed that planting dates around end of August/early September will not allow *M. hapla* to complete its life cycle before winter. In the following spring, new infestation by *M. hapla* is required for nematode multiplication. The time period required to complete its cycle can be predicted by the temperature sum (sum of mean daily soil temperature above 8°C). In praxis, to avoid *M. hapla* multiplication, it is recommended to incorporate the overwintering legume latest at a temperature sum of 350°C, i.e. around June 10th. By then, sufficient nitrogen has been fixed. To avoid nitrogen losses, Italian ryegrass was grown until next year March when onions were seeded. Regarding onion yield, plots with highest nematode reduction showed the highest marketable yield. Associated greenhouse experiments indicated that first offspring of *M. hapla* appeared at a temperature sum of 330°C; however, main reproduction occurred at 450°C. Temperatures below 5°C disturbed nematode development. In conclusion, legumes can be successfully grown as overwintering crop to fix nitrogen and reduce *M. hapla* populations at the same time.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Gegenstand des Vorhabens	4
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	4
1.3	Planung und Ablauf des Projektes	5
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	6
3	Material und Methoden	8
3.1	Feldversuche	8
3.2	Gewächshausversuche	14
4	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse und deren Diskussion	15
4.1	Feldversuche	15
4.2	Gewächshausversuche	49
5	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	67
6	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	69
7	Zusammenfassung	72
8	Literaturverzeichnis	74
9	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt	75

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Im ökologischen Gemüsebau verursachen pflanzenparasitäre Nematoden teils erhebliche wirtschaftliche Schäden. Besonders betroffen sind Möhren und Zwiebeln. Hauptschaderreger sind Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne hapla*) und Wurzelläsionsnematoden (*Pratylenchus* spp.). Diese Nematoden haben ein sehr breites Wirtspflanzenspektrum und sind somit über Fruchtfolgemaßnahmen nur schwer zu bekämpfen. Hinzu kommt, dass die für die Stickstofffixierung so wichtigen Leguminosen hervorragende Wirtspflanzen für diese Nematoden sind, selbst aber nicht bzw. kaum geschädigt werden. Der Landwirt vermutet einen scheinbar „gesunden“ Leguminosenbestand und entscheidet sich folgerichtig zum Anbau einer empfindlichen Gemüsekultur wie Möhren oder Zwiebeln. Dies kann im Extremfall zu einem Totalausfall der Kultur führen. Um auch in Zukunft nicht auf eine möglichst lange Begrünung der Ackerflächen inklusive dem Anbau von Leguminosen verzichten zu müssen, wurde nach Möglichkeiten gesucht, den Anbau von Leguminosen zu gewährleisten, ohne aber die Nematoden zu vermehren. Konkret wurde in dem Forschungsvorhaben untersucht, wie früh eine Leguminosen-Gründüngung im September gesät werden kann, so dass im Herbst keine Vermehrung der Nematoden mehr erfolgt und wie spät sie im Frühjahr umgebrochen werden kann, so dass noch möglichst viel Stickstoff fixiert wird, ohne dass es aber zu einer Vermehrung der Nematoden kommt. Die Ermittlung des optimalen Umbruchtermins erfolgte nach dem Temperatursummenkonzept für *M. hapla*, wonach bei Erreichen von 450°C (Summe der Tagesmittelwerte über 8°C) eine Nematodengeneration abgeschlossen ist. Begleitet wurden diese Arbeiten durch grundlegende Untersuchungen zum Wirtsstatus der Gründüngungspflanzen für *M. hapla* und möglichst auch *Pratylenchus* spp. sowie der weiteren Entwicklung von *M. hapla* nach Umbruch der Gründüngung.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Entwicklung einer nachhaltigen Fruchtfolgestrategie basierend auf dem Anbau einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung zur Stickstoffgewinnung in Kombination mit einer Bekämpfung des Wurzelgallennematoden *Meloidogyne hapla*. Im speziellen geht es darum, die Aussaat- und Umbruchtermine der überwinternden Leguminosen-Gründüngung an die Biologie von *M. hapla* anzupassen, so dass es nicht zu einer Vermehrung der Nematoden kommt.

Primäre Arbeitsziele

- Wann darf frühestens mit der Aussaat einer Leguminosen-Gründüngung begonnen werden, so dass es im Herbst nicht mehr zu einer Vermehrung von *M. hapla* kommt? => Ableitung von Aussaatterminen für die Praxis
- Wann muss eine Leguminosen-Gründüngung im Frühjahr spätestens umgebrochen werden, so dass es nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* kommt? => Ableitung von Umbruchterminen für die Praxis

Sekundäre Arbeitsziele

- Wie gut ist die Unterdrückung von *M. hapla* durch das postulierte Verfahren im Vergleich zu einer Schwarzbrache? Schwarzbrache wird in der Praxis als „letzte“ Möglichkeit der Nematodenbekämpfung eingesetzt. Im Forschungsvorhaben dient die Schwarzbrache als Negativkontrolle (Abwesenheit einer Wirtspflanze).
=> Bewertung des Verfahrens für die Praxis, insbesondere im Hinblick auf die N-Dynamik im Boden
- Ermittlung der erforderlichen Temperatursumme für eine Nematodengeneration bei *M. hapla* in einer überwinternden Gründüngung.
=> verbesserte Vorhersage des optimalen Umbruchtermins
- Klärung der Frage, ob sich *M. hapla* nach Umbruch der Leguminosen-Gründüngung in den Wurzeln noch weiter entwickeln kann und falls ja, in welchem Maße?
=> Ableitung eines Korrekturfaktors für den Umbruchtermin
- Bestimmung des Stickstoffgewinns durch den Anbau einer überwinternden Gründüngung (N_{\min} , Gesamt-N in der Pflanze) bei gleichzeitiger Nematodenbekämpfung
=> Erarbeitung von Anbauempfehlungen
- Bestimmung der N_{\min} -Menge in der Folgekultur vor Wintereintritt
=> Ermittlung des N-Gewinns der Folgekultur

Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Das Forschungsvorhaben nimmt Bezug auf folgende im BMELV Programm zur Forschungsförderung im ökologischen Landbau vom 23.07.2007 unter 3.1.2. „Zielsetzung für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in der Pflanzlichen Produktion“ genannten Punkte:

- es wird ein Anbaukonzept zu bislang für den Öko-Landbau wenig wissenschaftlich bearbeiteten bzw. in der Praxis des Öko-Landbaus wenig verbreiteten landwirtschaftlichen Kulturen (z. B. Feldgemüse) erstellt
- die Fruchtfolge im ökologischen Landbau wird in phytopathologischer Hinsicht sowie unter Berücksichtigung der optimalen Nährstoffausnutzung verbessert
- es werden Strategien zur Regulierung sonstiger tierischer Schädlinge (pflanzenparasitäre Nematoden) entwickelt

Das Forschungsvorhaben erfüllt den thematischen Förderschwerpunkt gemäß Bekanntmachung Nr. 04/06/51:

- 2.3.1.4 Regulierungskonzepte zur Reduktion von Nematodenschäden

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die Planung der jeweiligen Versuche erfolgte mit allen Projektpartnern gemeinsam. Die Versuchsergebnisse wurden auf regelmäßig stattfindenden Projekttreffen intensiv diskutiert. Wenn nötig, wurden gegenüber dem ursprünglichen Versuchsplan Anpassungen vorgenommen, so zum Beispiel bei den Feldversuchen. Im ersten Jahr wurde als frühester Umbruchtermin eine Temperatursumme von 350°C gewählt. Dies stellte sich als zu früh

heraus und in den beiden Folgejahren wurde dann erstmals bei ca. 450°C umgebrochen. Die beiden folgenden Umbruchtermine wurden jeweils 100°C später veranschlagt. Auch bei den Untersuchungen auf N_{min} im Boden bzw. N in der Pflanze wurden Anpassungen vorgenommen (siehe hierzu Anmerkungen in Abschnitt 7). Die ursprünglich geplanten Gewächshausversuche wurden durchgeführt und entsprechend dem Kenntnisfortschritt durch weitere Versuche ergänzt. Erheblich gestört wurde der Ablauf des Projektes durch den unvorhergesehenen mehrfachen Personalwechsel auf der projektfinanzierten Stelle. Aufgabe der projektfinanzierten Person war die Planung, Durchführung und Auswertung von über 80% der Versuche sowie die Berichterstellung. Weiter Angaben hierzu wurden unter 7 „Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen“ gemacht.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Vorangegangene Untersuchungen innerhalb des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (Forschungsvorhaben 02OE478) haben gezeigt, dass pflanzenparasitäre Nematoden zunehmend bedeutende wirtschaftliche Schäden im ökologischen Landbau verursachen (Paffrath und Frankenberg, 2005). Betroffen sind vor allem Betriebe mit einem hohen Anteil an Feldgemüse in der Fruchtfolge. Faktoren wie ein hoher Anteil an Wirtspflanzen und geringer Anteil an Nicht-Wirtspflanzen in der Fruchtfolge, unbefriedigende Unkrautkontrolle und kurze Brachzeiten bedeuten ein kontinuierliches Vorhandensein an Wirtspflanzen für pflanzenparasitäre Nematoden, insbesondere von Arten mit einem breiten Wirtspflanzenspektrum wie Wurzelgallennematoden (z. B. *M. hapla*). Eine ganz entscheidende Rolle bei der Nematodenproblematik kommt den Leguminosen zu. Einerseits sind sie als Stickstofflieferanten im ökologischen Landbau unverzichtbar, andererseits aber auch hervorragende Wirtspflanzen für *M. hapla* und andere Nematodenarten.

Eine Reduzierung der Besatzdichte von *M. hapla* ist grundsätzlich mit dem Anbau von Fangpflanzen (z. B. Ölrettich) bzw. Nicht-Wirtspflanzen (z. B. Getreide, Tagetes) oder einer Schwarzbrache über 3-4 Monate möglich. In der Praxis gestalten sich aber alle drei Verfahren als schwierig. Die Fangpflanze muss nach 5-6 Wochen umgebrochen werden. Geschieht dies zu spät, kommt es zur Vermehrung von *M. hapla*. Der Anbau von Nicht-Wirtspflanzen führt nur dann zu einer Nematodenreduzierung, wenn der Bestand weitestgehend frei von Unkräutern (= Wirtspflanzen) ist. Die Schwarzbrache ist wenig ökologisch, da sie Humusabbau, Nährstoffaustrag und Bodenerosion begünstigt.

Für die Praxis ist es besonders wünschenswert, die Nematodenreduzierung mit anderen pflanzenbaulichen Maßnahmen, wie z. B. der Gewinnung von Stickstoff durch den Anbau von Leguminosen, zu kombinieren. Entscheidend dafür ist, dass der Leguminosenanbau nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* führt und im Idealfall sogar zu einer Reduzierung der Besatzdichte beiträgt. Nach unserer Arbeitshypothese ist dies möglich, wenn die Leguminosen in einer Zeit angebaut werden, in der es nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* kommt, d. h. über Winter. Hierbei sind die Leguminosen im Herbst ausreichend spät zu säen und im Frühjahr rechtzeitig umzubringen, so dass es nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* kommt. Bei der Bestimmung der optimalen Aussaat- und Umbruchtermine hilft die Temperatursumme, die für die Entwicklung einer Nematodengeneration erforderlich ist. Sie

wird ermittelt durch Aufsummieren der Tagesdurchschnittstemperaturen > 8°C in 20 cm Bodentiefe, wobei man davon ausgeht, dass *M. hapla* bei Bodentemperaturen < 8°C inaktiv ist (Vrain und Barker, 1978). Entsprechende Temperatursummen liegen für die Entwicklung von *M. hapla* im Frühjahr/Sommer vor (Tab. 1), nicht aber für die Anbaubedingungen einer überwinternden Gründung im Herbst/Winter.

Tabelle 1: Erforderliche Temperatursumme für *Meloidogyne hapla* bis zum Abschluss einer Generation (Heinicke und Warnecke, 2002, 2003, 2004)

	Termin Pflanzung	Bodentemp. > 8°C in 20 cm Tiefe	Auftreten erster Larven	Tage ab Pflanzung	Temperatursumme >8°C bis Schlupf der ersten Larven
2002	08.05	08.05	01.07	55	432°C
2003	14.04	15.04	12.06	59	355°C*
2004a	01.04	14.04	22.06	83	472°C
2004b	15.04	14.04	22.06	69	469°C

*Dieser Wert wird aufgrund der extremen Klimabedingungen in 2003 als Ausreißer angesehen.

Nach den in Tabelle 1 dargestellten sowie in der Literatur (Lahtinen et al., 1988, Mercer, 1990) genannten Daten liegt die erforderliche Temperatursumme für die Entwicklung einer Nematodengeneration von *M. hapla* bei ca. 450°C. Da in der Praxis auch nach dem Umbrechen des Bestandes möglicherweise noch eine Weiterentwicklung der Nematoden in der Wurzel erfolgt (wird im Projekt untersucht), sollte der Umbruchtermin deutlich früher gewählt werden, um eine Vermehrung von *M. hapla* sicher auszuschließen (z. B. nach 350°C). Ausgehend von diesen Überlegungen und der Tatsache, dass vom 05. November bis 16. April (Mittel der letzten 9 Jahre, Abb. 1) bei Bodentemperaturen < 8°C keine Entwicklung von *M. hapla* erfolgt, müsste ein am 1. September gesäter Leguminosenbestand spätestens am 3. Mai umgebrochen werden. Würde die Aussaat erst am 15. September erfolgen, wäre ein Umbruch entsprechend am 24. Mai erforderlich.

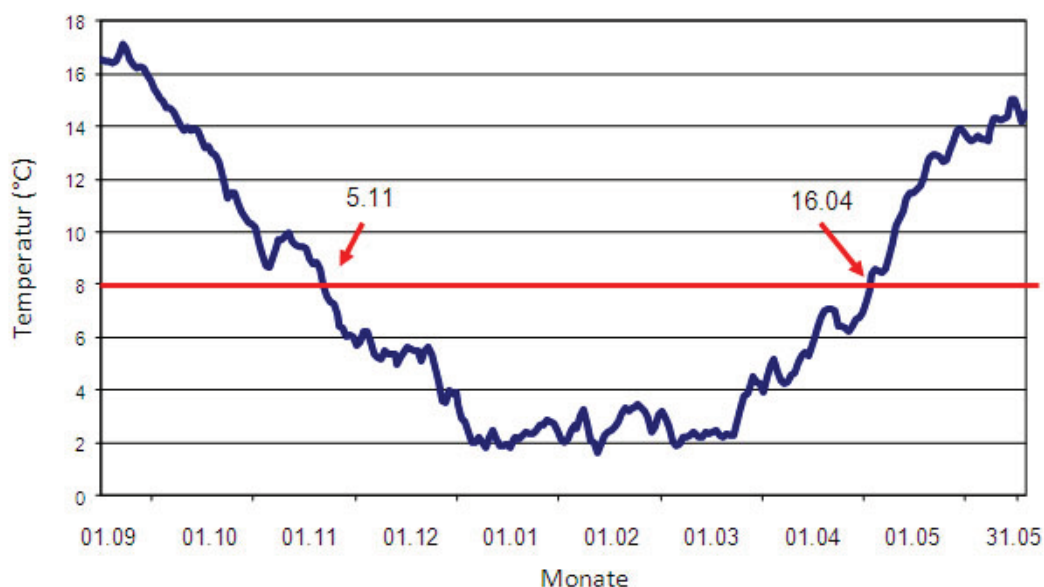


Abb. 1: Durchschnittliche Tagesmittelwerte (1999-2008) der Bodentemperatur in 20 cm.

Primäres Auswahlkriterium für die Art der überwinternden Gründung ist die Stickstoffmenge zum Zeitpunkt des Umbruchs im Frühjahr. Untersuchungen von Haas (2003 a,b) zeigten, dass bei Aussaat Ende August die höchsten N-Erträge mit Inkarnatklee erzielt wurden, gefolgt von Winterwicke, Winterwicke + Winterroggen, Landsberger Gemenge und Erbse. Die Zuwachs- und N-Aufnahmeraten waren zwischen Mitte März und Anfang Mai am höchsten, was bei einer begrenzten Kulturdauer eher für eine späte Aussaat im Herbst zugunsten einer längeren Kulturdauer im Frühjahr sprechen würde. Bei späteren Aussaatterminen (Anfang September bis Mitte Oktober) wiederum tritt die relative Vorzüglichkeit des Inkarnatklees gegenüber der spätsaatverträglicheren Winterwicke bzw. des Winterroggens zurück (pers. Anmerkungen Florian Rau). Gerade bei späten Aussaatterminen bringt der Gemengeanbau gegenüber der Reinsaat meist Vorteile, da bei den schwer kalkulierbaren Klimabedingungen zumindest immer ein Gemengepartner begünstigt wird und somit insgesamt ein höherer N-Ertrag zu erzielen ist. Erste Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in 2006 zur Bekämpfung von *M. hapla* mit unterschiedlichen Umbruchterminen einer überwinternden Wicke/Inkarnatklee-Gründung waren recht viel versprechend. So konnte eine Vermehrung der Nematoden auch bei einem relativ späten Umbruchtermin Ende Mai/Anfang Juni zuverlässig verhindert werden (Heinicke und Warnecke, 2006). Die Versuche warfen aber auch Fragen auf. Welchen Einfluss hat die Wachstumsperiode im Herbst des Vorjahres auf die Entwicklung der Nematoden? Welchen Einfluss hat ein Herbstbefall mit *M. hapla* auf die Entwicklung der Nematoden im Frühjahr? Kann bei einer überwinternden Gründung von einer vergleichbaren Temperatursumme ausgegangen werden wie bei einer Sommerzwischenfrucht? Wie hoch ist der Stickstoffgewinn bei gleichzeitiger Bekämpfung von *M. hapla*?

Informationsrecherchen in Datenbanken (CAB, AGRIS), Internet (Organic Eprints, Netzwerk Gemüsebau) und Fachzeitschriften (Bioland, etc.) haben keine Hinweise auf bereits abgeschlossene oder derzeit laufende Arbeiten zur beantragten Thematik ergeben. Der Ergebnisverwertung stehen keine Rechte anderer entgegen.

3 Material und Methoden

3.1 Feldversuche

Alle Feldversuche wurden auf Praxisflächen des Bioland-Hofes Jürgen Kramer, Hauptstraße 1, 27324 Hassel, durchgeführt.

Feldversuch 1 – Kampe Mitte 2008/09 (Interne Kennung: HAL163)

Schlag:	Kampe Mitte
Bodenart:	lehmiger Sand, 35 Bodenpunkte
Vorkultur:	Kartoffeln, Ernte am 05.09.2008
Saatgut:	45% Winterroggen, 35% Winterwicke, 20% Inkarnatklee
Saatstärke:	60 kg/ha, 30 cm Reihenabstand
Aussaattermine:	12.09.2008 29.09.2008 14.10.2008

Umbruchtermine: Bei einer Temperatursumme ab 12.09.2008 von:
350°C am 19.05.2009
469°C am 08.06.2009
561°C am 24.06.2009

Aussaat Weidelgras: 17.07.2009, Welsches Weidelgras cv. Fabio, 40 kg/ha
Umbruch Weidelgras: 23.03.2010 Scheibenegge, 24.03.2010 Pflug

Aussaat Zwiebeln: 06.04.2010, Sorte Summit F1
Ernte Zwiebeln: 27.08.2010, 2 m x 2,25 m (= 3 Reihen), d. h. 4,5 m²
nur Aussattermin 14.10.2008 über alle drei Umbruchtermine

Parzellengröße: 6 m x 6 m
Versuchsanlage: Blockanlage mit 4 Wiederholungen (Abb. 2)

Nematoden: 30 Einstiche pro Kernparzelle (4 x 4 m), 20 cm tief, Extraktion der Nematoden aus 250 ml Boden mittels Zentrifugationsmethode
10.09.2008, Ausgangsbesatz
04.12.2008, Beginn Vegetationsruhe
25.03.2009, Ende Vegetationsruhe
08.06.2009, 3 Wochen nach 1. Umbruchtermin
29.06.2009, 3 Wochen nach 2. Umbruchtermin
16.07.2009, 3 Wochen nach 3. Umbruchtermin
24.11.2009, Beginn Vegetationsruhe
Arten: *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus crenatus*, *Tylenchorhynchus dubius*, vereinzelt *P. neglectus*

N_{min}: 7 Einstiche pro Kernparzelle (4 m x 4 m), 0-30 cm und 30-60 cm, Auswertung durch LUFA NRW
10.09.2008, alle 16 Varianten der 1. Wiederholung
25.03.2009, alle 16 Varianten der 1. Wiederholung
08.06.2009, alle 4 Varianten des 1. Umbruchtermins in der 1. Wiederholung (= 3 Wochen nach dem Umbruch) & alle 4 Varianten des 3. Umbruchtermins in der 1. Wiederholung (= 16 Tage vor Umbruch)

Temperatur: Erfassung der Temperatur in 10 cm Tiefe mit Em50 ECH2O Logger (Decagon Device, Pullman, WA, USA)

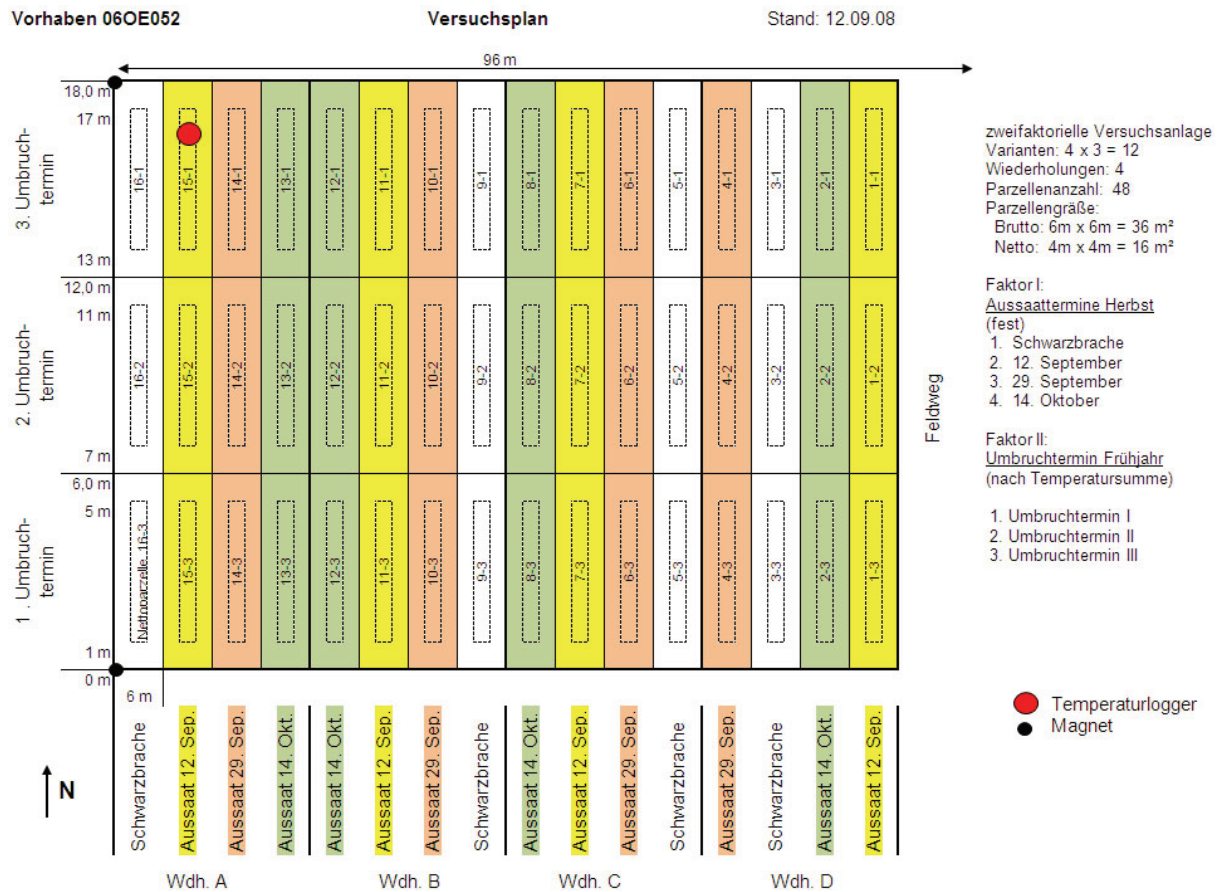


Abb. 2: Versuchsplan Feldversuch 1 – Kampe Mitte.

Feldversuch 2 – Kampe Süd 2009/10 (Interne Kennung: HAL182)

Schlag: Kampe Süd
Bodenart: lehmiger Sand, 35 Bodenpunkte
Vorkultur: Kartoffeln, Ernte am 29.08.2009
Saatgut: 61,5% Winterroggen cv. Nikita, 27% Winterwicke cv. Minnie, 11,5% Inkarnatkleecv. Caporosso
Saatstärke: 60 kg/ha, 13 cm Reihenabstand
Aussaattermine: 01.09.2009
15.09.2009
29.09.2009
Umbruchtermine: Bei einer Temperatursumme ab 01.09.2009 von:
424°C am 05.06.2010
552°C am 21.06.2010
661°C am 30.06.2010
Aussaam Weidelgras: 04.08.2010, Welsches Weidelgras cv. Fabio, 40 kg/ha
Umbruch Weidelgras: 10.02.2011 Scheibenegge, 18.02.2011 Pflug
Aussaam Zwiebeln: 22.03.2011, Sorte Profit F1
Ernte Zwiebeln: 18.08.2011, nur für Aussaattermin 01.09.2009 & 30.09.2009
Parzellengröße: 6 m x 6 m
Versuchsanlage: Blockanlage mit 4 Wiederholungen (Abb. 3)

Nematoden:	30 Einstiche pro Kernparzelle (4 x 4 m), 20 cm tief, Extraktion der Nematoden aus 250 ml Boden mittels Zentrifugationsmethode 31.08.2009, Ausgangsbesatz 24.11.2009, Beginn Vegetationsruhe 29.06.2010, 3 Wochen nach 1. Umbruchtermin 14.07.2010, 3 Wochen nach 2. Umbruchtermin 22.07.2010, 3 Wochen nach 3. Umbruchtermin 08.02.2011, vor Aussaat der Zwiebeln 18.08.2011, unmittelbar nach Ernte der Zwiebeln Arten: <i>Meloidogyne hapla</i> , <i>Pratylenchus crenatus</i> , <i>Tylenchorhynchus dubius</i>
N _{min} :	7 Einstiche pro Kernparzelle (4 m x 4 m), 0-30 cm und 30-60 cm, Auswertung durch LUFA NRW 31.08.2009 25.03.2010, nur für Aussaattermin 01.09.2009 & 30.09.2009 15.11.2010, nur für Aussaattermin 01.09.2009 & 30.09.2009
N in der Pflanze:	Oberirdischer Aufwuchs von 2 x 0,25 m ² pro Kernparzelle durch LUFA NRW, nur für Aussaattermin 01.09.2010 & 29.09.2010 08.06.2010 für 1. Umbruchtermin 22.06.2010 für 2. Umbruchtermin 29.06.2010 für 3. Umbruchtermin 15.11.2010 in Welschem Weidelgras
Temperatur:	Erfassung der Temperatur in 10 cm Tiefe mit Em50 ECH2O Logger (Decagon Device, Pullman, WA, USA)

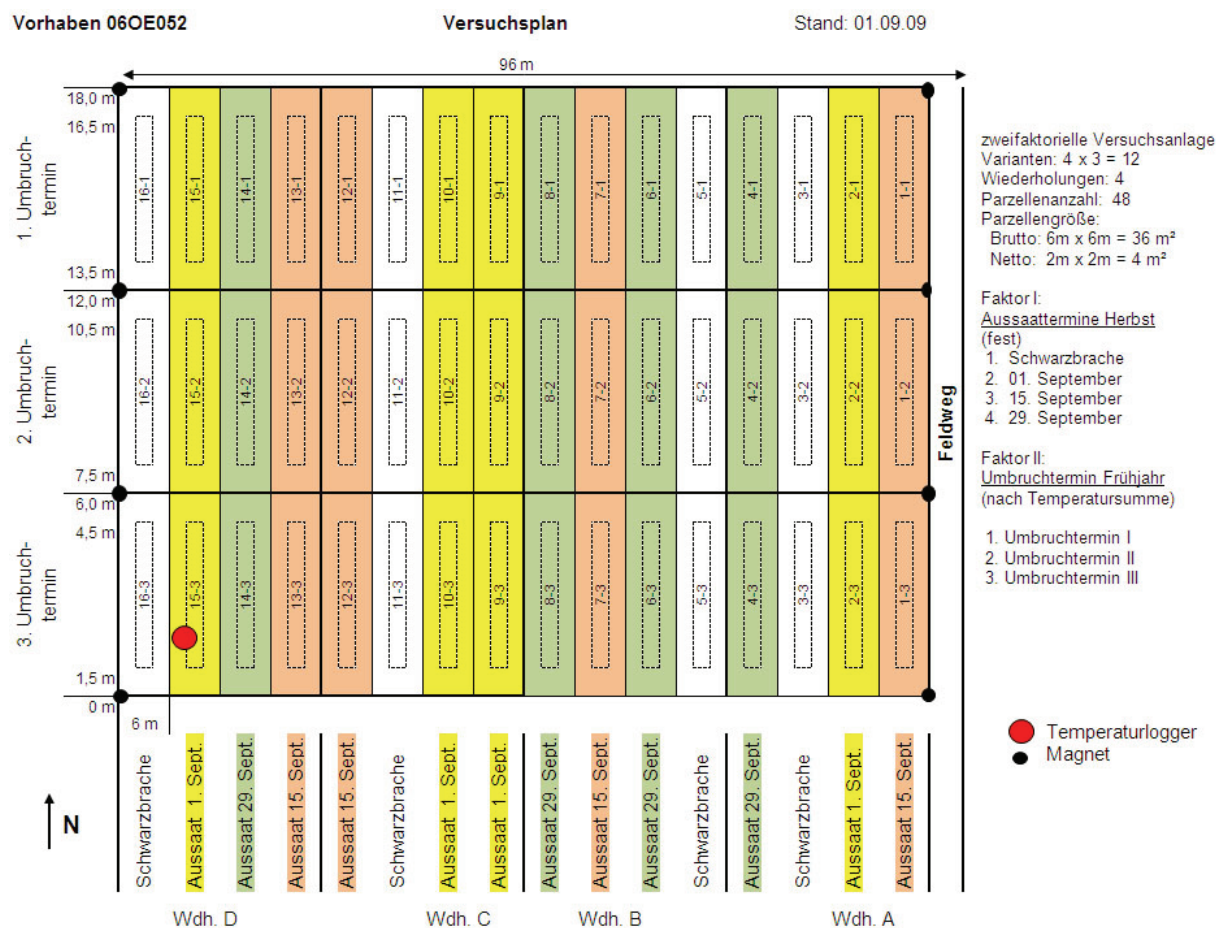


Abb. 3: Versuchsplan Feldversuch 2 – Kampe Süd.

Feldversuch 3 – Heidkamp Ost 2010/11 (Interne Kennung: HAL203)

Schlag: Heidkamp Ost
 Bodenart: lehmiger Sand, 35 Bodenpunkte
 Vorkultur: Kartoffeln, Ernte am 29.08.2009
 Saatgut: 45% Winterroggen cv. Conduct, 15% Winterwicke cv. Ostsaat, 40% Inkarnatklée cv. Tardivo
 Saatstärke: 60 kg/ha, 13 cm Reihenabstand
 Aussattermine: 01.09.2010
 15.09.2010
 30.09.2010
 Umbruchtermine: Bei einer Temperatursumme ab 01.09.2009 von:
 454°C am 30.05.2011
 548°C am 10.06.2011
 643°C am 22.06.2011
 Aussaat Sandhafer: 08.08.2011
 Parzellengröße: 6 m x 6 m
 Versuchsanlage: Blockanlage mit 4 Wiederholungen (Abb. 4)
 Nematoden: 30 Einstiche pro Kernparzelle (4 x 4 m), 20 cm tief, Extraktion der

Nematoden aus 250 ml Boden mittels Zentrifugationsmethode

30.08.2010, Ausgangsbesatz

18.11.2010, Beginn Vegetationsruhe

20.06.2011, 3 Wochen nach 1. Umbruchtermin

01.07.2011, 3 Wochen nach 2. Umbruchtermin

12.07.2011, 3 Wochen nach 3. Umbruchtermin

18.11.2011, Besatz im Herbst

Arten: *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus crenatus*, *Tylenchorhynchus dubius*

N_{min}: 27.08.2010, Mischprobe

15.11.2011, in Welschem Weidelgras, jeweils Wiederholung A & C

N in der Pflanze: Oberirdischer Aufwuchs von 2 x 0,25 m² pro Kernparzelle durch LUFA NRW, nur für Aussaattermin 01.09.2010 & 30.09.2010

27.05.2011 für 1. Umbruchtermin

14.06.2011 für 2. Umbruchtermin

20.06.2011 für 3. Umbruchtermin

15.11.2011 in Welschem Weidelgras, Wiederholung A & C

Temperatur: Erfassung der Temperatur in 10 cm Tiefe mit Em50 ECH2O Logger (Decagon Device, Pullman, WA, USA)

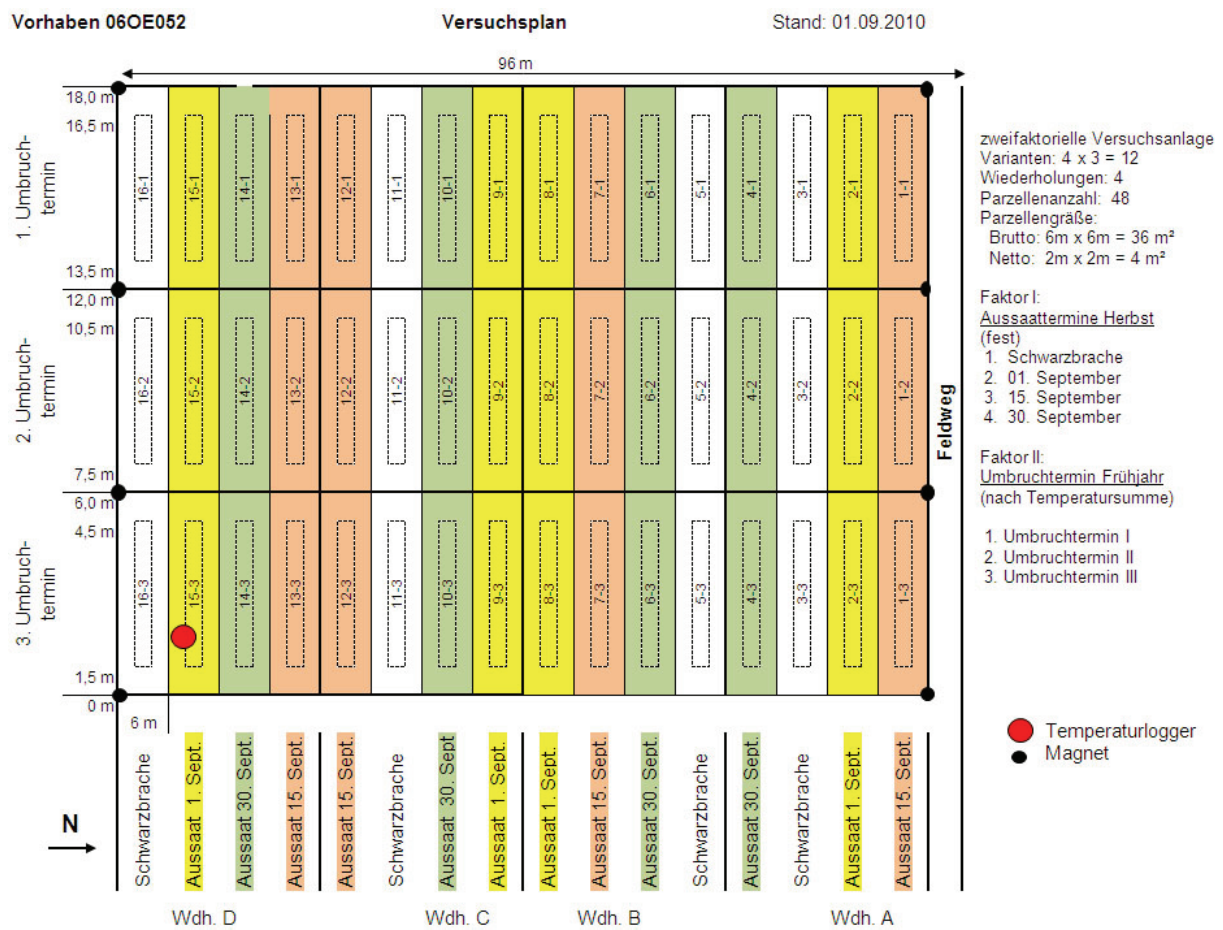


Abb. 4: Versuchsplan Feldversuch 3 – Heidkamp Ost.

3.2 Gewächshausversuche

Die spezifischen Versuchsbedingungen werden unter Punkt 4 bei der ausführlichen Darstellung der Ergebnisse erläutert. An dieser Stelle werden nur die allen Versuchen zu Grunde liegenden Methoden vorgestellt.

Vermehrung der Nematoden

Meloidogyne hapla Population Münster wurde an Tomate cv. Moneymaker im Gewächshaus vermehrt. Zur Extraktion von Eiern wurden vergallte Tomatenwurzeln vorsichtig gewaschen, in 1 cm Stücke geschnitten und diese in einer 1%igen Chlorklorixlösung (Danklorix:Leitungswasser 1:2,5, v/v) für 3 Minuten geschüttelt. Die Suspension wurde über eine Siebkombination bestehend aus einem 250 µm-Sieb und einem 20 µm-Sieb gegeben. Die auf dem 20 µm-Sieb aufgefangenen Eier wurden gründlich mit Leitungswasser von restlichem Chlor gewaschen und bis zur Verwendung im Versuch für maximal 7 Tage bei 5°C gelagert. Zur Gewinnung von Juvenilen wurden die vergallten und vorsichtig gewaschenen Tomatenwurzeln auf einen Baermann-Trichter in eine Sprühanlage gegeben und alle 5 Minuten für 30 Sekunden mit Leitungswasser besprüht. Die kontinuierlich schlüpfenden Juvenilen wurden alle 2 Tage entnommen und bis zum Einsatz im Versuch für maximal 7 Tage bei 5°C gelagert.

Pratylenchus penetrans wurde im Gewächshaus an Mais vermehrt. Zur Gewinnung des Nematodeninokulums wurden die Maiswurzeln gewaschen und wie für *M. hapla* beschrieben auf die Sprühanlage gegeben.

Auswertung Nematodenbefall

Je nach Fragestellung wurden folgende Parameter erhoben: Anzahl in die Wurzel eingedrungener Nematoden, Gall-Index, Anzahl Eiermassen, Anzahl Tiere im Boden.

Zur Erfassung der Anzahl Nematoden in der Wurzel wurden diese zunächst mit Chlor gebleicht (1:2, Klorix/H₂O, 5 min), unter Leitungswasser gewaschen (5 min) und dann mit Säurefuchsin angefärbt (Stammlösung: 3,5 g Säurefuchsin, 250 ml Essigsäure, 750 ml H₂O, Gebrauchslösung: 1:40 Verdünnung mit Leitungswasser). Die Wurzeln wurden mit der Säurefuchsinlösung überdeckt und in der Mikrowelle kurz aufgeköcht. Vor der Auswertung wurde überschüssige Färbelösung unter Leitungswasser abgewaschen und die Wurzeln dann in wenig Wasser zwischen zwei Objektträger gelegt und gequetscht. Unter dem Stereomikroskop wurde die Anzahl der Tiere erfasst, bei *M. hapla* zusätzlich differenziert nach dem jeweiligen Entwicklungsstadium.

Die Bonitur des Gall-Indexes erfolgte nach Zeck (1971).

Zur besseren Erfassung der Anzahl Eiermassen wurden die Wurzeln zuvor in 4% Cochenillerot E124 für 15 min angefärbt. Dieser rote Lebensmittelfarbstoff färbt spezifisch die gelatinöse Matrix der Eiermassen.

Nematoden im Boden wurden nach dem Zentrifugation-Flotations-Verfahren mit $MgSO_4$ -Methode extrahiert (Hooper et al. 2005).

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Feldversuche

Feldversuch 1 – Kampe Mitte 2008/09 (Interne Kennung: HAL163)

Der Aussattermin hatte einen deutlichen Einfluss auf die Bestandsentwicklung (Abb. 5). Am 13.11.2008 war bei Aussaat der Gründüngung am 12.09.2008 bereits über 70% Bodenbedeckung erreicht, wohingegen bei Aussaat am 14.10.2008 gerade einmal die ersten Keimlinge zu erkennen sind (Abb. 6). Unabhängig vom Aussattermin waren in allen Varianten die drei Kulturpflanzenarten aufgelaufen. Von der Masse dominierte jedoch klar der Winterroggen, vor der Winterwicke und dem Inkarnatklee. Zu Beginn der Vegetationsperiode am 08.04.2009 war in allen Varianten ein deutlicher Massezuwachs feststellbar (Abb. 7). Die Unterschiede zwischen den Aussatterminen zeigten sich weithin. Gut zu erkennen auch die Unterschiede in der Bestandsdichte zwischen frühem Aussattermin (12.08.2008) und spätem Aussattermin (14.10.2008) am 29.04.2009 (Abb. 8). Besonders die Winterwicke konnte sich in diesem Jahr gut entwickeln.



Abb. 5: Einfluss unterschiedlicher Aussattermine auf die Bestandsentwicklung am 13.11.2008, Fläche Kampe Mitte. 1 = Schwarzbrache, 2 = Aussaat am 12.09.2008, 3 = Aussaat am 29.09.2008, 4 = Aussaat am 14.10.2008.

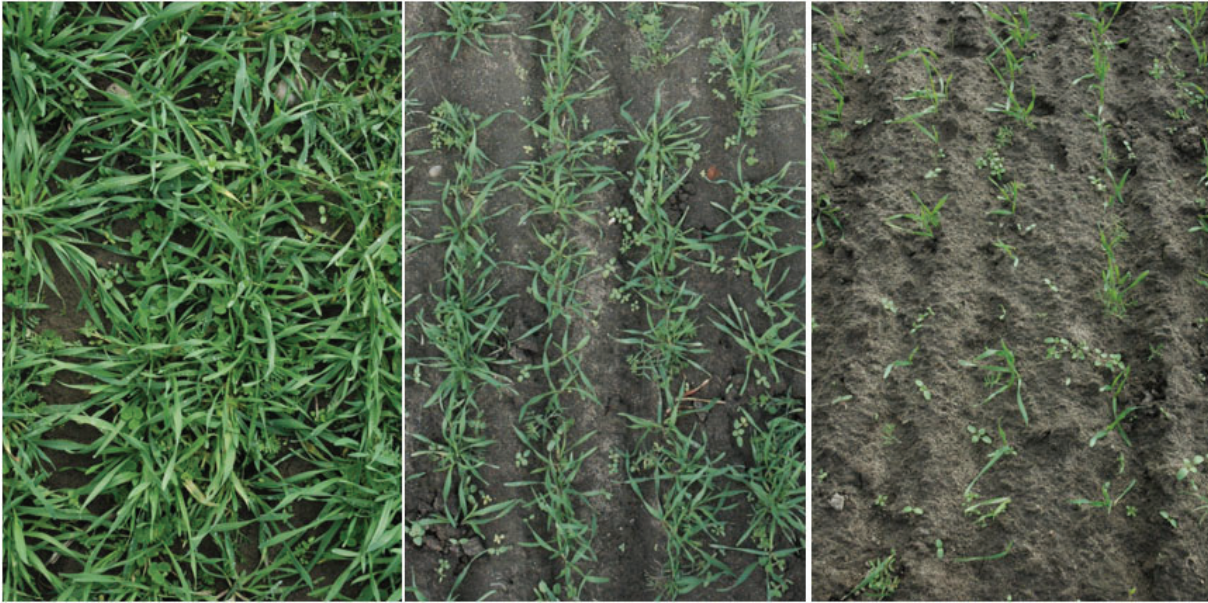


Abb. 6: Nahaufnahme Bestandsdichte und -zusammensetzung am 13.11.2008, Fläche Kampe Mitte, von links nach rechts: Aussaat am 12.09.2008, Aussaat am 29.09.2008, Aussaat am 14.10.2008.

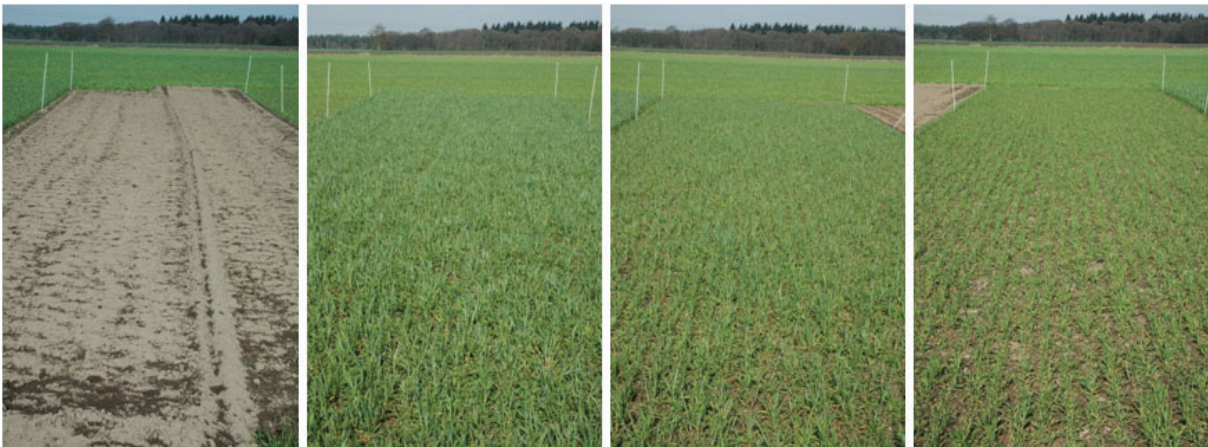


Abb. 7: Einfluss unterschiedlicher Aussaattermine auf die Bestandsentwicklung am 08.04.2009, Fläche Kampe Mitte, von links nach rechts: Schwarzbrache, Aussaat am 15.09.2008, Aussaat am 30.09.2008, Aussaat am 15.10.2008.

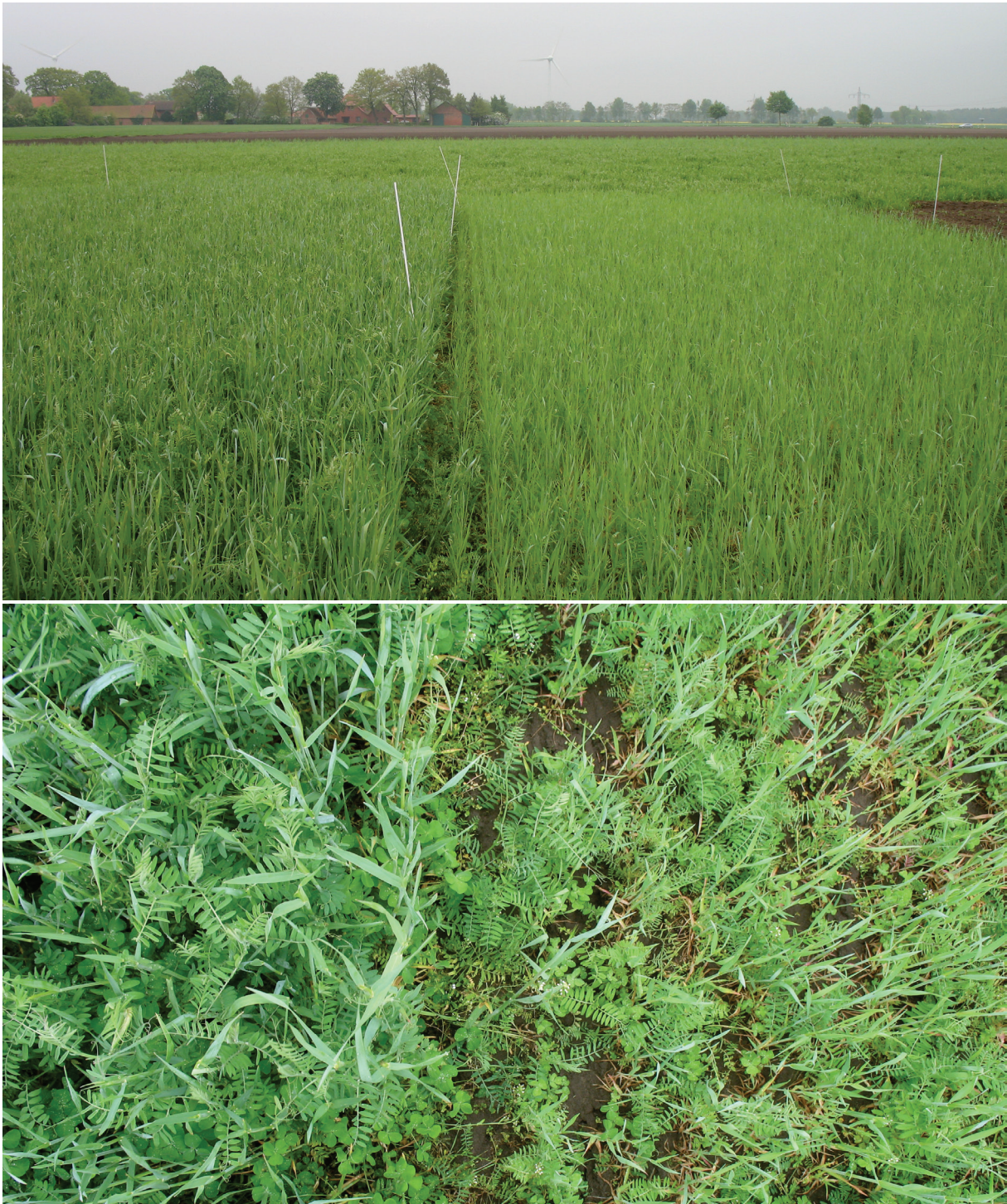


Abb. 8: Bestandsentwicklung der Leguminosen-Gründüngung am 29.04.2009 in Übersicht (oben) und Aufsicht (unten). Links jeweils Aussaat am 12.09.2008, rechts Aussaat am 14.10.2008.

Der Temperaturverlauf und die Temperatursumme in jeweils 10 cm Bodentiefe wurde für die gesamte Kulturdauer aufgezeichnet. Beispielhaft wurden die Daten für den ersten Aussaattermin am 12.09.2008 in Abb. 9 dargestellt. Am 17.11.2008 sank die Bodentemperatur dauerhaft unter 8°C und stieg am 02.04.2009 erstmals über 8°C an. An insgesamt 21 Tagen verteilt auf zwei Perioden wurden in 10 cm Bodentiefe Minusgrade

gemessen und zwar vom 31.12.2008-04.01.2009 und 06.01.-21.01.2009. Die geringste Bodentemperatur wurde am 11.01.2009 mit $-1,5^{\circ}\text{C}$ gemessen.

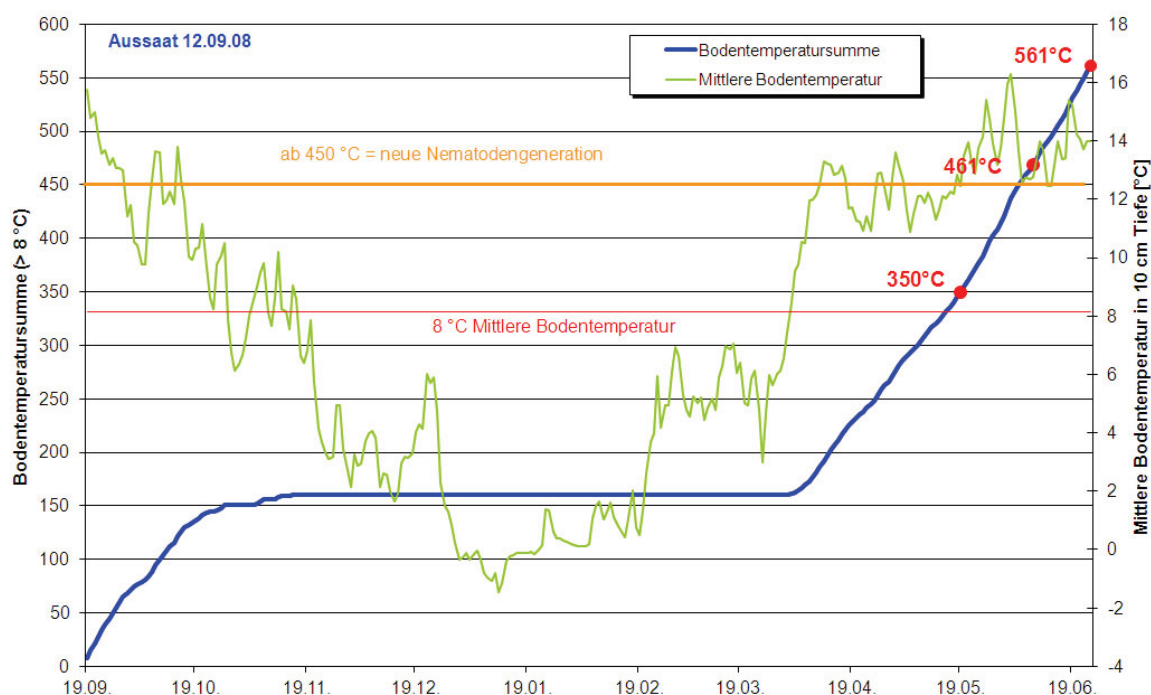


Abb. 9: Tagesmitteltemperatur (grüne Linie) und Temperatursumme (blaue Linie) jeweils in 10 cm Bodentiefe auf der Versuchsfläche Kampe Mitte, für den Aussaattermin am 12.09.2008. Die jeweiligen Umbruchtermine bei 350°C , 461°C und 561°C sind als rote Punkte eingezeichnet.

Der Ausgangsbesatz (Pi) mit *M. hapla* am 10.09.2008 lag in allen Versuchspartellen mit über 400 J2/100 ml Boden sehr hoch, der für *Pratylenchus* spp mit 40–80 Tieren/100 ml Boden im mittleren Bereich. Der **1. Umbruch** wurde am 19.05.2009 bei Erreichen einer Temperatursumme von 350°C für den 1. Aussaattermin (Abb. 9) durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Temperatursumme für den 2. Aussaattermin 269°C und für den 3. Aussaattermin 211°C . **Der 2. Umbruch** erfolgte am 08.06.2009 bei einer Temperatursumme von 469°C für den 1. Aussaattermin, 388°C für den 2. Aussaattermin und 330°C für den 3. Aussaattermin. **Der 3. Umbruch** erfolgte am 24.06.2009 bei einer Temperatursumme von 561°C für den 1. Aussaattermin, 481°C für den 2. Aussaattermin und 422°C für den 3. Aussaattermin. Die vor Eintritt des Winters akkumulierte Temperatursumme betrug 161°C für den 1. Aussaattermin am 12.09.2008, 80°C für den 2. Aussaattermin am 29.09.2008 und 22°C für den 3. Aussaattermin am 14.10.2008. In keinem Falle reichte die Temperatursumme für eine Vermehrung von *M. hapla* oder *Pratylenchus* spp. aus.

Der Endbesatz wurde jeweils drei Wochen nach Umbruch ermittelt. Dieser Zeitraum wurde gewählt, um eine weitere Entwicklung der Eier und Schlupf der juvenilen Tiere zu ermöglichen, so dass man letztendlich einen realistischeren Wert für den Endbesatz der Tiere im Boden erhält.

Zum Zeitpunkt des 1. Umbruchs war *M. hapla* in allen Aussaatvarianten über 80% und in der Schwarzbrache um 96% reduziert (Abb. 10 oben). Ein vergleichbarer Trend zeigte sich auch

beim 2. Umbruch. Hier betrug der Rückgang von *M. hapla* in der Schwarzbrache sowie bei frühem und mittlerem Aussaattermin über 95% (Abb. 10 mitte). Demgegenüber betrug die Reduzierung bei später Aussaat nur knapp 90%. Die stärkste Reduzierung von *M. hapla* war in der Schwarzbrache gegeben. Auch in den Varianten mit früher und mittlerer Aussaat der Leguminosen-Gründung trat eine Reduzierung von *M. hapla* auf. Demgegenüber kam es bei Aussaat am 14. Oktober zu einer Vermehrung, obwohl die Temperatursumme niedriger lag als in den anderen Varianten. Beim 3. Umbruch zeigten sich deutliche Unterschiede im Nematodenbesatz in Abhängigkeit von dem Aussaattermin (Abb. 10 unten).

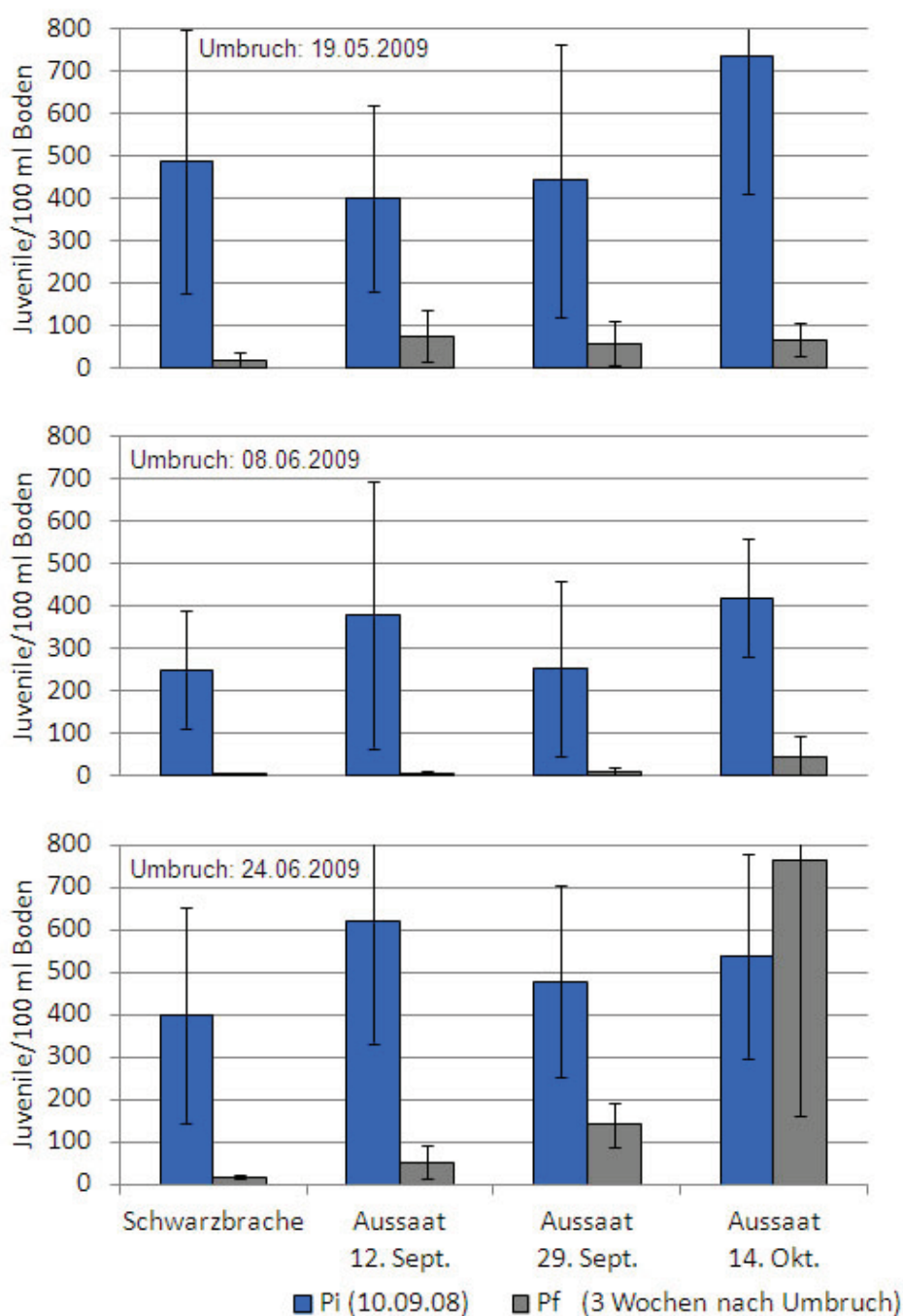


Abb. 10: Einfluss des Aussaattermins auf den Endbesatz (Pf) von *Meloidogyne hapla* bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 19.05.2009 (oben), 08.06.2009 (mitte) bzw. 24.06.2009 (unten) (n = 4).

Während die stärkste Reduzierung mit über 95% abermals in der Schwarzbrache auftrat, fiel die Reduzierung von *M. hapla* in den Gründungs-Varianten deutlich geringer aus bzw. es kam sogar zu einer Vermehrung des Nematoden. Betrug der Rückgang von *M. hapla* bei frühem Aussaattermin noch 90%, so waren es beim mittleren Aussaattermin gerade einmal 70%. Demgegenüber führte der späte Aussaattermin sogar zu einer Vermehrung des Nematoden um 25%.

Die Populationsdynamik von **Pratylenchus** spp. unterschied sich von *M. hapla* insbesondere für die späteren Umbruchtermine. Beim 1. Umbruch führten noch alle Varianten zu einer Reduzierung des Nematoden (Abb. 11 oben). Die tendenziell stärkste Reduzierung unter den Gründungs-Varianten betrug 44% für den späten Aussaattermin am 14.10.2008, die geringste Reduzierung 25% beim mittleren Aussaattermin. Die insgesamt stärkste Reduzierung mit 59% trat in der Schwarzbrache auf. Bereits beim 2. Umbruchtermin ergab sich ein differenziertes Bild. Hier kam es beim frühen Aussaattermin bereits zu einer Vermehrung von *Pratylenchus* spp. von 55% (Abb. 11 mitte). Demgegenüber wurde der Besatz von *Pratylenchus* spp. bei dem mittleren und späten Aussaattermin sowie in der Schwarzbrache um 56%, 28% bzw. 53% reduziert. Beim 3. Umbruch hatte sich *Pratylenchus* spp. in allen drei Gründungs-Varianten vermehrt und zwar zwischen 18% bei später Aussaat und 31% bei früher Aussaat (Abb. 11 unten). Allein die Schwarzbrache bewirkte eine deutliche Reduzierung von *Pratylenchus* spp. von 74%.

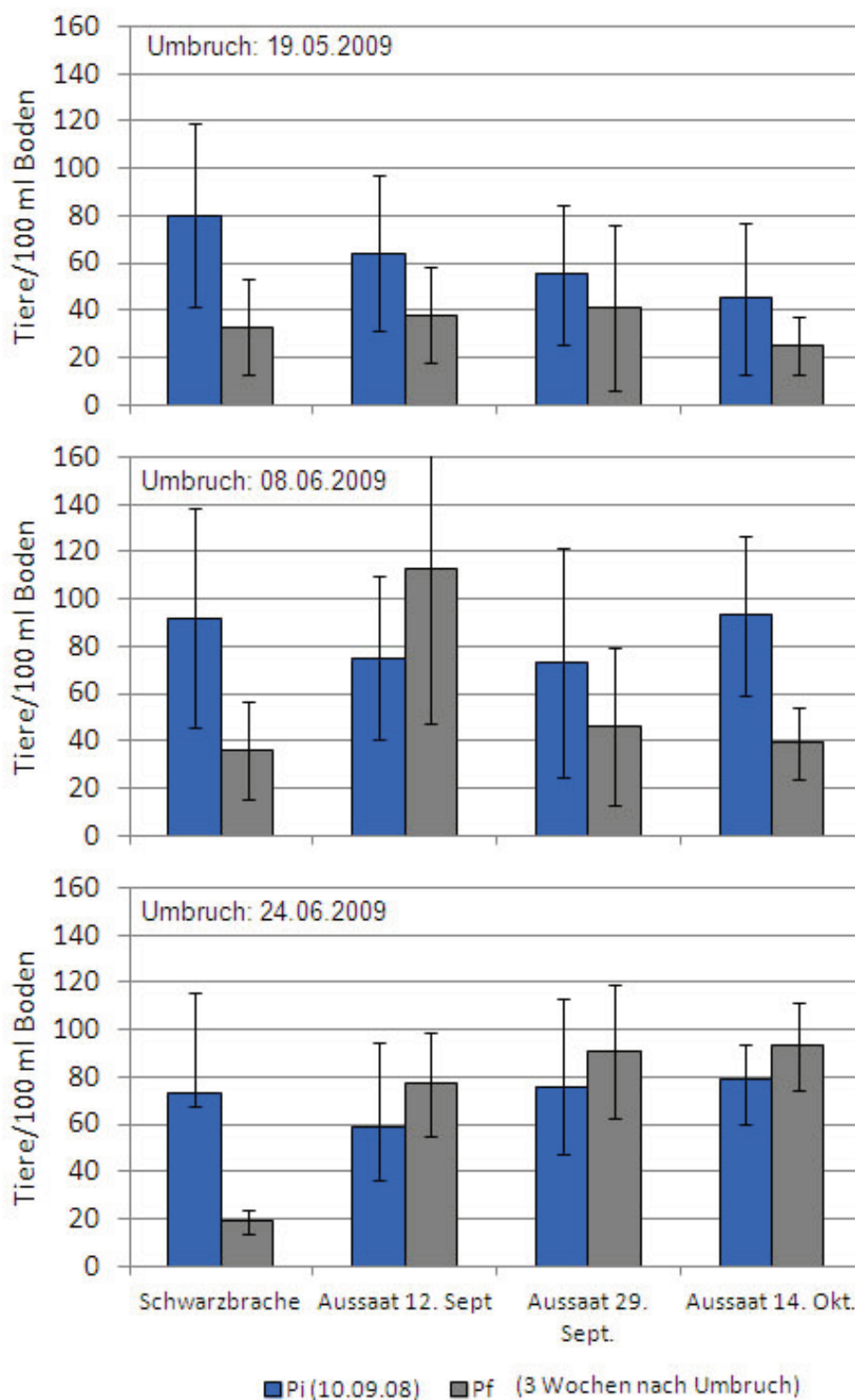


Abb. 11: Einfluss des Aussaatertmins auf den Endbesatz (Pf) von *Pratylenchus* spp. bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 19.05.2009 (oben), 08.06.2009 (mitte) bzw. 24.06.2009 (unten) (n = 4).

Nach Umbruch der Leguminosen-Gründung wurde am 17.07.2009 Welches Weidelgras cv. Fabio auf der Fläche ausgesät. Bei der Probenahme am 24.11.2009 fiel auf, dass für den 3. Umbruchtermin die Besatzdichten von *M. hapla* deutlich höher lagen als bei der

vorherigen Probenahme drei Wochen nach Umbruch der Leguminosen-Gründüngung (Abb. 12). Dies war so nicht zu erwarten, da sich *M. hapla* einerseits nicht an Welschem Weidelgras vermehren kann und andererseits kaum zweikeimblättriger Unkräuter (= potenzielle Wirtspflanzen) auf der Fläche auftraten. Somit bleibt nur zu vermuten, dass zum Zeitpunkt des Umbruchs noch ein hoher Anteil neu gebildeter Eier im Boden vorlag, der mit dem angewandten Extraktionsverfahren nicht erfasst wurde. Bis zum Herbst haben sich die Tiere entwickelt, sind geschlüpft und wurden entsprechend bei der Auswertung erfasst.

Im Vergleich zu *M. hapla* zeigten sich bei *Pratylenchus* spp. keine großen Veränderungen in der Besatzdichte im Vergleich zur Probenahme nach Umbruch der Leguminosen-Gründüngung. Die Besatzdichten schwankten in den Varianten zwischen 7 und 85 Tiere/100 ml Boden (nicht dargestellt).

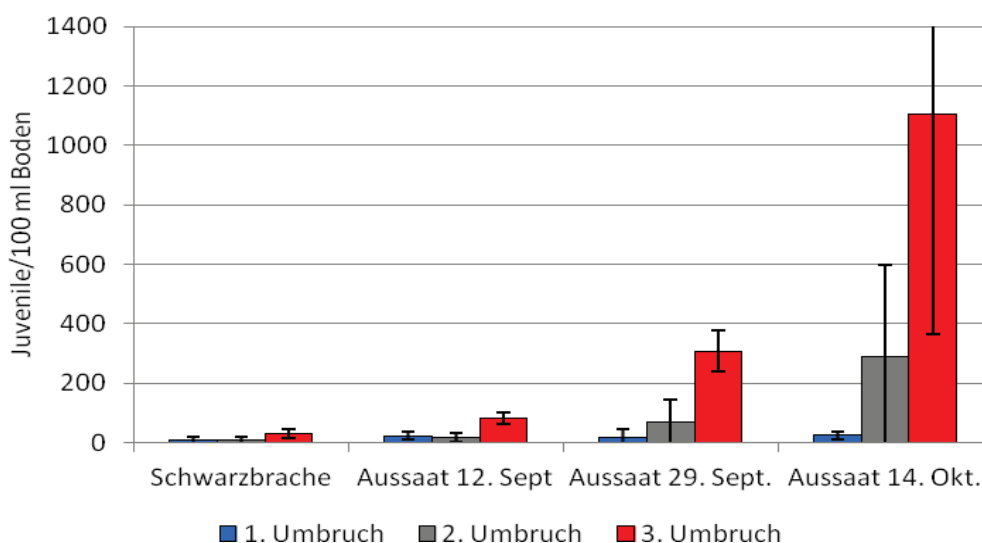


Abb. 12: Besatzdichte von *Meloidogyne hapla* am 24.11.2009 unter Welschem Weidelgras.

Ertragserhebung Zwiebeln

Nach Einarbeitung der überwinterten Leguminosen-Gründüngung und nachfolgendem Anbau von Welschem Weidelgras wurden in 2010 Zwiebeln angebaut. Beispielhaft für den 3. Aussaattermin und den dazugehörigen drei Umbruchsterminen wurde eine Ertragserfassung durchgeführt (Abb. 13). Diese Variante wurde gewählt, da sie die einzige mit einer Vermehrung von *M. hapla* (3. Umbruchtermin) war. Für diesen 3. Aussaattermin wurden für den ersten und zweiten Umbruchtermin, die nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* führten, Erträge von 43,2 bzw. 38,9 t/ha verkaufsfähiger Ware erzielt (Abb. 14). Demgegenüber lagen die Erträge beim 3. Umbruchtermin, bei dem es zu einer Vermehrung von *M. hapla* kam, mit 27,0 t/ha deutlich niedriger. Diese Ergebnisse zeigen, dass es bei zu spätem Umbruch der überwinterten Leguminosen-Gründüngung infolge der Nematodenvermehrung zu Ertragsverlusten in der Folgekultur kommen kann.

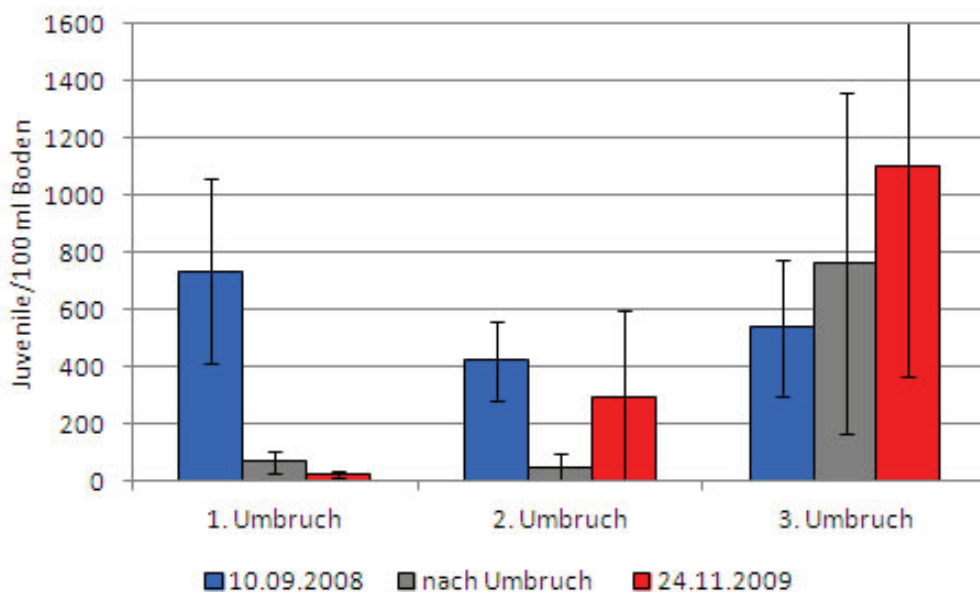


Abb. 13: Besatzdichte von *Meloidogyne hapla* zu Versuchsbeginn, drei Wochen nach Umbruch der Leguminosen-Gründung in 2009 sowie gegen Ende der Vegetationsperiode am 24.11.2009 unter Welschem Weidelgras (n = 4).

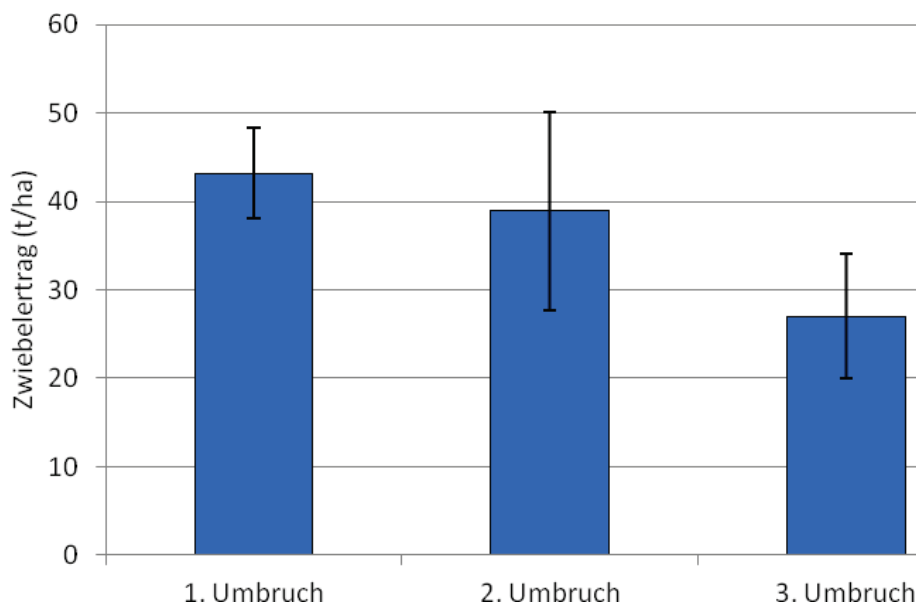


Abb. 14: Ertrag marktfähiger Zwiebeln in Abhängigkeit des Umbruchtermins einer überwinternden Leguminosen-Gründung sowie nach Anbau von Welschem Weidelgras als Gründung (n = 4).

N_{min} im Boden

Zur Erfassung der Stickstoffdynamik wurden an fünf Terminen N_{min}-Proben in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe gezogen. Vor Aussaat der Leguminosen-Gründung am 10.09.2008 betrug der N_{min}-Gehalt 33-39 kg n/ha in 0-30 cm und 11-15 kg N/ha in 30-60 cm Tiefe (Tab. 2). Zu Beginn der Vegetationsperiode am 25.03.2009 lag der N_{min}-Gehalt in den Gründungs-Varianten unter der Nachweisgrenze. In der Schwarzbrach (ohne Vegetation) wurden Werte zwischen 3 und 6 kg N/ha gemessen. Bei den folgenden zwei Probenahmen

wurden in der Schwarzbrache deutlich höhere N_{\min} -Gehalte festgestellt, hervorgerufen durch Mineralisation infolge der kontinuierlichen Bodenbearbeitung zwecks Schwarzhaltens des Bodens. Am 08.06.2009 schwankte der N_{\min} -Gehalt in 0-30 cm in den früh umgebrochenen Varianten zwischen 11 und 21 kg N/ha und lag damit höher als in den spät umgebrochenen Varianten mit 3-4 kg N/ha. Ein umgekehrtes Bild ergab sich für den 14.07.2009. Hier lag der N_{\min} -Gehalt für alle spät umgebrochenen Varianten zwischen 45 und 56 kg N/ha und damit höher als in den früh umgebrochenen Varianten mit 19 bis 24 kg N/ha. In der Folgekultur Welches Weidelgras lagen die N_{\min} -Gehalt im Herbst (24.11.2009) zwischen 34 und 53 kg N/ha in 0-30 cm und zwischen 7 und 13 kg N/ha in 30-60 cm Tiefe. Unterschiede in Abhängigkeit der Vorkultur bzw. im Vergleich zur Schwarzbrache waren nicht erkennbar.

Tabelle 2: Einfluss von Aussaat- und Umbruchtermin auf den N_{\min} -Gehalt in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm.

Aussaat	Umbruch	Tag der Probenahme				
		10.09.08	25.03.09	08.06.09	14.07.09	24.11.09
Brache	19.05.09		6 / 5	12 / <2	63 / 12	39 / 8
	08.06.09	36 / 11	4 / 4	-	-	53 / 13
	24.06.09		4 / 3	40 / 6	38 / 9	40 / 10
12.09.08	19.05.09		<2 / <2	21 / <2	22 / <2	49 / 30
	08.06.09	39 / 15	<2 / <2	-	-	34 / 9
	24.06.09		<2 / <2	4 / <2	54 / 4	40 / 11
29.09.08	19.05.09		<2 / <2	12 / <2	24 / <2	39 / 7
	08.06.09	34 / 12	<2 / <2	-	-	51 / 10
	24.06.09		<2 / <2	3 / <2	56 / 4	35 / 6
14.10.08	19.05.09		3 / <2	11 / <2	19 / <2	34 / 7
	08.06.09	33 / 14	<2 / <2	-	-	43 / 7
	24.06.09		<2 / <2	3 / <2	45 / 3	35 / 9

N-Gehalt in der Leguminosen-Gründung

Der N-Gehalt im oberirdischen Aufwuchs der Leguminosen-Gründung wurde am 08.06.2009 erfasst. Es zeigte sich ein tendenziell höherer N-Gehalt bei später Aussaat der Gründungsvariante gegenüber früher Aussaat, der sich auch in einer höheren N- Menge pro Hektar ausdrückte (Tab. 3). Ursache hierfür ist vermutlich die bessere Pflanzenentwicklung der spät ausgesäten Gründungs-Variante zum Zeitpunkt der Probenahme. Zum Probenahmetermin waren die Pflanzen deutlich weniger abgereift als bei den beiden früher ausgesäten Varianten und Bröckelverluste durch abgestorbene Pflanzenreste entsprechend geringer.

Tabelle 3: Frischmasseerträge und N-Gehalte in der Trockenmasse der Leguminosen-Gründung am 08.06.2009

Aussaattermin	Frischmasse/m ² (kg)	Trockensubstanz- gehalt (%)	N-Gehalt (%)	N-Menge (kg/ha)
12.09.08	5,92	33,0	1,11	21,7
29.09.08	4,0	36,7	1,29	18,9
14.10.08	6,0	29,8	1,64	29,3

Fazit

Meloidogyne hapla. Trotz Temperatursummen von teils deutlich über 450°C konnte sich *M. hapla* mit einer Ausnahme nicht vermehren. Vermutlich wird die Entwicklung der Tiere durch die kühlen Wintertemperaturen gestört.

Einzig bei der Variante „späte Aussaat, später Umbruch“ kam es zu einer Vermehrung und zwar bei einer Temperatursumme von gerade einmal 422°C, wovon 402°C auf das Frühjahr 2009 fielen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass das Wachstum der Leguminosen primär im Frühjahr 2009 erfolgte und *M. hapla* somit ideale Wachstumsbedingungen hatte.

Pratylenchus spp. Mit steigender Temperatursumme nahm auch die Vermehrung von *Pratylenchus* spp. zu. Spätestens beim 3. Umbruchtermin hatte sich *Pratylenchus* spp. in allen Gründungs-Varianten vermehrt.

Tendenziell lag die Vermehrung bei früher Aussaat höher als bei später Aussaat.

Feldversuch 2 – Kampe Süd 2009/10 (Interne Kennung: HAL182)

Auch in dem 2. Feldversuch zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Aussaattermins auf die Bestandentwicklung (Abb. 15). Zu Beginn der Vegetationsperiode am 25.03.2010 war bei früher Aussaat bereits eine gute Bodenbedeckung gegeben (Abb. 16). Der 3. Aussaattermin zeigte sich noch sehr lückig. In allen Varianten dominierte der Winterroggen (Abb. 16). Demgegenüber war Inkarnatklee nur in geringen Anteilen vertreten und Winterwicke trat allenfalls vereinzelt auf (siehe auch Abb. 31). Im weiteren Verlauf des Frühjahres konnten sich die Leguminosen dann aber noch gut entwickeln und bis zum Termin der Einarbeitung einen beträchtlichen Teil der Biomasse stellen (Abb. 17).



Abb. 15: Einfluss unterschiedlicher Aussaattermine auf die Bestandsentwicklung am 25.03.2010, Fläche Kampe Süd. 1 = Schwarzbrache, 2 = Aussaat am 01.09.2009, 3 = Aussaat am 15.09.2009, 4 = Aussaat am 29.09.2009.

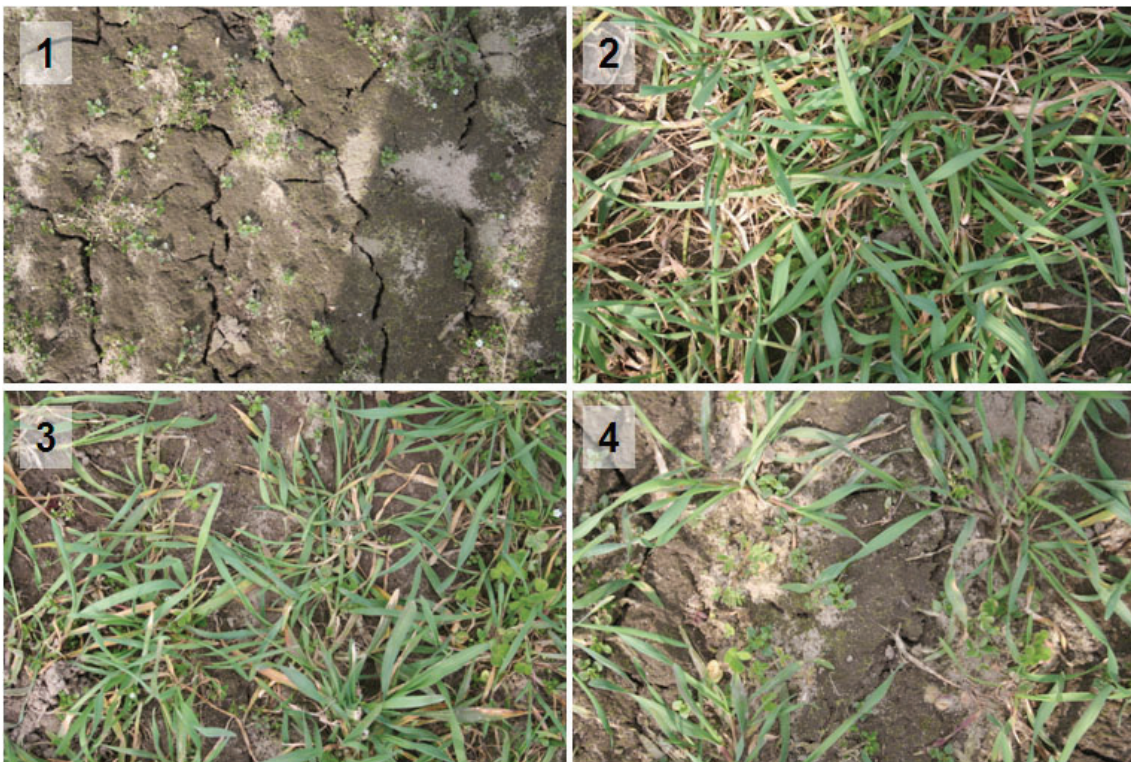


Abb. 16: Nahaufnahme Bestandsdichte und -zusammensetzung am 25.03.2010, Fläche Kampe Süd. 1 = Schwarzbrache, 2 = Aussaat am 01.09.2009, 3 = Aussaat am 15.09.2009, 4 = Aussaat am 29.09.2009.



Abb. 17: Bestandsdichte und –zusammensetzung der überwinternden Leguminosen-Gründung am 22.06.2010. Links: Nahaufnahme Aussattermin 15.10.2009. Rechts: Vergleich Bestandsdichte bei Aussaat am 15.09.2009 (1) und Aussaat am 29.09.2009 (2).

Der Temperaturverlauf und die Temperatursumme in jeweils 10 cm Bodentiefe wurden für die gesamte Kulturdauer aufgezeichnet. Beispielhaft wurden die Daten für den ersten Aussattermin am 01.09.2009 in Abb. 18 dargestellt. Am 16.11.2009 sank die Bodentemperatur dauerhaft unter 8°C und am 20.03.2010 erstmals wieder über 8°C. Insgesamt sank die Temperatur in drei Perioden (23.01.-04.02., 07.02.-26.02., 05.03.-12.03.) unter 0°C. Die geringste Bodentemperatur wurde am 26.01.2009 mit -2,8°C gemessen.

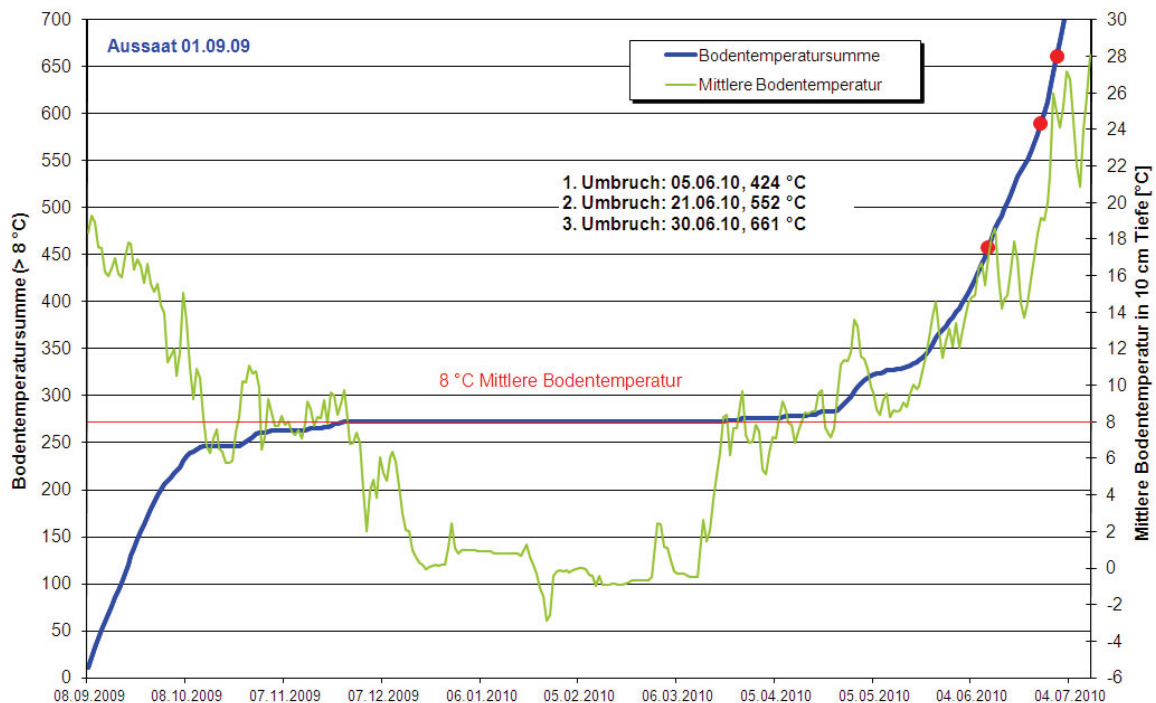


Abb. 18: Tagesmitteltemperatur (grüne Linie) und Temperatursumme (blaue Linie) jeweils in 10 cm Bodentiefe auf der Versuchsfläche Kampe Süd, für den Aussattermin am 12.09.2008. Die jeweiligen Umbruchtermine bei 350°C, 461°C und 561° sind als rote Punkte angegeben.

Der Ausgangsbesatz (Pi) mit *M. hapla* am 31.08.2009 lag in allen Versuchspartzen mit über 600 J2/100 ml Boden sogar noch höher als im Feldversuch 1 – Kampe Mitte (s. oben) (Abb. 19). Als Maximalwert wurden in einer Parzelle 2672 Juvenile/100 ml Boden gezählt. Der Besatz mit *Pratylenchus* spp. fiel gegenüber dem Vorjahresversuch geringer aus (Abb. 20). Pro Parzelle wurden zwischen 0 und 52 Tieren/100 ml gezählt.

Aufgrund der Erfahrungen des vergangenen Versuches, bei der nur bei einer Variante eine Vermehrung von *M. hapla* nachgewiesen werden konnte, wurden in diesem zweiten Feldversuch die Umbruchzeitpunkte um jeweils 100°C nach hinten verschoben, d. h. Temperatursummen von ca. 450°C, 550°C, 650°C, um die Möglichkeiten einer weiteren N-Fixierung über die Leguminosen zu nutzen.

Beim **1. Umbruchtermin** am 05.06.2010 betrug die Temperatursumme für den 1. Aussaattermin 424°C, den 2. Aussaattermin 285°C und den 3. Aussaattermin 200°C (Abb. 18). Der **2. Umbruch** erfolgte am 21.06.2010 bei einer Temperatursumme von 552°C für den 1. Aussaattermin, 413°C für den 2. Aussaattermin und 328°C für den 3. Aussaattermin. Beim **3. Umbruchtermin** betrug die Temperatursumme für den 1. Aussaattermin 661°C, den 2. Aussaattermin 523°C und den 3. Aussaattermin 438°C. Die im Herbst 2009 akkumulierte Temperatursumme betrug 273°C für den 1. Aussaattermin am 01.09.2009, 135°C für den 2. Aussaattermin am 15.09.2009 und 49°C für den 3. Aussaattermin am 30.09.2009. In keinem Falle reicht die Temperatursumme vor Einbruch des Winters für eine Vermehrung von *M. hapla* bzw. *Pratylenchus* spp. Der Endbesatz mit pflanzenparasitären Nematoden wurde wie zuvor 3 Wochen nach dem jeweiligen Umbruchtermin erfasst.

Beim ersten Umbruchtermin wurde *M. hapla* in allen Aussaatvarianten über 94% und in der Schwarzbrache um 93% reduziert (Abb. 19 oben). Somit bestätigten sich die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres, nach denen auch über Zwischenfruchtbau eine der Schwarzbrache gleichwertige Reduzierung des Nematodenbesatzes möglich ist, wenn die Bestände rechtzeitig umgebrochen werden. Auch beim 2. Umbruchtermin wurde in der Schwarzbrache sowie bei frühem und mittlerem Aussaattermin eine sehr gute Reduzierung von *M. hapla* mit über 89% erzielt (Abb. 19 mitte). Allerdings betrug die Reduzierung bei spätem Aussaattermin nur 62%. Nicht ganz schlüssig erwiesen sich die Ergebnisse des 3. Umbruchtermins. Zu diesem Termin wäre in Bezug auf das Ergebnis des zweiten Umbruches eher eine Vermehrung zu erwarten gewesen, was sich so jedoch nicht bestätigt hat (Abb. 19 unten). Vernachlässigt man die im Herbst 2009 erzielte Temperatursumme von 273°C, verbleibt für den ersten Aussaattermin eine im Frühjahr erzielte Temperatursumme von 388°C. Diese Temperatursumme ermöglicht unter optimalen Bedingungen (wüchsiger Pflanzenbestand mit Wurzelneubildungen) zumindest eine geringe Vermehrung von *M. hapla*, was im vorliegenden Fall jedoch nicht eintrat. Vermutlich war der Bestand schon zu weit abgereift, so dass die Entwicklung von *M. hapla* nicht abgeschlossen werden konnte.

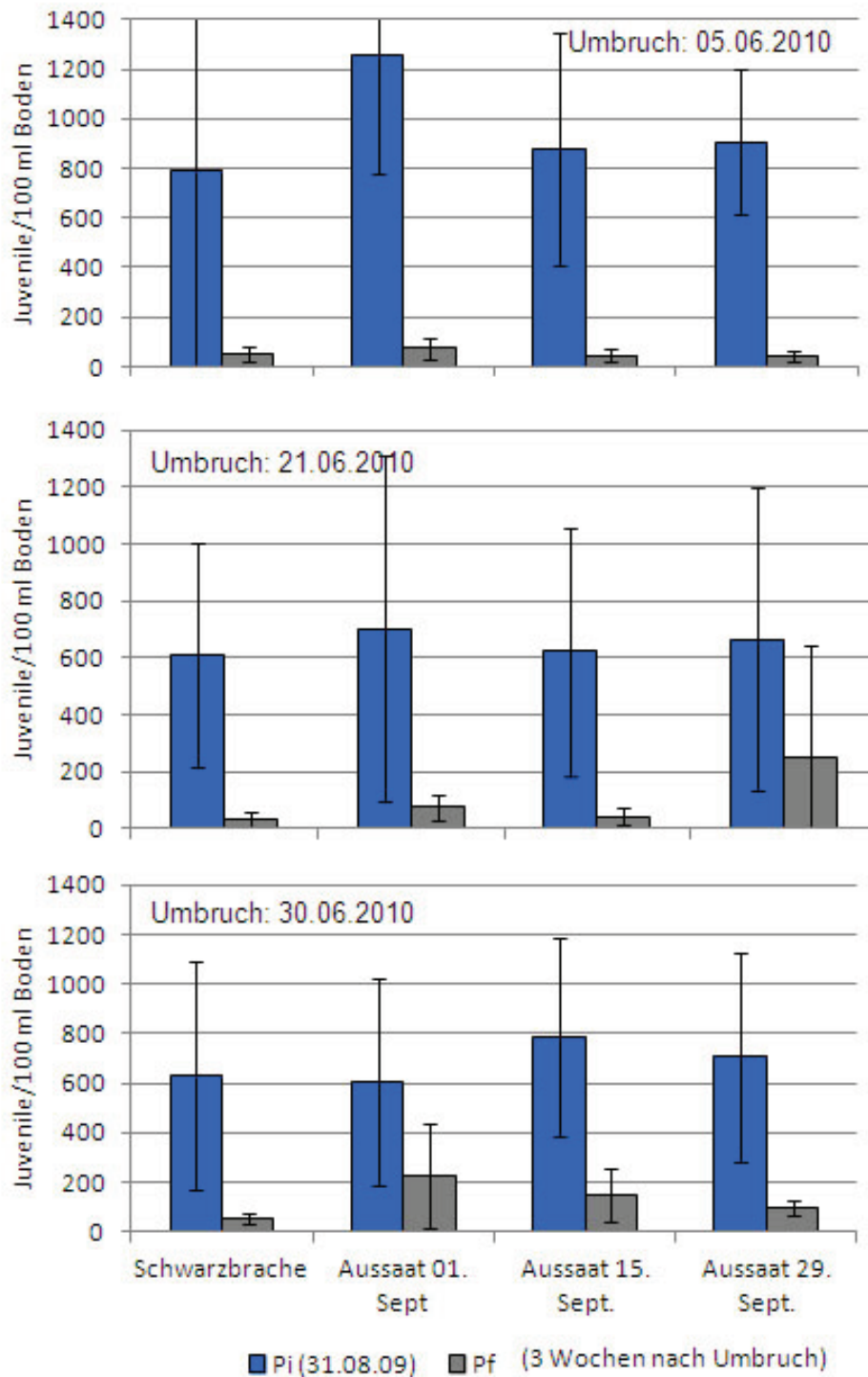


Abb. 19: Einfluss des Aussaatertmins auf den Endbesatz (Pf) von *Meloidogyne hapla* bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 05.06.2010 (oben), 21.06.2010 (mitte) bzw. 30.06.2010 (unten) (n = 4).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Vorjahres konnte für *Pratylenchus* spp. in keiner Variante des 1. Umbruchs eine Reduzierung der Besatzdichte erreicht werden, jedoch waren die Besatzdichten insgesamt sehr gering und absolute Besatzdichten bewegten sich im

Bereich des Standardfehlers (Abb. 20 oben). Interessanterweise wurde auch in der Schwarzbrache keine Reduzierung beobachtet. Da die Flächen nachweislich durch regelmäßiges Eggen schwarz gehalten wurden, ist dies eigentlich nicht zu erklären. Möglicherweise haben wir es hier mit einem methodischen Fehler zu tun, denn gerade bei der Erfassung niedriger Besatzdichten, wie im vorliegenden Fall, treten häufig erhebliche Schwankungen auf. Die einzig andere Erklärung wäre, dass sich zum Zeitpunkt der Erfassung des Ausgangsbesatzes noch ein hoher Anteil an Eiern von *Pratylenchus* spp. im Boden befand, aus denen dann im Frühjahr Juvenile geschlüpft sind. Beim 2. Umbruchtermin wurde in allen Varianten eine geringere Besatzdichte als zu Versuchsbeginn beobachtet (Abb. 20 mitte). Möglicherweise lässt sich dies ebenfalls, wie schon für den 1. Umbruchtermin erwähnt, auf einen methodischen Fehler beim Erfassen der sehr geringen Besatzdichten zurückführen. Grundsätzlich bewegen sich die Besatzdichten deutlich unterhalb der wirtschaftlichen Schadschwelle, die laut Ökoring Niedersachsen bei alleinigem Vorkommen von *Pratylenchus* spp. bei 200-250 Tieren/100 ml Boden liegt. Auch für den 3. Umbruchtermin zeigte sich für keinen Aussaattermin eine Vermehrung von *Pratylenchus* spp. (Abb. 20 unten).

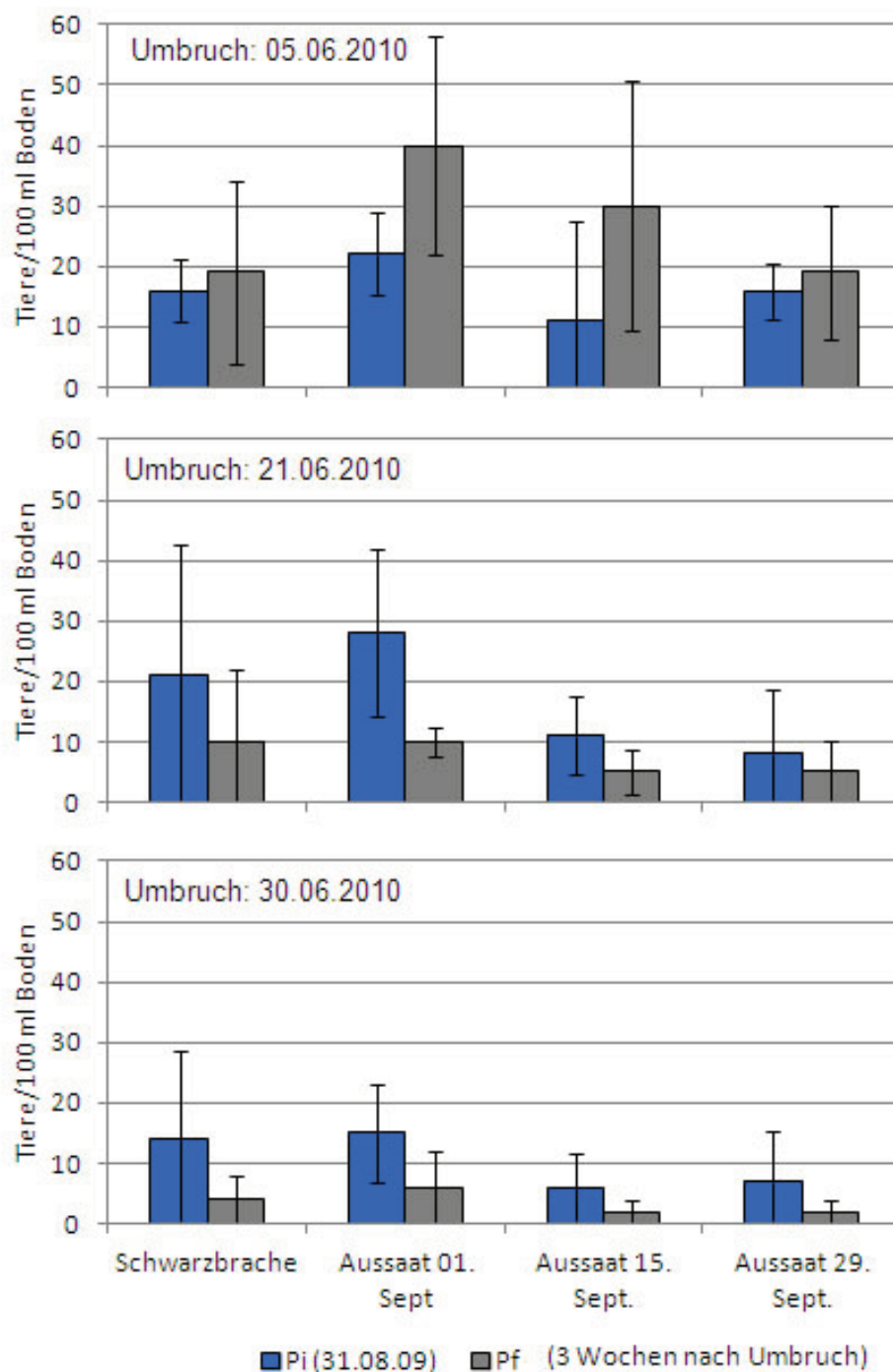


Abb. 20: Einfluss des Aussaattermins auf den Endbesatz (Pf) von *Pratylenchus* spp. bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 05.06.2010 (oben), 21.06.2010 (mitte) bzw. 30.06.2010 (unten) (n = 4).

Ertragserhebung Zwiebeln

Nach der überwinterten Leguminosen-Gründung und nachfolgendem Anbau von Welschem Weidelgras wurden auf der Versuchsfläche in 2011 Zwiebeln angebaut. Für die frühe und späte Aussaatvariante wurden Zwiebelertrag und relativer Anteil

vermarktungsfähiger Zwiebeln erfasst. Die höchsten Zwiebelerträge wurden bei frühem Umbruchtermin beider Aussattermine sowie mittlerem Umbruchtermin und frühem Aussattermin ermittelt (Abb. 21). Die geringsten Erträge bei späterer Aussaat und spätem Umbruchtermin. Mit Ausnahme der Variante „späte Aussaat, später Umbruch“ waren dies auch die Varianten mit dem höchsten Endbesatz an *M. hapla*. Im Vergleich zum Zwiebelertrag waren die Unterschiede im Anteil vermarktungsfähiger Zwiebeln zwischen den Varianten eher gering. Tendenziell lag der Anteil marktfähiger Zwiebeln beim 3. Umbruchtermin niedriger als bei den beiden vorherigen Umbruchterminen, insbesondere in Form des Auftretens von Mindergrößen (Abb. 22). Der Einfluss von Aussaat- und Umbruchtermin zeigte sich vor allem in der Abreife der Zwiebeln (Abb. 23), hier dargestellt für den späten Umbruchtermin. Auf Flächen mit früher Aussaat der Leguminosen-Gründung reifte das Laub der Zwiebeln deutlich schneller, gleichmäßiger und vollständiger ab als auf Flächen mit spätem Aussattermin. Bei letzterer Variante war das Laub teils noch aufgerichtet und grün als Folge einer verzögerten Entwicklung durch Nematodenbefall.

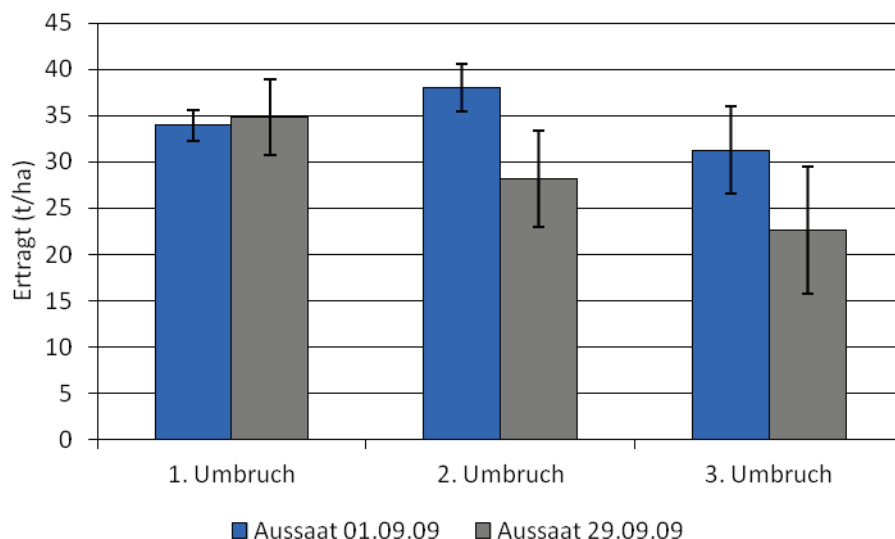


Abb. 21: Ertrag marktfähiger Zwiebeln über zwei Aussaat- und drei Umbruchtermine (n = 4).

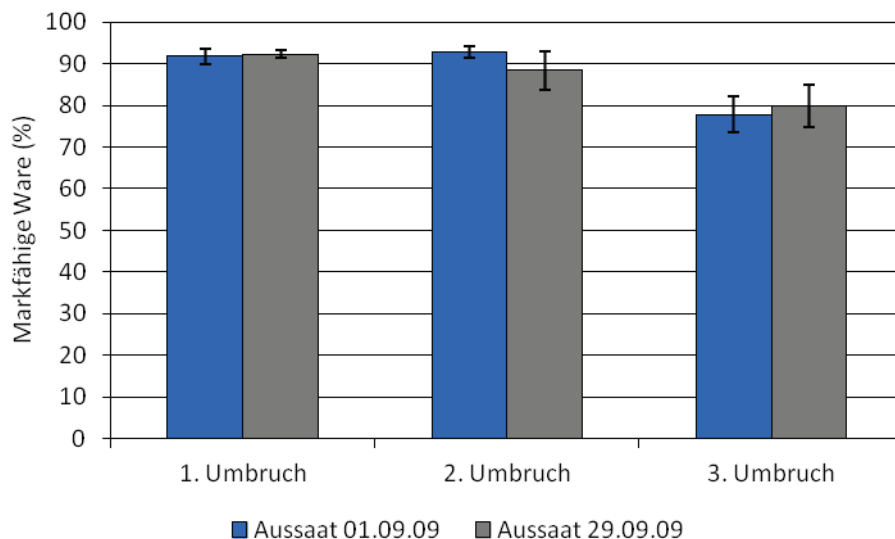


Abb. 22: Relativer Anteil marktfähiger Zwiebeln am Gesamtertrag in Abhängigkeit von Aussaat- und Umbruchtermin (n = 4).

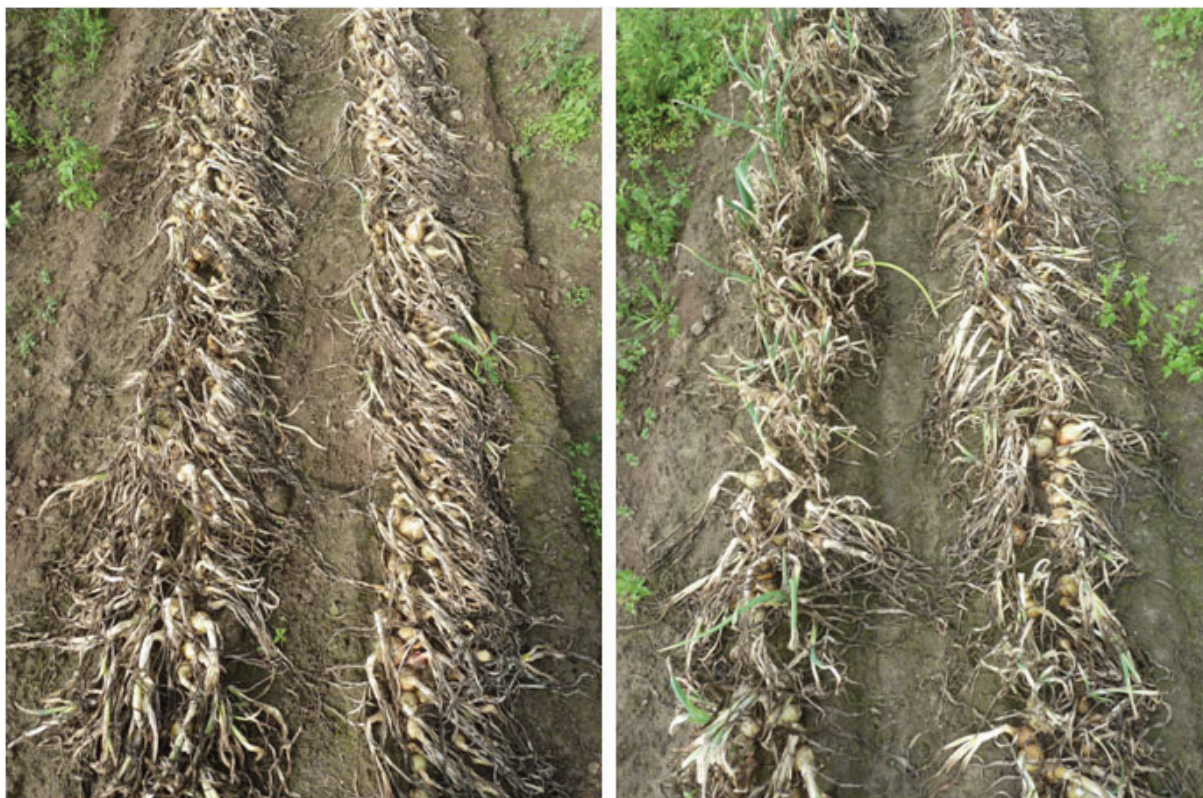


Abb. 23: Abreife des Zwiebellaubes in den Varianten „frühe Aussaat, später Umbruch“ (links) und „späte Aussaat, später Umbruch“ (rechts).

Biotest

Für alle Bodenproben in 2009/2010 wurde beim Pflanzenschutzdienst der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zusätzlich ein Biotest mit Salat angesetzt. Der Biotest erfasst die Schadwirkung der im Boden befindlichen Nematodenstadien (Juvenile +

Eier) und stellt damit einen zusätzlichen Parameter für die Erfassung von Nematodenschäden dar. Für eine bessere Vergleichbarkeit im Biotest wurden alle Bodenproben zunächst bei 8°C gelagert. Unmittelbar nachdem die letzten Bodenproben gezogen wurden (21. Juli), wurde der Biotest angesetzt. Die Auswertung des Biotests erfolgt durch Bonitur der Gallen nach ca. 8 Wochen, d. h. Anfang Oktober 2010.

Im Feldversuch 2 – Kampe Süd von 2009/10 variierten die Ergebnisse des Biotests zwischen den drei Probenahmeterminen teils erheblich, ein eindeutiger Einfluss von Aussaattermin oder Umbruchtermin war nicht zu erkennen (Tab. 4). Fragen warfen vor allem die Ergebnisse aus der Schwarzbrache auf. Nach den Ergebnissen der Nematodenextraktion (siehe Abb. 19) ging die Besatzdichte von *M. hapla* unter Schwarzbrache rasch zurück. Unter der gängigen Lehrmeinung, dass sich *M. hapla* im Boden kontinuierlich entwickelt und spontan schlüpft, wäre auch im Biotest ein Rückgang des *M. hapla*-Befalls zu erwarten gewesen. Dies zeigte sich jedoch nicht. Eine mögliche Erklärung für die teils höhere Vergallung im Biotest bei den beiden späteren Probenahmen gegenüber dem Ausgangsbefall könnten in den jahreszeitlich unterschiedlichen Wachstumsbedingungen für den Salat liegen. So wurde der erste Biotest zur Erfassung des Ausgangsbesatzes im Herbst (Kurztag) angesetzt, also deutlich schlechteren Entwicklungsbedingungen für *M. hapla*, als die beiden folgenden Biotests (Langtag).

Betrachtet man den Biotest nach Umbruch der Zwischenfrucht, so zeigte sich, dass mit Ausnahme der Schwarzbrache die Anzahl Gallen beim 3. Umbruchtermin höher lagen als beim 1. Umbruchtermin. Auch lag die Anzahl Gallen bei später Aussaat höher als bei früher Aussaat. Dies bestätigt die Ausgangshypothese, dass es bei späterem Umbruchtermin eher zu einer Vermehrung von *M. hapla* kommt. Die im Biotest gemachte Beobachtung, dass bei später Aussaat ein höherer Gallindex beobachtet wurde als bei früher Aussaat deckt sich mit der Erfahrung aus dem Feldversuch I. Auch im Feldversuch I kam es bei später Aussaat eher zu einer Vermehrung von *M. hapla*, vermutlich aufgrund der guten Entwicklung der Leguminosen-Gründüngung im Frühjahr, die einen längeren Zeitraum für die Entwicklung des Nematoden ermöglichte als die demgegenüber früher abgestorbenen Bestände der früheren Aussaattermine.

Tabelle 4: Anzahl Gallen an Salat im Biotest für die Bodenproben vom Feldversuch 2 - Kampe Süd (n = 10)

Umbruch- termine	Aussaat- termine	vor Zwischenfrucht (31.08.2009)	vor Winter (24.11.2009)	3 Wochen nach Umbruch
05.06.2010	Schwarzbrache	7,92	34,79	29,58
	Aussaat 01.09.2009	18,00	74,42	20,75
	Aussaat 15.09.2009	47,50	69,67	14,42
	Aussaat 29.09.2009	28,67	31,33	38,08
21.06.2010	Schwarzbrache	25,92	31,08	5,83
	Aussaat 01.09.2009	54,00	47,75	19,29
	Aussaat 15.09.2009	50,67	61,42	23,33
	Aussaat 29.09.2009	39,42	44,08	60,00

30.06.2010	Schwarzbrache	13,58	29,75	23,25
	Aussaat 01.09.2009	18,33	60,75	42,67
	Aussaat 15.09.2009	27,17	77,83	74,83
	Aussaat 29.09.2009	20,92	39,67	47,75

N_{min} im Boden

Die N_{min}-Untersuchungen sollten klären, ob durch die Variation der Aussaattermine und damit unterschiedlich entwickelten Pflanzenbestände Unterschiede im N-Gehalt des Bodens auftreten. Hierzu wurde eine parzellengenaue Erfassung der N_{min}-Dynamik realisiert. Ausgehend von N_{min}-Gehalten am 31.08.2009 von 27-40 kg N/ha in 0-30 cm und 8-25 kg N/ha in 30-60 cm Tiefe, betrugten die Werte zu Vegetationsbeginn des Folgejahres (25.03.2010) 11-29 kg N/ha in 0-30 cm und 1-11 kg N/ha in 30-60 cm Tiefe. Tendenziell lagen die Werte beim frühem Aussaattermin etwas höher (nicht dargestellt). Drei Wochen nach Umbruch der Leguminosen-Gründung waren die N_{min}-Werte in der Schwarzbrache am höchsten (Abb. 24). Dies ist vermutlich auf die erhöhte Mineralisierung infolge kontinuierlicher Bodenbearbeitung zurückzuführen. Demgegenüber lagen die N_{min}-Gehalte drei Wochen nach Umbruch der Zwischenfrüchte zwischen 9 und 20 kg N/ha. Eine nennenswerte Mineralisierung der eingearbeiteten organischen Substanz hatte somit noch nicht stattgefunden.

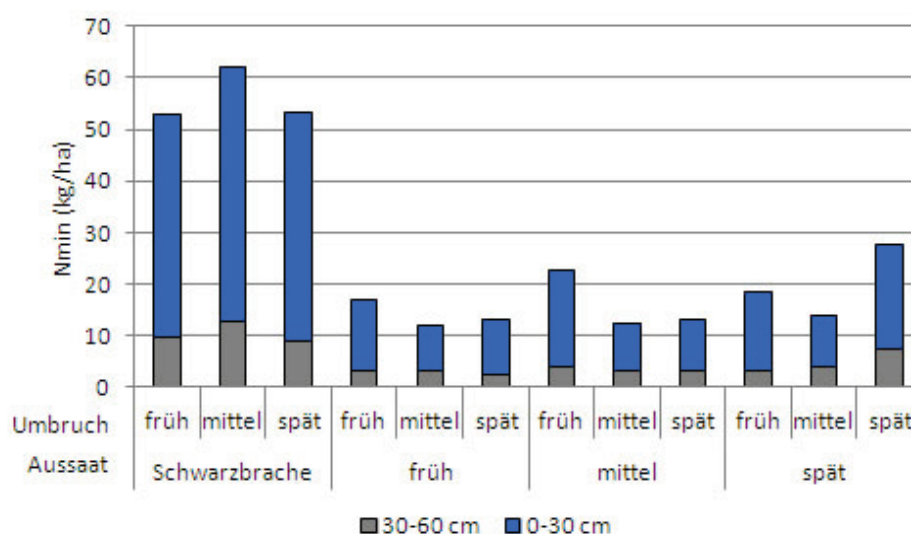


Abb. 24: Einfluss von Aussaat- und Umbruchtermin auf den N_{min}-Gehalt in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm jeweils 3 Wochen nach Umbruch der Leguminosen-Gründung (n = 4).

N-Gehalte in der Leguminosen-Gründung

Zu jedem Umbruchtermin wurde in zwei der vier Versuchsblöcke (Wiederholung A und C) auf einer Fläche von 50 x 50 cm die oberirdische Pflanzenmasse erfasst und von der LUFA NRW auf ihren Stickstoff-Gehalt untersucht. Im Versuchsjahr 2009/10 bestand der Leguminosenanteil in der Zwischenfrucht überwiegend aus Inkarnatklee und nur geringen Anteilen an Winterwicke (siehe auch Abb. 31). Nach Erfahrungen des Ökoringes Niedersachsen ist die Winterwicke zwar spätsaatverträglich, jedoch wenig winterhart, so dass sie den langen und schneereichen Winter möglicherweise nicht so gut überlebt hat.

Für die einzelnen Umbruchtermine zeigten sich nur geringe Unterschiede im N-Gehalt zwischen den jeweiligen Aussaatterminen (Abb. 25). Im Gegensatz zum Aussaattermin scheint der Umbruchzeitpunkt erwartungsgemäß einen größeren Einfluss auf den N-Gehalt im Pflanzenmaterial zu haben. Die höchsten N-Gehalte mit im Mittel 102 kg N/ha waren im Aufwuchs des mittleren Umbruchtermins zu finden, der gegen Ende der Blühperiode der Leguminosen eingearbeitet wurde. Geringere Werte traten bei spätem Umbruch auf, als die Leguminosen schon abgestorben waren. Hier wurden nur durchschnittlich 44 kg N/ha erreicht, was vermutlich auf Bröckelverluste bei der Probenahme des sehr N-reichen Leguminosenmaterials bzw. Ausfallverluste der N-reichen Samen zurückzuführen ist.

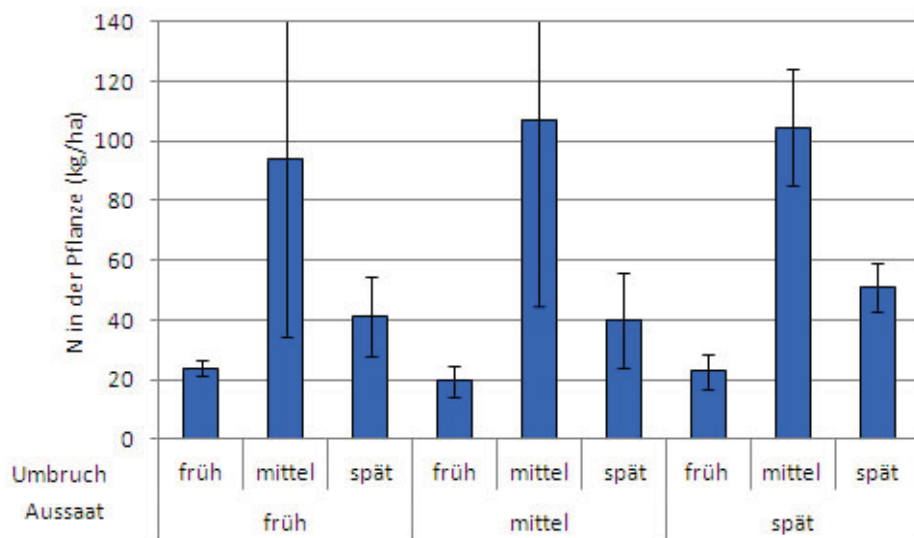


Abb. 25: N-Gehalte in der oberirdischen Pflanzenmasse zum Zeitpunkt des Umbruches der Gründüngung (n=3).

Feldversuch 3 – Heidkamp Ost 2010/11 (Interne Kennung: HAL203)

In diesem 3. Feldversuch konnten die Ergebnisse der beiden vorangegangenen Feldversuche im Prinzip bestätigt werden. Auch in 2010/11 zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Aussaattermins auf die Bestandentwicklung (nicht dargestellt).

Beispielhaft wurde der Temperaturverlauf und die Temperatursumme in jeweils 10 cm Bodentiefe für den ersten Aussaattermin am 01.09.2010 dargestellt (Abb. 26). Am 15.11.2010 sank die Bodentemperatur dauerhaft unter 8°C und am 01.04.2011 erstmals wieder über 8°C. Insgesamt sank die Temperatur in drei Perioden (28.01.-03.02., 19.02.-28.02., 03.03.-05.03.) unter 0°C. Die geringste Bodentemperatur wurde am 23.02.2011 mit -1,5°C gemessen

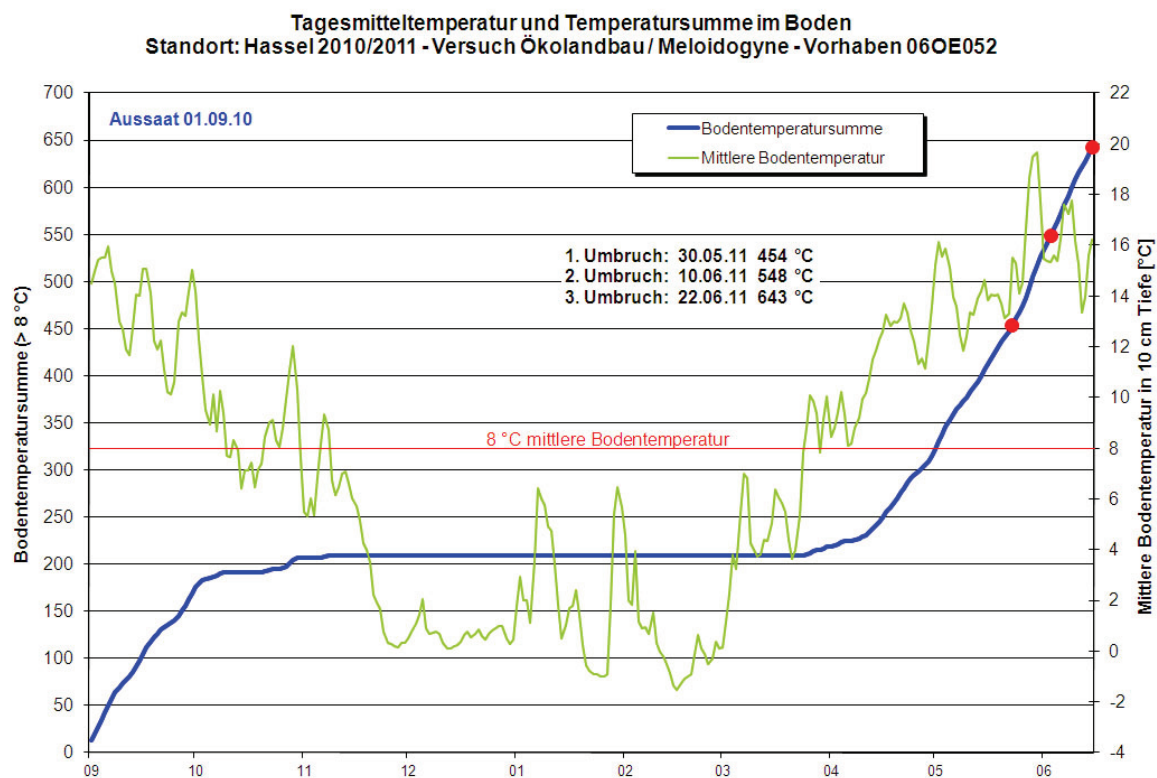


Abb. 26: Tagesmitteltemperatur (grüne Linie) und Temperatursumme (blaue Linie) jeweils in 10 cm Bodentiefe auf der Versuchsfläche Heidkamp Ost für den Aussaattermin am 01.09.2010. Die jeweiligen Umbruchtermine bei 454°C, 548°C und 643° sind als rote Punkte angegeben.

Der Ausgangsbesatz von *M. hapla* betrug im Mittel 228 J2/100 ml Boden und lag damit unter den Werten der beiden vorherigen Versuche (2008: 450 J2/100 ml Boden, 2009: 764 J2/100 ml Boden) (Abb. 27). Bei *Pratylenchus* spp. lag der Ausgangsbesatz mit durchschnittlich 78 Tieren/100 ml Boden etwas höher als in den Vorjahren (2008: 72 Tiere/100 ml Boden, 2009:

15 Tiere/100 ml Boden) (Abb. 28). Die Verteilung der Nematoden innerhalb der Versuchsfläche war sehr heterogen. Bei *M. hapla* schwankten die Werte in den Versuchspartzen zwischen 56 und 856 J2/100 ml Boden, bei *Pratylenchus* spp. zwischen 20 und 152 Tieren/100 ml.

In diesem Versuch wurde für die drei Umbruchtermine eine vergleichbare Temperatursumme angestrebt wie in dem vorherigen Feldversuch 2 – Kampe Süd, d. h. um ca. 450°C, 550°C, 650°C.

Beim **1. Umbruchtermin** am 30.05.2011 betrug die Temperatursumme für den 1. Aussaattermin 454°C, den 2. Aussaattermin 362°C und den 3. Aussaattermin 292°C (Abb. 26). Der **2. Umbruch** erfolgte am 10.06.2011 bei einer Temperatursumme von 548°C für den 1. Aussaattermin, 457°C für den 2. Aussaattermin und 386°C für den 3. Aussaattermin. Beim **3. Umbruchtermin** am 22.06.2011 betrug die Temperatursumme für den 1. Aussaattermin 643°C, den 2. Aussaattermin 551°C und den 3. Aussaattermin 481°C. Die jeweils im Herbst 2010 akkumulierte Temperatursumme betrug 209°C für den 1. Aussaattermin am 01.09.2010, 117°C für den 2. Aussaattermin am 15.09.2010 und 47°C für den 3. Aussaattermin am 30.09.2010, d. h. weder für *M. hapla* noch für *Pratylenchus* spp. reichte die Temperatursumme vor Einbruch des Winters für eine Vermehrung der Nematoden. Der Endbesatz mit pflanzenparasitären Nematoden wurde wie in den Jahren zuvor jeweils 3 Wochen nach Umbruch ermittelt.

Beim ersten Umbruchtermin wurde *M. hapla* in den Varianten „Schwarzbrache“ und „Aussaat am 30.09.2010“ um 86% bzw. 83% reduziert (Abb. 27 oben). Demgegenüber betrug der Populationsrückgang in den Varianten „Aussaat am 01.09.2010“ bzw. „Aussaat am 15.09.2010“ jeweils nur 60% bzw. 52% und fiel damit deutlich geringer aus als in den Vorjahren. Die Ergebnisse zeigen aber auch dass über den Aussaattermin eine vergleichbare Reduzierung wie in der Schwarzbrache möglich ist. Beim zweiten Umbruchtermin zeigte sich ein vergleichbares Bild, wobei nun jedoch die Schwarzbrache mit gerade einmal 56% Reduzierung am schlechtesten abschnitt (Abb. 27 mitte). Für den dritten Umbruchtermin ergab sich in der Variante mit später Aussaat am 30.09.2010 eine Vermehrung von *M. hapla* um den Faktor 3,76 (Abb. 27 unten). Möglicherweise haben die später abgereiften Pflanzen des 3. Aussaattermines den Nematoden bessere Vermehrungsbedingungen im Frühjahr geboten als die deutlich früher abgereiften Pflanzen der frühen und mittleren Aussaat. Demgegenüber führten alle anderen Varianten zu einer Reduzierung des Nematoden zwischen 62% (Schwarzbrache) und 83% (Aussaat am 01.09.2010).

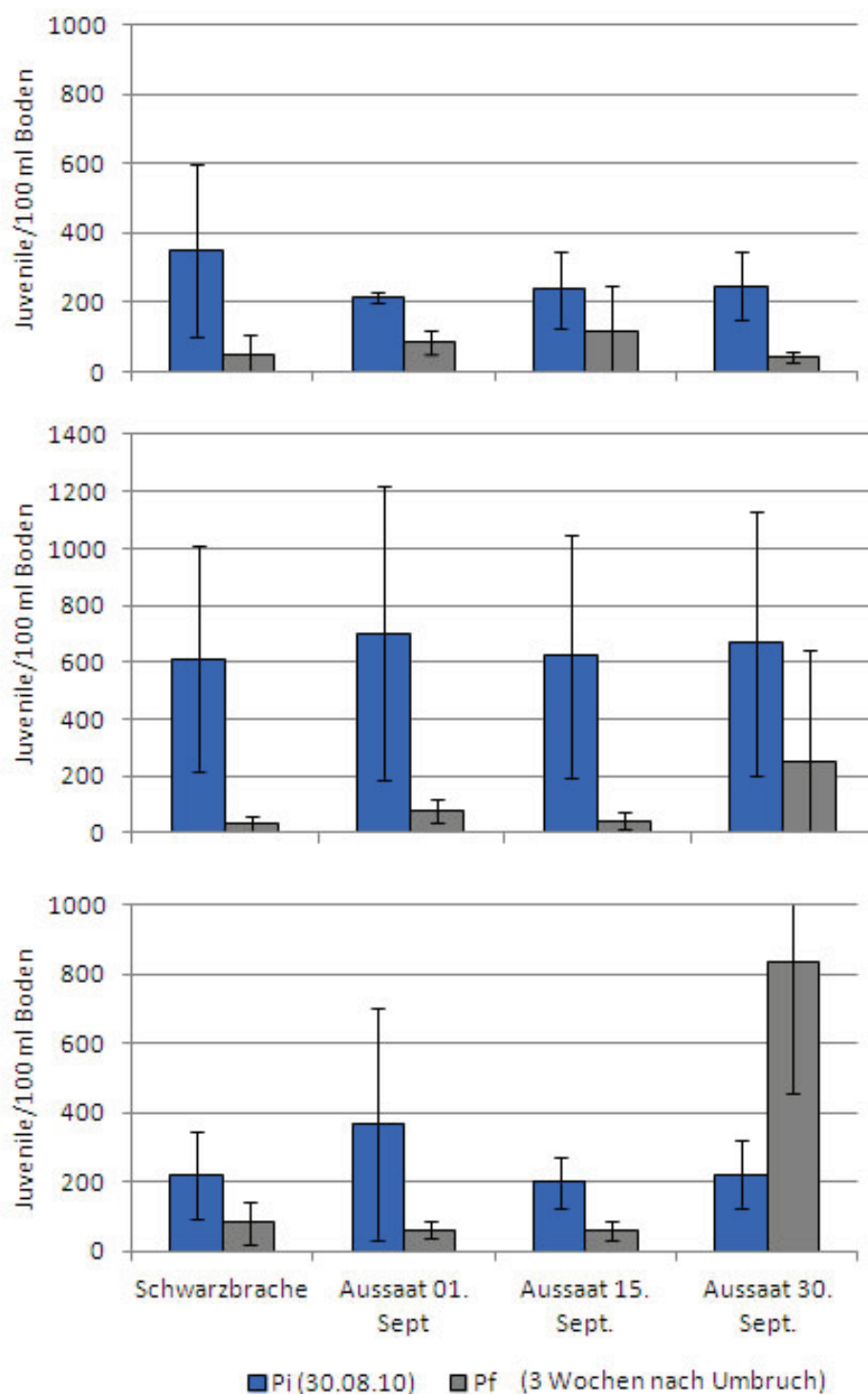


Abb. 27: Einfluss des Aussaattermins auf den Endbesatz (Pf) von *Meloidogyne hapla* bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 30.05.2011 (oben), 10.06.2011 (mitte) bzw. 22.06.2011 (unten) (n = 4).

Bei *Pratylenchus* spp. lag der Endbesatz mit Ausnahme der Variante „Schwarzbrache in Kombination mit erstem Umbruchtermin“ immer über dem Ausgangsbesatz (Abb. 28), d. h. es kam zu einer, meist geringen, Vermehrung des Nematoden. Tendenziell war die Vermehrung zum dritten Umbruchtermin am stärksten ausgeprägt. Der im Vergleich zu den

beiden vorausgegangenen Feldversuchen geringe bzw. ausbleibende Rückgang von *Pratylenchus* spp. in der Schwarzbrache kann nicht erklärt werden. Möglich wäre ein methodischer Fehler bei der Extraktion bzw. ein hoher Anteil an Eiern im Boden zu Versuchsbeginn, aus dem sich dann über die Versuchslaufzeit Tiere entwickelt haben.

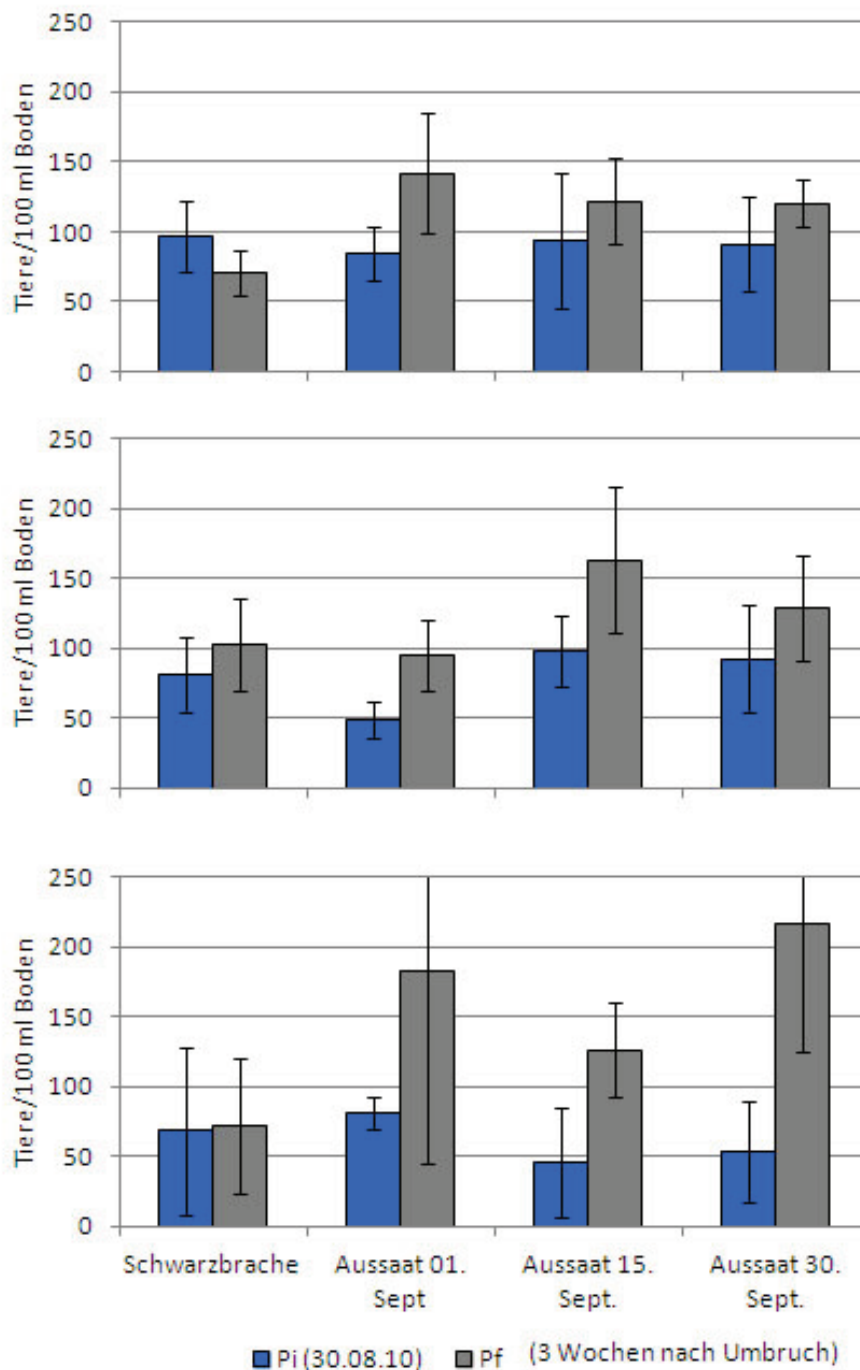


Abb. 28: Einfluss des Aussaattermins auf den Endbesatz (Pf) von *Pratylenchus* spp. bei Umbruch einer Leguminosen-Gründung am 30.05.2011 (oben), 10.06.2011 (mitte) bzw. 22.06.2011 (unten) (n = 4).

Biotest

Wie bereits im vorherigen Feldversuch 2 – Kampe Süd wurde auch für die innerhalb des 2010/11 durchgeführten Feldversuchs 3 – Heidkamp Ost gezogenen Bodenproben ein Biotest mit Salat angesetzt. Die relative geringen Gallenzahlen für den Termin „vor Zwischenfrucht“ sind vermutlich auf die Kurztagbedingungen während der Durchführung des Biotests im Herbst 2010 zurückzuführen. Trotz Zusatzbeleuchtung ist das Wachstum des Salats eingeschränkt und damit auch die Entwicklungsmöglichkeiten von *M. hapla*. Die Biotests der beiden anderen Probenahmen wurden im Frühjahr bzw. Sommer 2011 durchgeführt.

Auffällig ist, dass für den 2. u. 3. Umbruchtermin jeweils der späte Aussattermin den höchsten Gallindex zeigt. Das sind die Varianten, in denen sich die Pflanzen vor allem im Frühjahr entwickelt haben und lange im Feld standen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Nematodenextraktion aus dem Boden. Die Nematodenentwicklung vor Winter hat anscheinend nur einen geringen Einfluss auf die Populationsdichte zum Umbruchzeitpunkt im Sommer.

Tabelle 5: Anzahl Gallen an Salat im Biotest für die Bodenproben vom Feldversuch 3 – Heidkamp Ost (n = 10)

Umbruch- termine	Aussaat- termine	vor Zwischenfrucht (30.08.2010)	vor Winter (18.11.2010)	3 Wochen nach Umbruch
1. Umbruch- termin Probenahme 20.06.11	Aussaat 01.09.2010	4,3	84,8	52,2
	Aussaat 15.09.2010	11,3	87,8	35,2
	Aussaat 30.09.2010	8,7	96,4	32,8
	Schwarzbrache	4,9	81,3	26,7
2. Umbruch- termin Probenahme 01.07.11	Aussaat 01.09.2010	7,0	35,2	21,2
	Aussaat 15.09.2010	5,0	36,9	9,0
	Aussaat 30.09.2010	7,5	19,6	74,8
	Schwarzbrache	8,7	22,5	9,3
3. Umbruch- termin Probenahme 12.07.11	Aussaat 01.09.2010	15,3	83,8	39,2
	Aussaat 15.09.2010	10,1	84,6	31,4
	Aussaat 30.09.2010	11,1	82,8	80,8
	Schwarzbrache	6,6	78,6	24,3

N_{min} im Boden

Nach den Erfahrungen des Versuchsjahres 2009/10, bei der sich bei parzellengenauer Beprobung der Leguminosen-Gründüngung vor Aussaat, zu Vegetationsbeginn und nach Umbruch keinerlei Unterschiede im N_{min}-Gehalt in Abhängigkeit von Aussattermin und Umbruchtermin zeigten, wurde im Jahr 2010/11 nur eine allgemeine Nährstoffanalyse zu Versuchsbeginn durchgeführt (Tab. 6, 7). Die Nährstoffgehalte entsprechen den anzustrebenden Werten (Gehaltsklasse C) nach Düngeempfehlung der LUFA NRW.

Tabelle 6: N_{min}-, Nitrat- und Ammoniumgehalte der Versuchsfläche vor Aussaat der überwinternden Leguminosen-Gründung am 27.08.2010

Tiefe	N _{min} (kg/ha)	NO ₃ -N (kg/ha)	NH ₄ -N (kg/ha)
0-30 cm	39	39	<1
30-60 cm	39	39	<1
Summe	78	78	<1

Tabelle 7: Grundnährstoffgehalte der Versuchsfläche vor Aussaat der überwinternden Leguminosen-Gründung am 27.08.2010

pH	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	K ₂ O (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
5,3	18	10	4

N-Gehalte in der Leguminosen-Gründung

Die N-Gehalte im oberirdischen Aufwuchs schwankten zwischen 19 und 205 kg/ha. Tendenziell lassen sich abnehmende N-Gehalte mit späterem Umbruch sowie mit späterer Aussaat feststellen (Abb. 29).

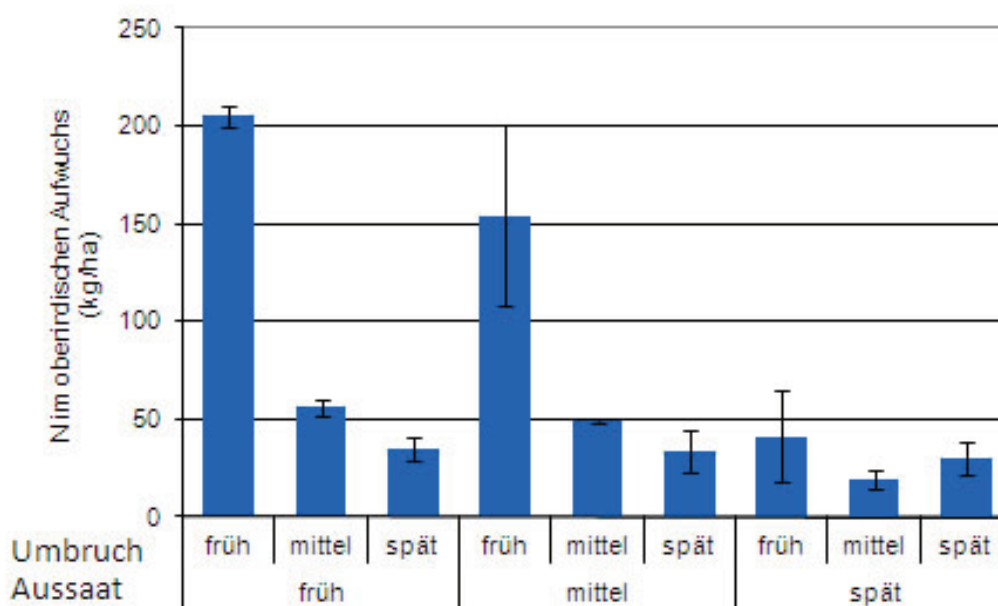


Abb. 29: N-Gehalte (kg/ha) in der oberirdischen Pflanzenmasse zum Zeitpunkt des Umbruches der Gründung (n = 4).

Grundsätzlich wären mit späterem Umbruchtermin höhere N-Gehalte im Aufwuchs zu erwarten gewesen. Bedingt durch die frühe Abreife der Leguminosen in diesem Versuchsjahr traten, wie auch schon im Vorjahr beschrieben, Bröckel- und Samenverluste vor und während der Probenahme auf. Schon zum Zeitpunkt des mittleren Umbruchtermines (20.06.2011, Vollblüte) hatte sich eine erhebliche Streuschicht am Boden gebildet (Abb. 30), welche wegen der Vermischung mit Bodenmaterial nicht in die Analyse eingegangen ist. In

der Praxis geht dieses N-haltige Blattmaterial jedoch nicht verloren, sondern verbleibt im System. Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Versuchsjahres 2009/10, wo sich keine Unterschiede im N-Gehalt zwischen den Aussaatterminen zeigten, nahm in 2010/11 der N-Gehalt mit späterer Aussaat ab. Dies lässt sich möglicherweise mit den unterschiedlichen Wachstumsbedingungen in den beiden Versuchsjahren erklären:

Versuchsjahr 2009/10:

- trockener Herbst: schlechte Wachstumsbedingungen nach Aussaat, Bestand ging schwach in den Winter
- Auswinterung der Winterwicke, besonders letzter Aussaattermin
- Roggen dominierte im Gemenge
- Versuchsjahr 2010/11:
- gute Wachstumsbedingungen im Herbst, Bestand ging über alle Aussaattermine gut in den Winter
- trockenes Frühjahr/Sommer, Beregnung, gute Pflanzenentwicklung
- alle Mischungspartner waren gleichmäßig und gut vertreten

Daraus lässt sich schließen, dass bei guten Bedingungen im Herbst ein zusätzlicher N-Gewinn durch frühere Aussaat zu erzielen ist.



Abb. 30: Streuschicht (= Blattverluste) vor Umbruch am 20.06.2011.

N_{min} und N in der Pflanze in der Folgekultur Welsches Weidelgras:

Unterschiedliche Aussaat- und Umbruchtermine der Leguminosen-Gründüngung führten zu einer unterschiedlichen Biomassebildung. Um zu klären, ob dadurch auch eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der Folgefrucht Welsches Weidelgras einhergeht, wurden am 15.11.2010 sowohl N_{min}- als auch Pflanzenproben gezogen und von der LUFA NRW analysiert.

Die N_{\min} -Gehalte im Boden lagen durchgängig unterhalb der Nachweisgrenze von 2 kg/ha (nicht dargestellt). Dies bedeutet, dass sämtlicher verfügbarer Stickstoff sofort von der Pflanze aufgenommen wurde. Eine Gefahr durch Auswaschung von Stickstoff besteht somit nicht.

Für die Bestimmung des N-Gehaltes in der Pflanze wurde für die Varianten frühe und späte Aussaat der Versuchsblöcke A und C jeweils auf einer Fläche von 50 x 50 cm die oberirdische Pflanzenmasse erfasst und analysiert. Die N-Gehalte variierten zwischen 7 und 12 kg/ha. Bei früher Aussaat wurden tendenziell höhere Werte ermittelt (Tab. 8). Der Umbruchtermin hatte keinen erkennbaren Einfluss.

Tabelle 8: N-Gehalte (kg/ha) im oberirdischen Aufwuchs von Welschem Weidelgras.

Aussaat	Umbruch	Mittelwert	Stabw.
01.09.2010	30.05.2011	10	0,63
	10.06.2011	9	1,05
	22.06.2011	12	0,90
30.09.2010	30.05.2011	9	1,41
	10.06.2011	7	1,44
	22.06.2011	8	1,82

Bestandszusammensetzung über alle drei Versuchsjahre:

Vorteil einer Leguminosen-Gründüngung als Gemengeanbau im Vergleich zu einer Reinsaat ist es, dass sich selbst bei ungünstigen Klimabedingungen einzelne Mischungspartner immer noch durchsetzen können, so dass insgesamt mit einem robusteren Bestand zu rechnen ist. Die unterschiedliche Entwicklung der einzelnen Mischungspartner in verschiedenen Jahren zeigte sich in den Versuchen sehr schön in einer unterschiedlichen Bestandszusammensetzung. Während in 2008/09 die Winterwicke dominierte (Abb. 31 oben), konnte sich 2009/10 der Inkarnatklée besser durchsetzen (Abb. 31 mitte). Im Versuchsjahr 2010/11 zeigte sich eine gleichmäßige Verteilung der Gemengepartner (Abb. 31. unten).



Abb. 31: Zusammensetzung des Pflanzenbestandes der Leguminosen-Gründüngung jeweils Anfang Juni in den drei Versuchsjahren.

Abschließende Diskussion der Feldversuche

Die drei Feldversuche haben gezeigt, dass es bei richtigem Anbau einer überwinterten Leguminosen-Gründüngung nicht zwangsweise zu einer Vermehrung des Wurzelgallennematoden *M. hapla* kommen muss. Dabei ist zu beachten, dass die Leguminosen-Gründüngung nicht zu früh ausgesät wird, um eine Vermehrung von *M. hapla* vor Winter zu vermeiden, aber auch nicht zu spät, um noch eine ausreichende Etablierung

des Bestandes vor Winter zu erzielen. Für die vorliegende Untersuchungsregion sollte die Aussaat Anfang bis Mitte September erfolgen. Für klimatisch abweichende Regionen ist der Aussaattermin entsprechend anzupassen.

Der Umbruch der Leguminosen-Gründüngung sollte spätestens Ende Mai/Anfang Juni erfolgen, d. h. zur Vollblüte der Leguminosen. Die Pflanzenentwicklung (Blüte) ist somit ein guter Bioindikator für die Temperatursumme nach Winter.

Die zugrunde gelegte Temperatursumme von 450°C erwies sich zur Berechnung des Umbruchtermins der überwinternden Leguminosen-Gründüngung als nicht geeignet. Zwar bietet das Temperatursummenmodell eine verlässliche Vorhersage der Nematodenentwicklung in der Vegetationsperiode, es scheitert aber, wenn kühle Temperaturen die Nematodenentwicklung hemmen. So konnte in den begleitenden Gewächshausversuchen gezeigt werden, dass kühle Temperaturen unter 8°C die Entwicklung der Nematoden stärker stören als bisher angenommen und folglich die Temperatursumme für den Abschluss einer Generation deutlich über 450°C liegt. Wie hoch die Temperatursumme letztendlich liegt, hängt von der Dauer und Intensität des Kälteeinflusses ab und ist bisher nicht vorhersagbar. Derzeitige Erfahrungen lassen vermuten, dass kühle Temperaturen über eine kurze Zeit die Entwicklung der Nematoden verzögern. Demgegenüber können kühle Temperaturen über eine lange Zeit bzw. Frost die Entwicklung des Nematoden vermutlich komplett verhindern. In diesem Falle müsste die im Boden überwinternden Nematoden die Kulturpflanze im Frühjahr erst neu befallen, um sich vermehren zu können. Da die Tiere im Boden aber erst bei Temperaturen über 8°C aktiv werden, ist eine Neuinfektion nicht vor Mitte bis Ende April zu erwarten. Für die Nematoden wird es dann zeitlich sehr knapp, ihre Entwicklung vor Eintreten der Seneszenz der Leguminosen abzuschließen. Entsprechende Vermehrungsbedingungen für *M. hapla* waren im ersten und dritten Versuchsjahr nur für den späten Aussaattermin gegeben, wenn spät umgebrochen wurde. In allen anderen Fällen konnte sich *M. hapla* nicht vermehren bzw. es kam zu einem Fangpflanzeneffekt im Frühjahr, d. h. die Tiere drangen in die Wurzeln ein und setzten sich in der Wurzel fest, bekamen dann aber mit einsetzender Seneszenz der Kulturpflanze nicht mehr ausreichende Nährstoffe für ihre Entwicklung geliefert und starben.

Die Versuchsergebnisse bestätigten auch sehr schön die Vorteile des Gemengeanbaus von Leguminosen gegenüber einer Reinsaat. Je nach Witterungsbedingungen können sich die verschiedenen Gemengepartner unterschiedlich entwickeln und die Gefahr einer Auswinterung der Kultur ist dadurch deutlich geringer.

Monitoring auf Praxisflächen

Ziel des Monitorings war es, in der Praxis eingesetzte Anbauverfahren zur Nematodenbekämpfung auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich einer Nematodenunterdrückung zu untersuchen. Hierzu wurden über 2 Anbaujahre 15 (2009/10) bzw. 8 (10/11) Praxisflächen hinsichtlich ihres Nematodenbesatzes zu Beginn (Pi) und nach Ende der Maßnahme (Pf) untersucht (Tab. 9 & 10). Pro Praxisfläche wurden die Bodenproben auf jeweils vier zuvor eingemessenen Teilflächen von 2 x 2 m gezogen. Es wurden 30 Einstiche/Teilfläche gezogen.

Als Anti-Nematoden-Strategie vor Anbau einer anfälligen Kultur, wurde neben Schwarzbrache insbesondere ein Anbau von Nicht-Wirtspflanzen für *M. hapla* (Wintergerste), Ölrettich als Fangpflanze oder Biofumigation durchgeführt.

Eine einigermaßen sichere Reduzierung von *M. hapla* konnte über die Schwarzbrache erreicht werden, wenn auch nicht auf jedem Schlag (Tab. 9, 10). Möglicherweise war ein kontinuierliches Schwarzhalten der Fläche, d. h. mindestens alle 3-4 Wochen, nicht immer gewährleistet. Für alle Gründungs-Varianten gilt, dass in den meisten Fällen eine, teils deutliche, Reduzierung von *M. hapla* erzielt werden konnte.

Auf *Pratylenchus* spp. hatten diese Maßnahmen jedoch nur vereinzelt eine Wirkung, was letztendlich nicht verwunderlich ist, da *Pratylenchus* spp. mit anderen Maßnahmen als für *M. hapla* zu bekämpfen ist.

Tabelle 9: Pflanzenbauliche Maßnahmen im Rahmen des Praxis-Monitorings zur Reduzierung der Nematodendichte vor Anbau einer anfälligen Gemüsekultur in 2009/10 (n = 4).

			Zwischenfrucht		Nematodenbesatz (100 ml Boden)			
					<i>M. hapla</i>		<i>Pratylenchus</i> spp.	
Ort	HF 2009	ZF 2010/11	Aussaat/ Beginn	Umbruch/ Ende	Pi	Pf	Pi	Pf
1	Kartoffel	Schwarz			40	0	164	116
2	Kartoffel	schwarz			8	4	188	52
3	WG	FP, schwarz			80	176	72	112
4	WG	Kleegras			88	77	40	76
5	WG	schwarz			148	68	92	52
6	Kartoffel	Lands. Gemenge	10.09.09	23.03.10	8	32	16	16
7	Kur	Grüngerste	20.09.09	23.03.10	4	0	512	44
8	Kur	Grüngerste	21.09.09	23.03.10	40	28	176	172
9	Kleegras	FP, Grünroggen	02.09.09	20.03.10	52	8	72	16
10	Kur	Gras	25.07.09	20.03.10	4	0	124	24
11	Kur	Gras	25.07.09	22.03.10	32	16	44	76
12	Kur	Gras	25.07.09	22.03.10	68	40	24	32
13	Kur	Gras	25.07.09	22.03.10	1256	932	52	60
14	Kur	Gras	25.07.09	22.03.10	780	532	88	112
15	Kur	Ölrettich	15.09.09	abgefroren	0	0	36	8

FP: Ölrettich als Fangpflanze; Kur: Abfolge von Landsberger Gemenge mit Umbruch bei einer Temperatursumme von 450°C, gefolgt von Schwarzbrache oder Ölrettich als Fangpflanze bzw. Biofumigation und Anbau einer Nichtwirtspflanze (z. B. Grünroggen) über Winter.

Tabelle 10: Pflanzenbauliche Maßnahmen im Rahmen des Praxis-Monitorings zur Reduzierung der Nematodendichte vor Anbau einer anfälligen Gemüsekultur in 2010/11 (n = 4).

					Zwischenfrucht		Nematodenbesatz (100 ml Boden)			
					Aussaat/ Beginn	Umbruch / Ende	<i>M. hapla</i>		<i>Pratylen- chus</i> spp.	
Ort	HF 2009	ZF 2009/10	HF 2010	ZF 2010/11			Pi	Pf	Pi	Pf
1	Möhre	WG	Wintergerste	Lupine	01.08.10	25.01.11	48	181	94	172
2	Zwiebel	WG	Wintergerste	Lupine	01.08.10	25.01.11	0	2	151	217
3	Kartoffel	Wicke/Inkar- natklee/ÖR	BF	keine		10.03.11	0	5	77	195
4	Erbsen	ÖR	SR mit US	Klee- gras	Mai 2010	15.02.11	0	0	191	173
5	Kartoffel	schwarz	Zwiebel	schwarz		10.03.11	2	0	364	227
6	Kartoffel	schwarz	Zwiebel	schwarz		10.03.11	0	0	292	194
7	SR	schwarz	T mit US	Klee- gras	Mai 2010	15.02.11	5	18	74	55
8	Erbsen	ÖR	Kartoffel	schwarz		10.03.11	53	150	116	100

BF: Biofumigation; HF: Hauptfrucht; ZF: Zwischenfrucht; SR: Sommerroggen, T: Triticale, US: Untersaat (Klee gras), ÖR: Örettich, WG: Wintergerste

4.2 Gewächshausversuche und Laborversuche

I) Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* (Interne Kennung: HAL181 & 191)

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss von 5°C, 10°C, 15°C und 20°C auf die Entwicklung von *M. hapla* zu untersuchen. Für diesen Versuch wurden Nematodeneier von einer vergallten Tomatenwurzel extrahiert. Jeweils 2 ml dieser Eiersuspension mit ca. 300 Eiern wurden in je 12 Kavernen von vier 24er Mikrotiterplatten gegeben. Die Mikrotiterplatten wurden dann in Klimaschränke mit den oben genannten Temperaturen inkubiert. Nach 1, 3, 7, 9, 13, 20 und 27 Tagen wurde die Entwicklung von *M. hapla* ermittelt. Hierzu wurde der relative Anteil embryonaler Eier, juveniler Eier sowie geschlüpfter Juveniler unter dem Mikroskop erfasst (Abb. 32).



Abb. 32: Darstellung von einem embryonalen Ei (links), juvenilen Ei (mitte) sowie einer geschlüpften Juvenile von *Meloidogyne hapla* (rechts).

Bei 5°C fand keine Entwicklung von *M. hapla* statt (Abb. 33). Der Anteil embryonaler Eier schwankte über den gesamten Zeitraum zwischen 83% und 89%, der Anteil geschlüpfter Juveniler lag unter 0,3%. **Bei 10°C** entwickelte sich ein Teil der Eier und der Anteil juveniler Eier stieg von 11% auf 35%. Ein Schlupf der Juveniler trat aber nicht auf. Mit weiter steigender Temperatur nahm auch die Entwicklung von *M. hapla* zu. **Bei 15°C** stieg der Anteil juveniler Eier von anfangs 15% auf 53% und bis Versuchsende waren 4,7% der Juveniler geschlüpft. **Bei 20°C** kam es zu einer raschen Entwicklung der Eier vom embryonalen zum juvenilen Stadium und Schlupf der Tiere. Letzterer betrug 35% nach 27 Tagen.

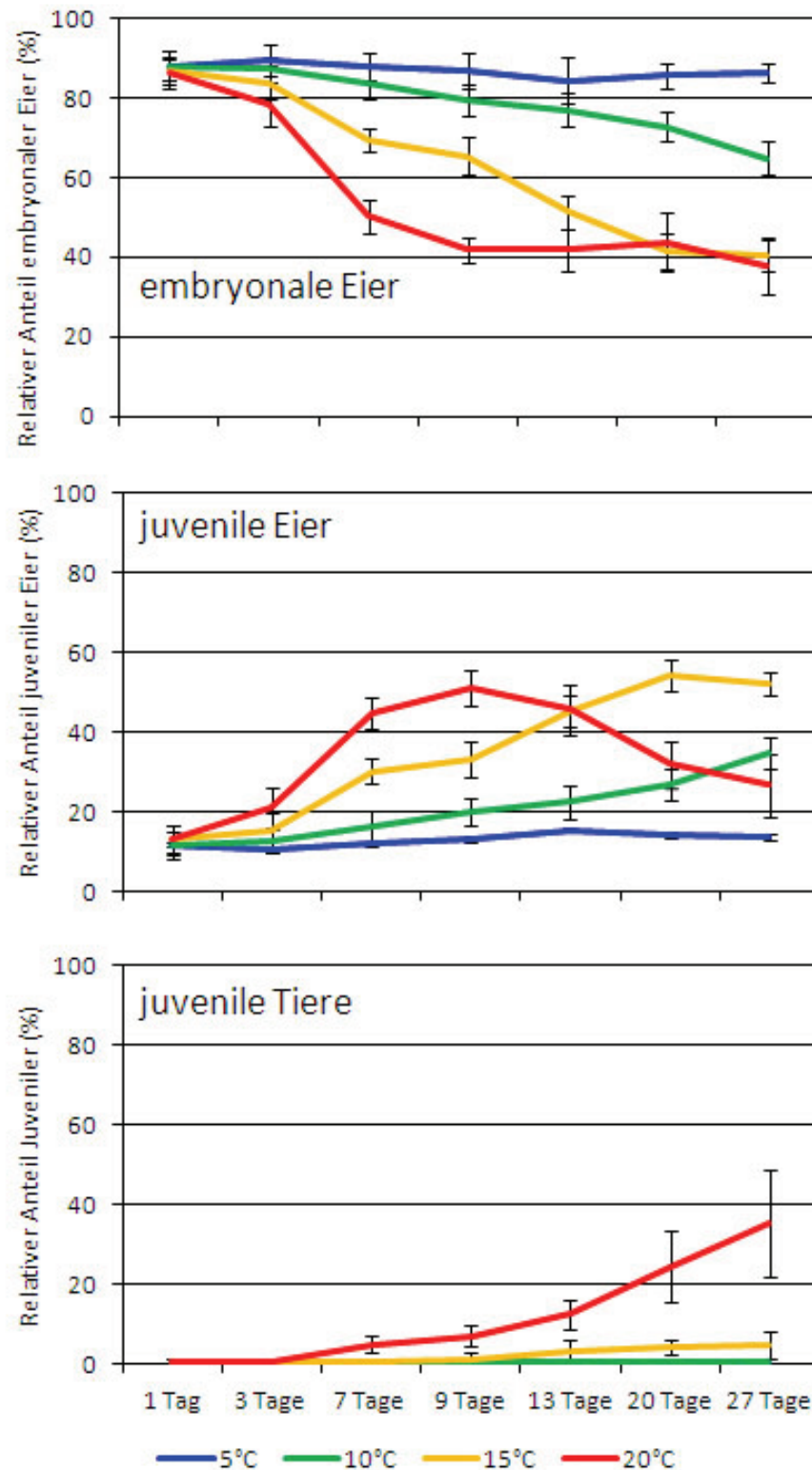


Abb. 33: Einfluss der Temperatur auf den relativen Anteil embryonaler Eier (oben), juveniler Eier (mitte) und geschlüpfter Juveniler (unten) über 27 Tage (n = 12).

Fazit

Die Untersuchungen lassen vermuten, dass bei Temperaturen zwischen 10 und 15°C zwar eine Entwicklung der Tiere im Ei erfolgt, diese aber erst bei Temperaturen um die 20°C in nennenswertem Umfang schlüpfen.

II) Entwicklung von *Meloidogyne hapla* nach Umbruch der Pflanze – Teil 1 (Interne Kennung: HAL180)

Die Untersuchungen sollten zeigen, welchen Einfluss der Umbruchtermin einer Kultur auf die Vermehrung von *M. hapla* und somit den Befall einer Folgekultur hat. Die Untersuchungen wurden modellhaft an Tomate cv. Moneymaker durchgeführt. Dringen *Meloidogyne*-Juvenile in die Wurzel ein, induzieren sie innerhalb weniger Stunden ein Nährgewebe in der Wirtspflanze und werden sedentär (immobil). Sie können die Wirtspflanze dann nicht mehr verlassen und würden bei einer Zerstörung (= Umbruch) dieser ebenfalls zugrunde gehen. In dem Versuch wurde eine Reihe dicht gestaffelter Umbruchtermine gewählt, um möglichst genau den Zeitpunkt einer Vermehrung von *M. hapla* zu erfassen. Zusätzlich sollte aufgezeigt werden, wie viele bereits eingedrungene Tiere die Wurzel wieder verlassen können, bevor sie sedentär werden.

Insgesamt wurden 11 Umbruchtermine simuliert: 3, 7 und 10 Tage sowie 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 Wochen nach Inokulation von *M. hapla*. Pro Umbruchtermin wurden 16 Tomatenpflanzen angesetzt, d. h. 176 Pflanzen für den gesamten Versuch. Der Versuch wurde in 10er Töpfen mit 500 ml Felderde durchgeführt. Alle Pflanzen wurden mit 2500 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert, d. h. 500 Juvenile/100 ml Boden. Die Bodentemperatur betrug während der gesamten Versuchsperiode $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. An den ersten beiden Umbruchterminen wurden die Wurzeln von je 8 Tomatenpflanzen mit Säurefuchsin angefärbt und die Anzahl eingedrungener Tiere bestimmt. Für die Umbruchtermine 10 Tage nach Inokulation und später war das Wurzelsystem zu umfangreich für eine Zählung der eingedrungene juvenilen Nematoden. Hier wurde stattdessen an ebenfalls 8 Pflanzen/Termin die Anzahl Gallen und Eiermassen erfasst.

Zu jedem Umbruchtermin wurden zudem von weiteren 8 Tomatenpflanzen die Wurzel gründlich von anhaftender Erde gewaschen, in 2 cm Segmente geschnitten (Simulation Umbruch) und in einen 10er Topf mit zuvor gedämpfter Felderde gegeben. In diese Töpfe wurde je eine 3 Wochen-alte Tomatenpflanze cv. Moneymaker pikiert (Biotest). Alle Tomaten im Biotest wurde nach jeweils 9 Wochen auf Anzahl Gallen und Eiermassen ausgewertet. Als Kontrolle dienten nicht mit *M. hapla* inokulierte Tomatenpflanzen. Über den gesamten Versuchszeitraum wurde die Bodentemperatur erfasst.

Nematodenbefall zum Zeitpunkt des Umbruchs

Mit zunehmender Zeit nach Inokulation von *M. hapla* stieg die Anzahl eingedrungener juveniler Tiere (Abb. 34). Bereits 10 Tage nach Inokulation wurden die ersten Gallen an den Tomatenwurzeln beobachtet (Abb. 35). Die Anzahl Gallen stieg bis zur 6. Woche an, verblieb von der 6. bis zur 8. Woche auf diesem Niveau und stieg zur 9. Woche wieder an. Der erneute Anstieg nach 9 Wochen ist vermutlich auf die zweite Generation von *M. hapla* zurückzuführen, da die für den Abschluss einer Generation erforderliche Temperatursumme von 450°C (Abb. 37) bereits 6 Wochen nach Inokulation erreicht war. Die ersten Eiermassen traten 4 Wochen nach Inokulation auf (Abb. 36), d. h. bei einer Temperatursumme von ca. 349°C . Über die Zeit nahm die Anzahl der Eiermassen, wie auch deren Größe, zu.

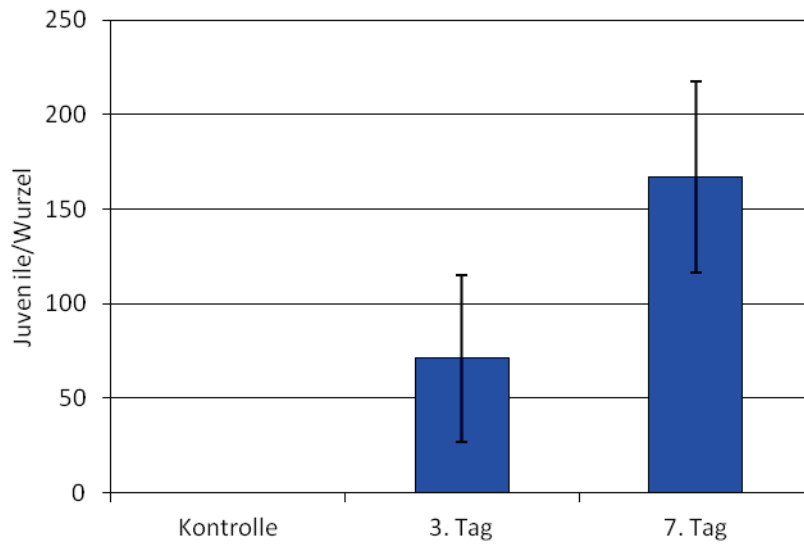


Abb. 34: Anzahl eingedrungener Juvenile von *Meloidogyne hapla* in Tomate 3 und 7 Tage nach Inokulation (n = 8).

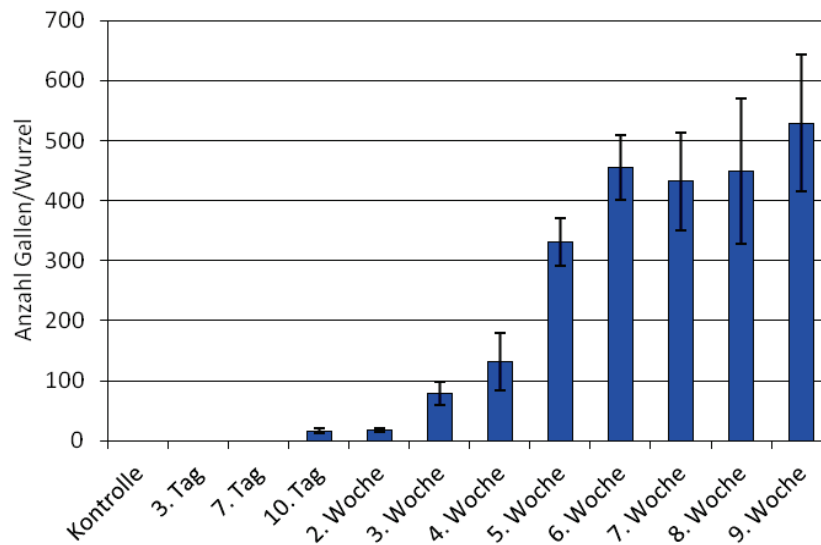


Abb. 35: Entwicklung der Anzahl Gallen von *Meloidogyne hapla* an Tomate über die Zeit (n = 8).

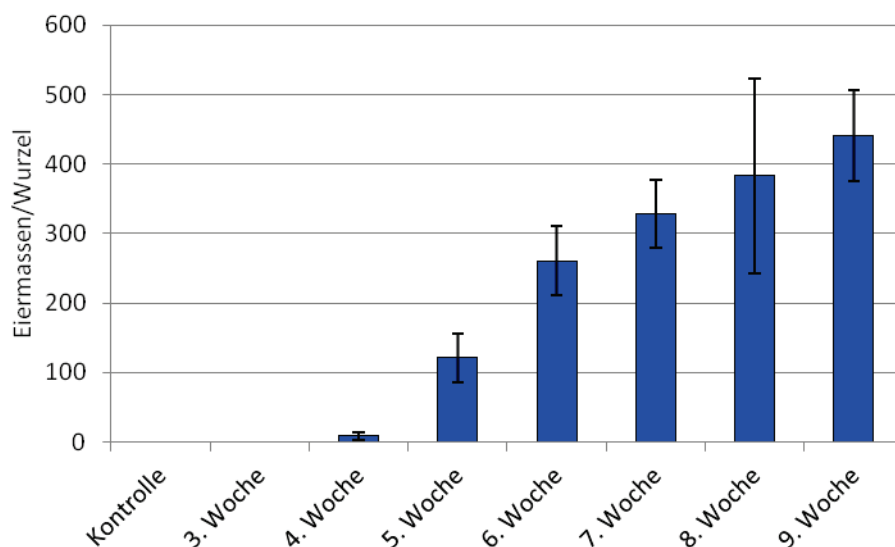


Abb. 36: Entwicklung der Anzahl Eiermassen von *Meloidogyne hapla* an Tomate über die Zeit (n = 8).

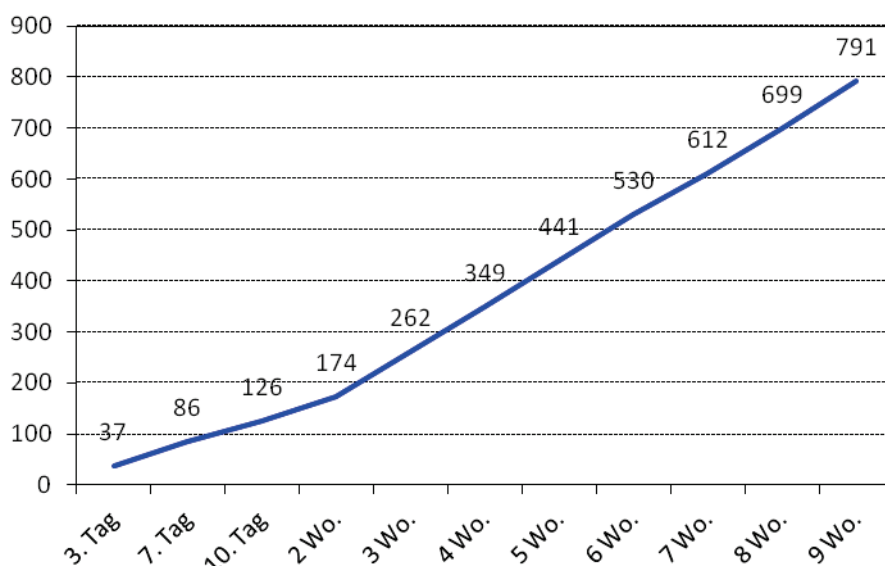


Abb. 37: Entwicklung der Temperatursumme über die Zeit.

Vermehrung von *Meloidogyne hapla* im Biotest

Mit dem zweiten Set von je 8 Pflanzen pro Umbruchtermin wurde ein Biotest angesetzt, um zu sehen, ab welchem Zeitpunkt die von *M. hapla* befallenen Wurzeln einen erneuten Befall an frischen Pflanzen verursachen können. Die Tomaten des Biotests wurden jeweils 9 Wochen nach Ansatz ausgewertet. Zu diesem Zeitpunkt war die erste Generation von *M. hapla* sicher abgeschlossen und juvenile Tiere der zweiten Generation hatten die Wirtspflanze bereits erneut befallen. Auswerteparameter waren die Anzahl gebildeter Gallen (nicht dargestellt) und Eiermassen.

Wurden Tomatenwurzeln 3, 7 und 10 Tage nach Inokulation mit *M. hapla* entnommen, gewaschen, zerkleinert und in den Biotest gegeben, konnte eine Vermehrung von *M. hapla* im Biotest beobachtet werden (Abb. 38). Vermutlich sind Juvenile, die zwar in die

Tomatenwurzel eingedrungen, aber noch nicht sedentär waren, aus den zerkleinerten Wurzeln wieder ausgewandert und haben sich an den Tomaten im Biotest vermehrt. Zwei und drei Wochen nach Inokulation war dieser Effekt deutlich niedriger ausgeprägt, vermutlich weil die zuvor inokulierten Juvenilen bis dahin überwiegend in die Wirtspflanze eingedrungen waren und sedentär wurden. Ab der 4. Woche konnten dann wieder ein erhöhtes Auftreten von Eiermassen beobachtet werden, da nun zunehmend Tiere ihre Entwicklung abgeschlossen hatten. Unklar ist jedoch, ob zu diesem Zeitpunkt schon juvenile Tiere in den Eiermassen auftaten, oder ob sich nach dem Zerkleinern der Wurzeln die Tiere in den Eier erst noch weiterentwickelten, bevor sie dann die Tomaten im Biotest befielen.

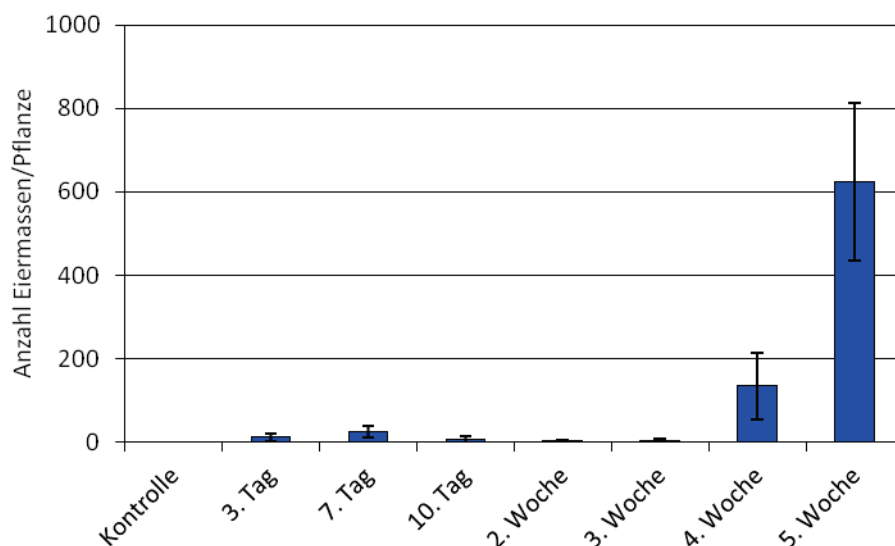


Abb. 38: Entwicklung der Anzahl Eiermassen von *Meloidogyne hapla* im Biotest an Tomate über die Zeit (n = 8).

Fazit

Einzelne juvenile Tiere von *M. hapla* können die Wurzel auch nach erfolgter Eindringung wieder verlassen, wenn diese zum Beispiel geschädigt wird. Ein Verlassen der Wurzel ist aber nur in den ersten Tagen nach Inokulation möglich.

Erste Gallen wurden 10 Tage nach Inokulation (Temperatursumme = 146°C) juveniler Tiere beobachtet.

Erste Eiermassen wurden 4 Wochen nach Inokulation (Temperatursumme = 349°C) juveniler Tiere beobachtet, d. h. die Vermehrung begann bereits bei einer Temperatursumme deutlich unter dem Ausgangswert von 450°C.

Ab der 5. Woche (Temperatursumme = 441 °C) begann die Hauptvermehrung von *M.*

III) Entwicklung von *Meloidogyne hapla* nach Umbruch der Pflanze – Teil 2 (Interne Kennung: HAL189)

Die Untersuchungen sollten zeigen, welchen Einfluss der Umbruchtermin einer Kultur auf die Vermehrung von *M. hapla* und somit den Befall einer Folgekultur hat. In Anknüpfung an den

vorherigen Versuch wurden die Untersuchungen nun an Inkarnatklée cv. Heusers Ostsaaat und Winterwicke cv. Minnie durchgeführt.

Die Leguminosen wurden in 10er Töpfen, gefüllt mit 700 ml Felderde, angezogen und nach 7 Tagen mit 3500 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Ab einer Temperatursumme von 331°C bezogen auf den Inokulationszeitpunkt wurden alle zwei Tage bei jeweils 10 Töpfen die Leguminosen in 2 cm Stücke geschnitten und in das Bodensubstrat eingemischt (Simulation des Pflanzenumbruchs). In das so bearbeitete Substrat wurde als Bioindikator für den Nematodenbefall eine zwei Wochen alte Tomate cv. Moneymaker gepflanzt. Insgesamt wurden acht Umbruchtermine simuliert, d. h. bis zu einer Temperatursumme von 469°C. Zur Auswertung wurde der Gallindex ermittelt. Auf einer Skala von 0 (keine Gallen) bis 10 (Wurzelsystem komplett vergallt, Pflanze abgestorben) wurden Boniturnoten zwischen 2 (wenige kleine Gallen) und 6 (Seitenwurzeln stark vergallt, mittlerer Befall der Hauptwurzel mit Gallen) erzielt. Bereits bei einer Temperatursumme von 331°C hatte einer Vermehrung von *M. hapla* stattgefunden (Abb. 39). Die beiden Kulturpflanzen unterschieden sich nur minimal in ihrem Gallindex, d. h. *M. hapla* konnte sich vergleichbar entwickeln.

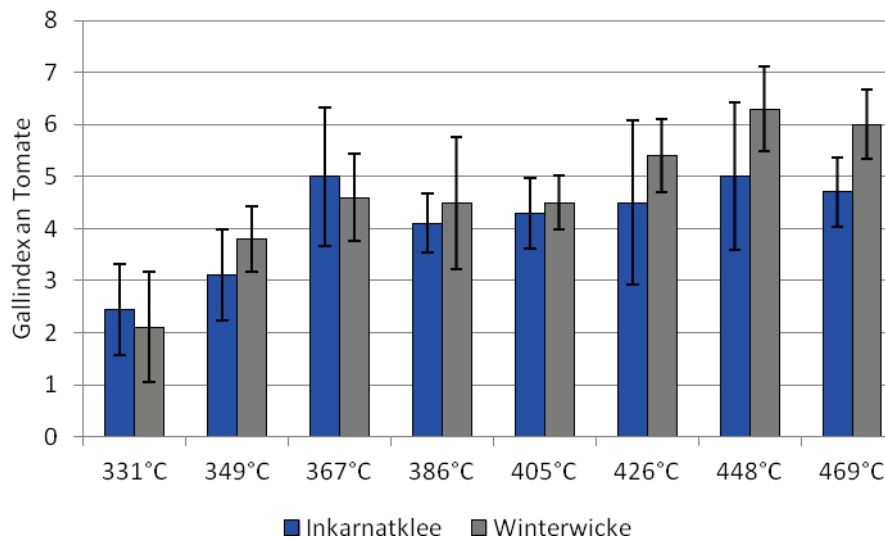


Abb. 39: Gallindex an Tomate im Biotest nach Einarbeitung der Wurzeln von Inkarnatklée und Winterwicke bei entsprechender Temperatursumme (n=10).

Fazit

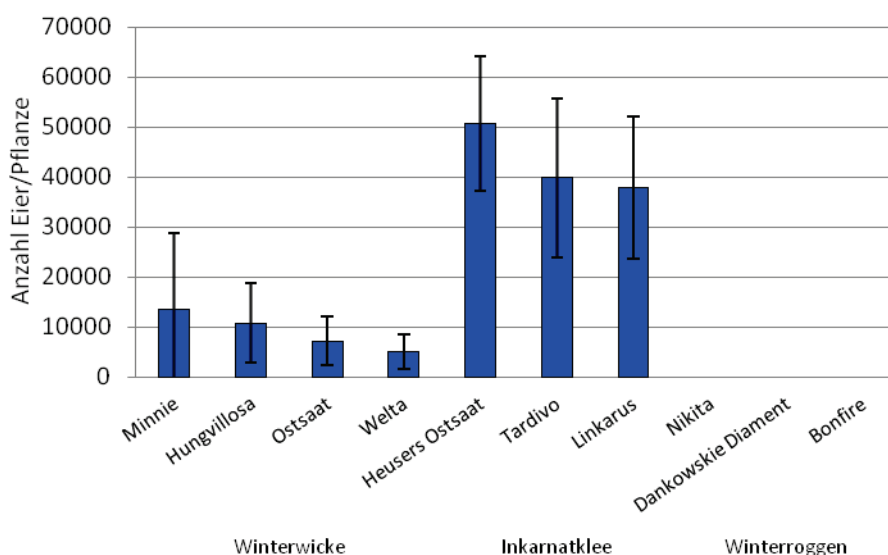
Bereits ab einer Temperatursumme von 331°C erfolgte eine Vermehrung von *M. hapla*, sowohl bei Inkarnatklée als auch bei Winterwicke.

Die Entwicklungsdauer von *M. hapla* war in beiden Legumiosenarten vergleichbar.

IV) Untersuchungen zum Wirtspflanzenstatus von Winterwicke, Inkarnatklee und Winterroggen für *Meloidogyne hapla* – Teil 1 (Interne Kennung: HAL187)

Für die im Feldversuch eingesetzten Mischungspartner Winterwicke, Inkarnatklee und Winterroggen wurde der Wirtspflanzenstatus für *M. hapla* unter standardisierten Bedingungen erfasst. Es wurden verschiedene Sorten gewählt, um die Variabilität innerhalb der Kulturpflanzenart zu erfassen. Pro Sorte wurden jeweils 20 Einzelpflanzen in 100 ml Faltschachteln angezogen und nach 7 Tagen mit 815 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Bei Erreichen einer Temperatursumme von 616°C, d. h. kurz vor Abschluss der zweiten Generation wurde die Anzahl Eier von *M. hapla* nach Extraktion in 1% Chlor bestimmt.

Alle Sorten von Inkarnatklee zeigten eine deutlich stärkere Vermehrung von *M. hapla* als die untersuchten Winterwickesorten (Abb. 40) und waren damit die besseren Wirtspflanzen. Innerhalb der Leguminosenarten traten nur geringe Unterschiede zwischen den Sorten auf. Die höchste Vermehrungsrate bei Winterwicke zeige die Sorte Minnie, bei Inkarnatklee die Sorte Heusers Ostsaat. Roggen als Nicht-Wirtspflanze führte erwartungsgemäß zu keiner Vermehrung von *M. hapla*.



Abb, 40: Anzahl Eier von *Meloidogyne hapla* an unterschiedlichen Sorten von Winterwicke, Inkarnatklee und Winterroggen (n=20).

Fazit

Inkarnatklee ist ein besserer Wirt für *M. hapla* als Winterwicke.

Innerhalb der Leguminosenart unterschieden sich die Sorten nur wenig hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für *M. hapla*.

V) Untersuchungen zum Wirtspflanzenstatus von Winterwicke, Inkarnatklee und Winterroggen für *Meloidogyne hapla* – Teil 2 (Interne Kennung: HAL218)

In Anlehnung an die vorherigen Untersuchungen wurde der Versuch wiederholt, wobei eine weitere Sorten mit aufgenommen wurde und eine differenziertere Auswertung erfolgte.

Pro Sorte wurden jeweils 24 Einzelpflanzen in 100 ml Faltschachteln angezogen und nach 7 Tagen mit ca. 800 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Anhand von 6 Einzelpflanzen wurde nach 7 Tage die Eindringung von *M. hapla* ermittelt. Für die verbleibenden 18 Einzelpflanzen wurde bei Erreichen einer Temperatursumme von 550°C die Vermehrungsrate bestimmt. Hierzu wurden die Wurzeln vorsichtig aus dem Anzuchtsubstrat entnommen und die Anzahl Eier und Juveniler nach Extraktion der Wurzeln mit 1% Chlor erfasst.

Insgesamt variierten die Eindringungsraten von *M. hapla* innerhalb der untersuchten Sorten recht stark (Abb. 41). Tendenziell zeigte sich eine etwas höhere Eindringungsrate für drei der vier Winterwickensorten im Vergleich zu den Inkarnatkleesorten. Wie schon im vorherigen Versuch bestätigt, zeigte sich auch hier wieder die bessere Wirtseignung von Inkarnatklee gegenüber Winterwicke (Abb. 42). Innerhalb einer Kulturpflanzenart waren die Unterschiede der Sorten gering, so dass sich hieraus keine Empfehlung hinsichtlich weniger anfälliger Sorten für die Praxis ableiten lässt.

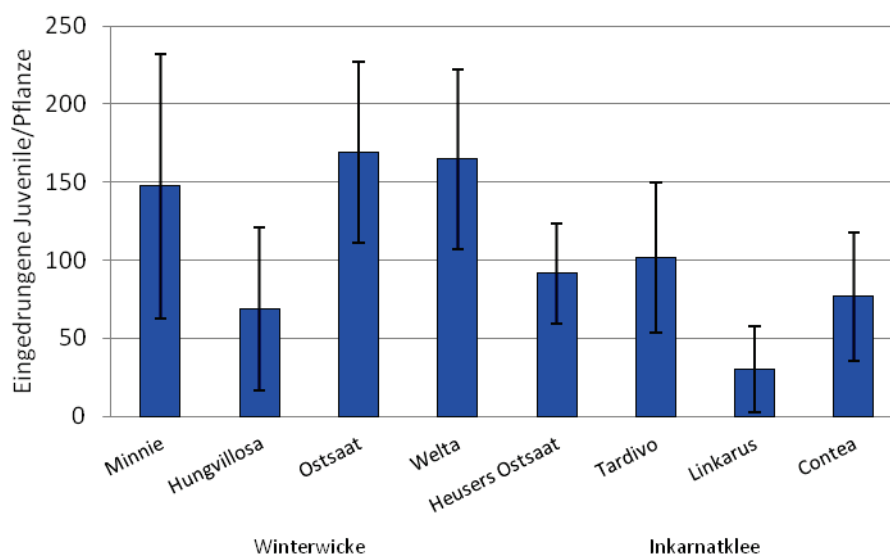


Abb. 41: Anzahl eingedrungener juveniler Tiere von *Meloidogyne hapla* an unterschiedlichen Sorten von Winterwicke und Inkarnatklee (n=6).

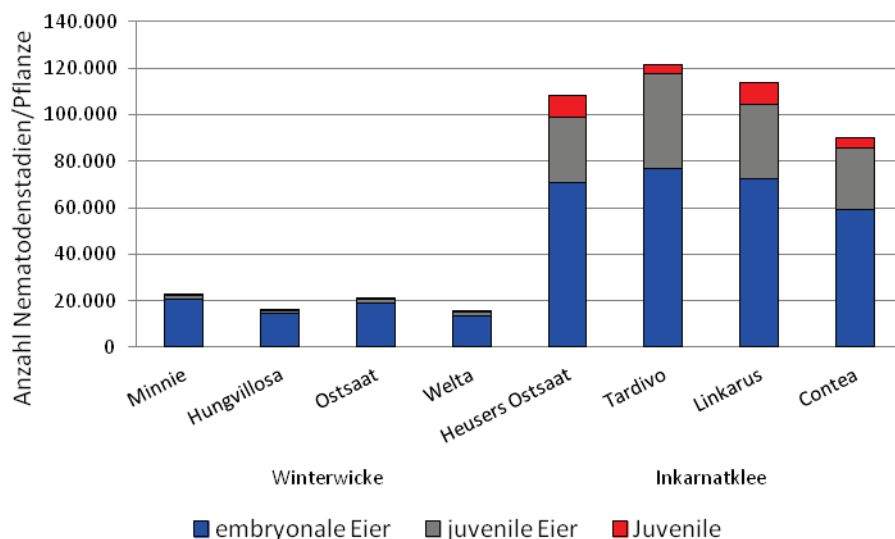


Abb. 42: Anzahl embryonaler Eier, juveniler Eier und juveniler Tiere von *Meloidogyne hapla* an unterschiedlichen Sorten von Winterwicke und Inkarnatklees (n=18).

VI) Einfluss niedriger Temperaturen auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla*: Simulation Winter – Teil 1 (Interne Kennung: HAL188)

Die Untersuchungen sollten zeigen, inwieweit sich eine Periode niedriger Temperaturen (Simulation Winter) auf die Entwicklung von *M. hapla* auswirkt. Hierzu wurden Inkarnatklees cv. Heusers Ostsaat und Winterwicke cv. Minnie in 350 ml-Töpfen gesät und nach sieben Tagen mit 1750 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Bei einer Temperatursumme von 100°C, 200°C, 300°C und 400°C wurden jeweils 10 Töpfe mit Pflanzen in den Kühlraum (5°C) gestellt. Die Pflanzen erhielten 14 Stunden/Tag künstliches Licht (Gewächshauslampen). Weitere 10 Pflanzen verblieben im Gewächshaus als Kontrolle für „normale“ Entwicklung. Nach 8 Wochen Kühlagerung kamen die Pflanzen zurück ins Gewächshaus. Bei Erreichen einer Temperatursumme von 450°C wurde die Vermehrung von *M. hapla* bestimmt. Die Wurzeln wurden vorsichtig aus dem Anzuchtsubstrat entnommen und gewaschen und danach wurde die Anzahl Eier und Juveniler nach Extraktion der Wurzeln mit 1% Chlor erfasst.

Sowohl bei Inkarnatklees als auch bei Winterwicke wurden ausschließlich embryonale Eier beobachtet, d. h. die Weibchen hatten mit der Eiablage gerade erst begonnen (Abb. 43). In der Kontrolle kam es zu einer deutlichen Vermehrung von *M. hapla*. Interessanterweise wurde die höchste Vermehrung bei Winterwicke beobachtet, obgleich sich in vorherigen Versuchen (s. oben) Inkarnatklees als die bessere Wirtspflanze gezeigt hatte. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der schlechten Entwicklung des Inkarnatklees liegen. Der Inkarnatklees entwickelte sich allgemein schlecht mit kleinen Pflanzen und wenigen Blättern und insgesamt hohen Ausfällen während der Kühlperiode. Die Kühlperiode führte zu einer deutlichen Reduzierung der Vermehrung von *M. hapla*. Diese Reduzierung war unabhängig vom Zeitpunkt des Eintretens der Kühlperiode.

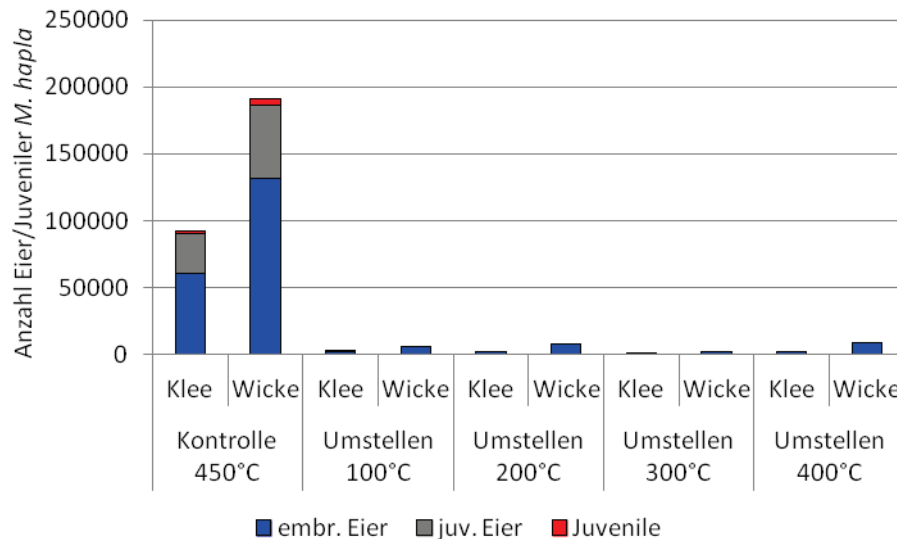


Abb. 43: Einfluss unterschiedlichen Einsetzens kühler Temperaturen (Umstellen) auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* an Inkarnatklee (Klee) und Winterwicke (Wicke) (n=10).

VII) Einfluss niedriger Temperaturen auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla*: Simulation Winter – Teil 2 (Interne Kennung: HAL205)

Da im vorherigen Versuch keine Entwicklung von *M. hapla* erkennbar war, wurde der Versuch wiederholt und nun bei einer Temperatursumme von 650°C ausgewertet. Inkarnatklee und Winterwicke wurden in 700 ml-Töpfen gesät und nach sieben Tagen mit 3500 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Bei einer Temperatursumme von 100°C, 200°C und 300°C wurden jeweils 12 Töpfe mit Pflanzen für jeweils 4 Wochen in die Klimakammer (5°C) gestellt und mit 14 Stunden/Tag künstlich beleuchtet. Nach der Kühlperiode wurden die Pflanzen wieder im Gewächshaus aufgestellt. Eine Variante verblieb kontinuierlich im Gewächshaus als „Kontrolle“ für die normale Entwicklung. Sobald die jeweiligen Varianten eine Temperatursumme von 650°C erreicht hatten, wurde die Vermehrung von *M. hapla* (Anzahl Eier und Juvenile/Pflanze) ermittelt. Hierzu wurden die Wurzeln vorsichtig aus dem Anzuchtsubstrat entnommen und die Anzahl Eier und Juveniler nach Extraktion der Wurzeln mit 1% Chlor erfasst.

In allen Varianten kam es, wie auch im Vorversuch, zu einer Vermehrung von *M. hapla*, d. h. der Zeitpunkt der Einsetzens der Kühlperiode (Umsetztermin) scheint keinen grundsätzlich hemmenden Einfluss auf die Entwicklung von *M. hapla* zu haben, führte jedoch zu einer verzögerten Entwicklung bei den Varianten „Umstellen bei 200°C“ und „300°C“ (Abb. 44). Im Gegensatz zu den Ergebnissen des vorherigen Versuches VI zeigte sich diesmal der Inkarnatklee als die bessere Wirtspflanze.

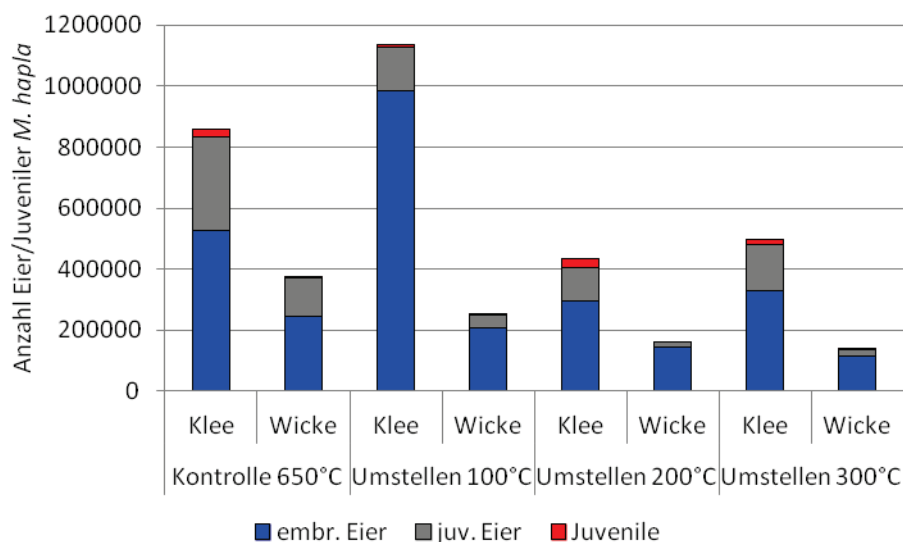


Abb. 44: Einfluss kühler Temperaturen (Umstellen in Kühlraum bei 5°C) zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* an Inkarnatklee (Klee) und Winterwicke (Wicke) (n = 12).

Fazit

Eine Kühlperiode von 5°C bei einer Temperatursumme von 200°C und 300°C führte zu einer deutlich geringeren Vermehrungsrate von *M. hapla* im Vergleich zur Kontrolle ohne Kühlperiode.

Über alle Varianten war die Vermehrung an Inkarnatklee höher als an Winterwicke.

VIII) Einfluss von Frost auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* im Boden – Teil 1 (Interne Kennung: HAL193)

Der Versuch sollte zeigen, ob Eier bzw. Juvenile von *M. hapla* Frost überdauern können und anschließend noch infektiös sind. Hierzu wurden 10er Töpfe mit 350 ml Felderde gefüllt. Die Felderde wurde mit 500 Juvenilen/100 ml Boden, bzw. 1000 Eiern/100 ml inokuliert und vier Wochen bei -18°C (Gefriertruhe), 5°C (Kühlraum) bzw. 20°C (Gewächshaus) gelagert. Im Anschluss wurde in jeden Topf eine 3 Wochen-alte Tomate gepflanzt (Biotest). Bei Erreichen einer Temperatursumme von 450°C wurden die Tomatenwurzeln vorsichtig entnommen und die Eier mit 1% Chlor extrahiert und gezählt. Es wurden nur embryonale Eier gefunden, d. h. die Eiablage hatte gerade erst begonnen.

Bei Lagerung des Bodens über 4 Wochen im Gewächshaus war die Infektiosität von *M. hapla* insgesamt sehr gering (Abb. 45). Allein bei 5°C Lagerung war eine gewisse Überdauerung juveniler Tiere gegeben, die dann im Biotest zu einer Vermehrung führten (2725 Juvenile/Pflanze). Einwirkung von Frost (-25°C) über 4 Wochen unterdrückte die Vermehrung von *M. hapla* an Tomate nahezu vollständig. Sowohl hohe als auch tiefe Temperaturen im Boden haben einen negativen Einfluss auf die spätere Infektiosität der Eier und Juvenilen von *M. hapla*.

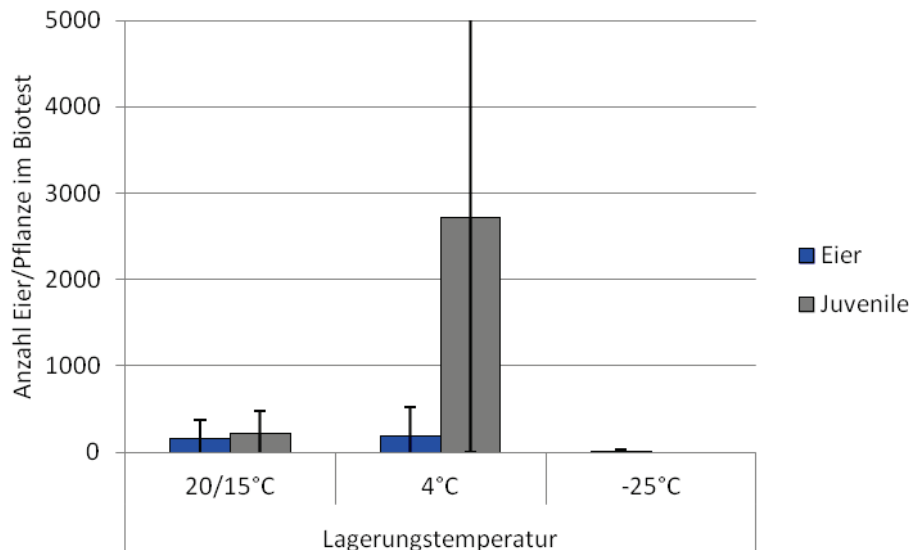


Abb. 45: Einfluss verschiedener Temperaturen die Überdauerung/Infektiosität von Eiern bzw. Juvenilen von *Meloidogyne hapla* im Boden.

Fazit

Sowohl hohe als auch tiefe Temperaturen im Boden haben einen negativen Einfluss auf die spätere Infektiosität der Eier und Juvenilen von *M. hapla*.

IX) Einfluss von Frost auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* im Boden – Teil 2 (Interne Kennung: HAL217)

In Anlehnung an den vorherigen Versuch VIII wurden die Versuchsparameter verfeinert. 100 ml Faltschachten wurden mit Sand gefüllt und mit 800 Juvenilen bzw. 1600 Eiern von *M. hapla* inokuliert. Die Faltschachteln wurden für einen Tag, sowie 7, 28 und 56 Tagen jeweils 5°C, 0°C, -5°C, -10°C oder -25°C ausgesetzt. Im Anschluss wurde in jede Faltschachtel eine 3 Wochen-alte Tomate cv. Moneymaker gepflanzt. Bei Erreichen einer Temperatursumme von 550°C wurden die Tomatenwurzeln gewaschen und der Gallenindex auf einer Skala von 0 (keine Gallen) bis 10 (vollständig vergallt) ermittelt. In der Kontrolle (20/15°C) wurde bereits zum Versuchsansatz eine Tomatenpflanze eingesetzt und diese dann im Gewächshaus aufgestellt.

Tendenziell zeigte sich, dass zunehmend niedrige Temperaturen und zunehmende Einwirkungszeiten sowohl bei Eiern als auch Juvenilen von *M. hapla* zu einer Abnahme von deren Infektiosität führen (Abb. 46 und 47). Zudem konnte gezeigt werden, dass Eier niedrige Temperaturen besser tolerieren können als juvenile Tiere. Selbst frostige Temperaturen von -5 bzw. -10°C konnten von den Eiern über einen kurzen Zeitraum (1-7 Tage) toleriert werden. Bei -25°C wurde die Gallenbildung nahezu vollständig verhindert.

In den zuvor dargestellten Feldversuchen traten zwar Frostperioden in 10 cm Tiefe von 7-21 Tagen auf, die niedrigste Temperatur wurde jedoch mit gerade einmal $-2,8^{\circ}\text{C}$ in 2008/09 gemessen. Somit ist im Freiland nicht von einer nachhaltigen Reduzierung des Nematodeninokulums im Boden durch Frost auszugehen. Dies konnte auch im Mikroplot-Versuch (Versuch X, siehe unten) bestätigt werden.

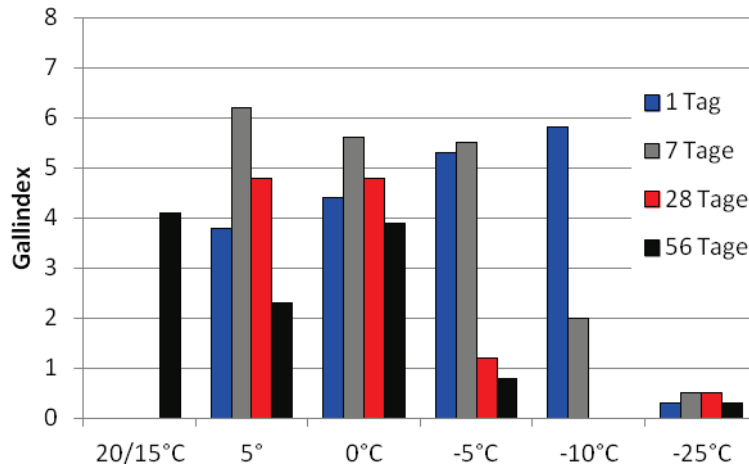


Abb. 46: Einfluss der Bodentemperatur auf die Überdauerung/Infektiosität der Eier und daraus geschlüpfter juveniler Tiere von *Meloidogyne hapla* im Biotest.

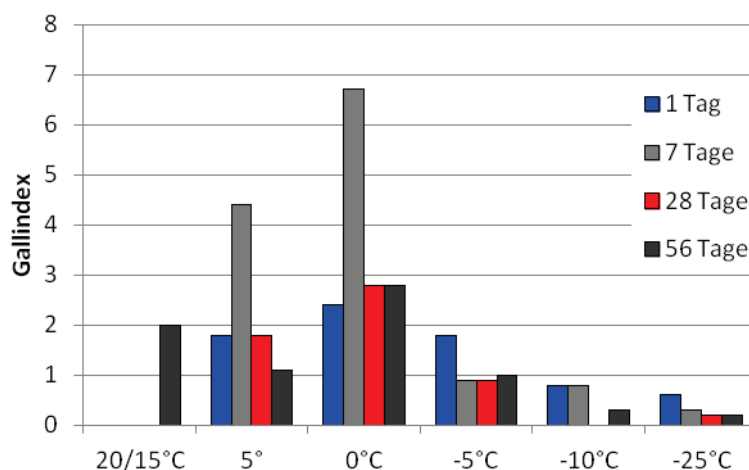


Abb. 47: Einfluss der Bodentemperatur auf die Überdauerung/Infektiosität juveniler Tiere von *Meloidogyne hapla* im Biotest.

Fazit

Zunehmende Kältegrade und zunehmende Einwirkungszeiten führen zu einem Rückgang des *M. hapla*-Befalls an Tomate.

Juvenile Tiere reagierten auf Kältegrade empfindlicher als Eier.

X) Einfluss von Frost auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* im Boden – Teil 3 (Interne Kennung: HAL204)

Der Einfluss natürlicher Witterungsbedingungen auf die Entwicklung von *M. hapla* wurde in Mikroplots (1 m²) untersucht. Insgesamt standen 16 Mikroplots mit Besatzdichten zwischen 1008 bis 4692 Juvenilen/100 ml Boden zur Verfügung. Von jedem Mikroplot wurde Boden aus den obersten 20 cm entnommen und in 14er Töpfe gefüllt (2000 ml). In die Töpfe wurde Inkarnatklee cv. Tardivo bzw. Winterwicke cv. Ostsaat Dr. Baumanns ausgesät. Nach Keimung der Pflanzen und Eindringung der Nematoden (ca. 3 Wochen) wurden die Töpfe wieder in die jeweiligen Mikroplots eingegraben. Nach jeweils 1 Tag (09.11.2010), 1 Woche (17.11.2010), 4 Wochen (13.12.2010) und 8 Wochen (12.01.2011) wurden jeweils 4 Töpfe pro Mikroplot entnommen und wie folgt ausgewertet. Jeweils 2 Töpfe dienten zur Bestimmung der Anzahl eingedrungener Tiere, getrennt nach Entwicklungsstadien. Die verbleibenden 2 Töpfe wurden im Gewächshaus bis zum Erreichen einer Temperatursumme von 550°C im Gewächshaus aufgestellt. Sodann wurde die Anzahl Eier und Juveniler nach Extraktion mit 1% Chlor ermittelt. Der Verlauf der Bodentemperatur über den Versuchszeitraum ist in Abb. 48 dargestellt. Am 21.11.2010 fiel die Bodentemperatur dauerhaft unter 8°C. Ab Mitte Dezember 2010 lag die Bodentemperatur dann nur noch knapp über dem Gefrierpunkt.

Hinsichtlich der Eindringung von *M. hapla* zeigte sich über die Zeit erstaunlicherweise eine leichte Abnahme (Abb. 49). Unklar ist, ob dies auf ein Absterben der Tiere in der Wurzel zurückzuführen ist, oder einen Verlust von Wurzelmaterial (und damit der darin enthaltenen Tiere) infolge der Versuchsauswertung. Die relative Zunahme älterer Stadien (J3 und J4) zeigt, dass sich eingedrungene Tiere in der Pflanze entwickeln konnten. Insgesamt war die Anzahl eingedrungener Tiere aber in allen Varianten sehr gering. Interessanterweise drangen im Gegensatz zu vorherigen Versuchen (s. oben) in Winterwicke mehr Tiere ein als in Inkarnatklee. Auf die Vermehrungsrate hatte dies jedoch keinen Einfluss, diese war bei Inkarnatklee gewohntermaßen höher als bei Winterwicke (Abb. 50).

Nach Erreichen einer Temperatursumme von 550°C sollte die Nematodengeneration bereits sicher abgeschlossen sein, d. h. erste Juvenile bereits geschlüpft und die Masse der Eier juvenile Stadien enthalten. Dies war aber in keinem der vier Varianten feststellbar. Dies ist eigentlich nur dadurch zu erklären, dass nach Einwirken kühler Temperaturen die Entwicklung von *M. hapla* deutlich verzögert ablief.

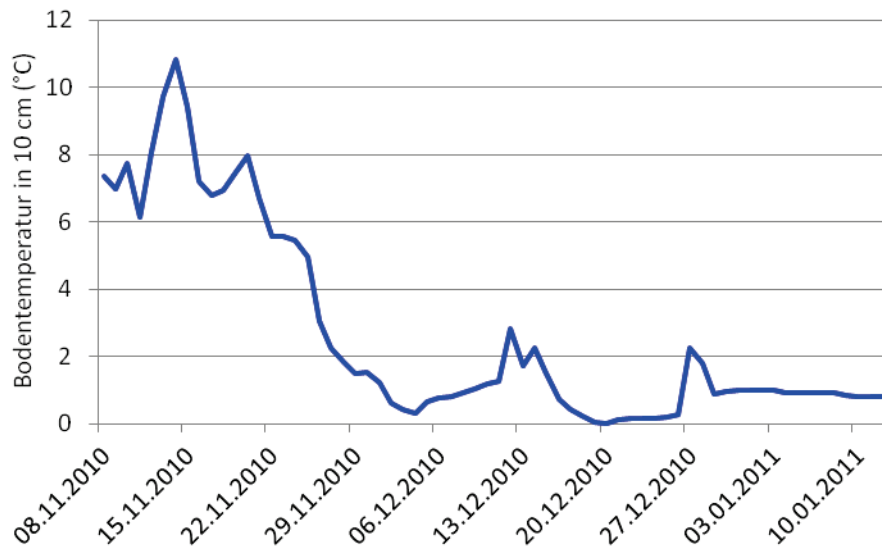


Abb. 48: Verlauf der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe während der Versuchsperiode.

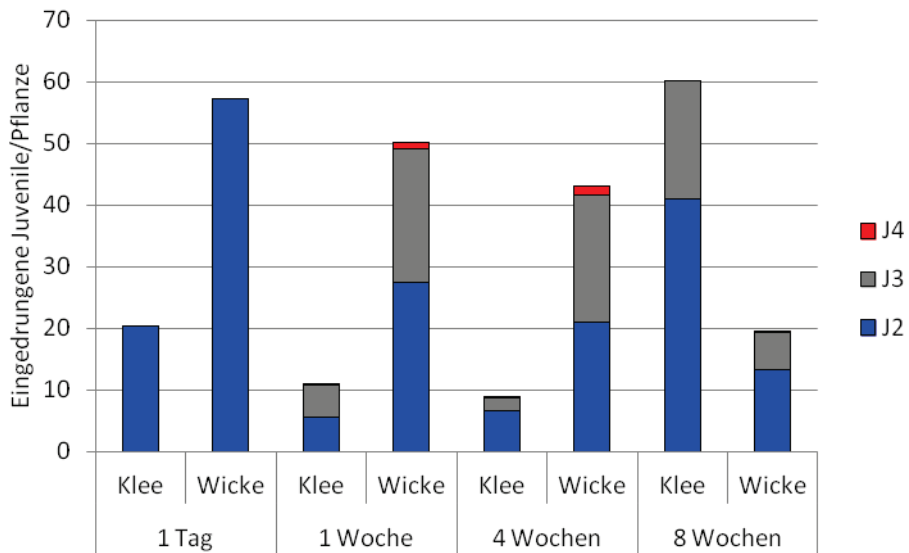


Abb. 49: Einfluss der Kältperiode auf die Anzahl eingedrungener Juveniler von *Meloidogyne hapla* in Inkarnatklee und Winterwicke (n = 3).

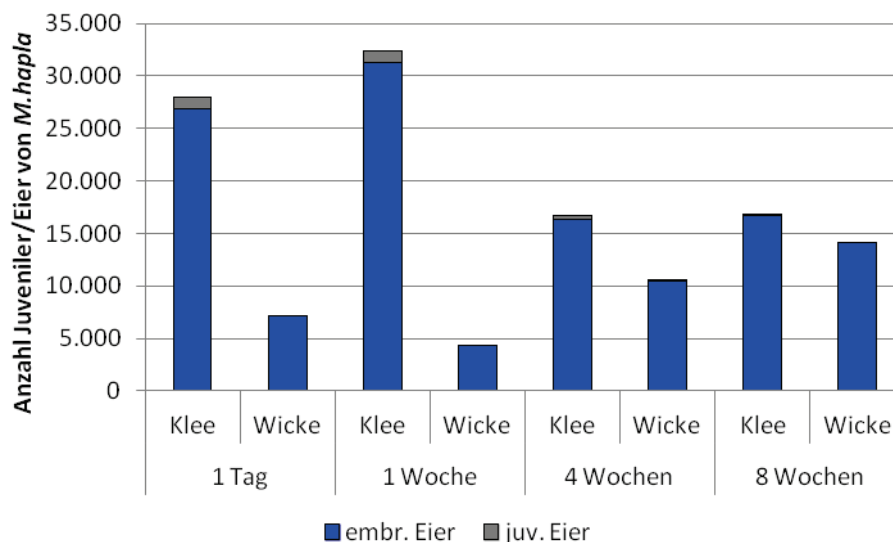


Abb. 50: Einfluss unterschiedlich langer Kälteperioden auf die Neubildung von Eiern und Juvenilen von *Meloidogyne hapla* an Inkarnatklee und Winterwicke (n = 4).

Fazit

Auch unter Freilandbedingungen wurde mit zunehmender Dauer der Kälteperiode die Vermehrung von *M. hapla* reduziert.

XI) Einfluss kühler Temperaturen auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* in der Pflanze – Teil 1 (Interne Kennung: HAL192)

Überprüft wurde die allgemeine Annahme, ob *M. hapla* die Entwicklung in der Pflanze bei Temperaturen unter 8°C einstellt (Winter) und bei Temperaturen über 8°C (Frühjahr) wieder fortsetzt. Dies wurde in einem Topfversuch simuliert. Hierzu wurden Tomaten cv. Moneymaker in 10er-Töpfen mit 700 ml Felderde angezogen und nach zwei Wochen mit 3500 Juvenilen inokuliert. Sieben Tage nach der Inokulation wurden die Pflanzen vorsichtig aus dem Substrat entnommen, die Wurzeln wurden gewaschen und die Pflanzen dann in neues (Nematoden-freies) Substrat pikiert. Hierdurch sollte gewährleistet werden, dass nur bereits eingedrungene Tiere in ihrer weiteren Entwicklung berücksichtigt wurden (Ausschluss eines weiteren Neubefalls). Nach weiteren vier Tagen Adaption wurden die Pflanzen für vier Wochen in den Kühlraum (5°C) gegeben und künstlich beleuchtet (14 Stunden/Tag). Die Auswertung erfolgte bei einer Temperatursumme von 840°C und sichtbarem Befall der Pflanzen mit *M. hapla*.

Wurden Pflanzen mit bereits eingedrungenen Juvenilen von *M. hapla* kühlen Temperaturen ausgesetzt, so war deren Entwicklung bei gleicher Temperatursumme deutlich reduziert gegenüber entsprechenden Pflanzen im Gewächshaus (Abb. 51). Diese Ergebnisse bestätigen Beobachtungen aus dem Freiland, wonach Winterbedingungen die Entwicklung von *M. hapla* deutlich stören, so dass das Temperatursummenkonzept von 450°C für eine Generation von *M. hapla* nicht zutrifft. Die Variante „Kühlraum ohne Pflanze“ bestätigte, dass

Juvenile von *M. hapla* Temperaturen von 5°C über vier Wochen gut überdauern können und noch immer infektiös sind.

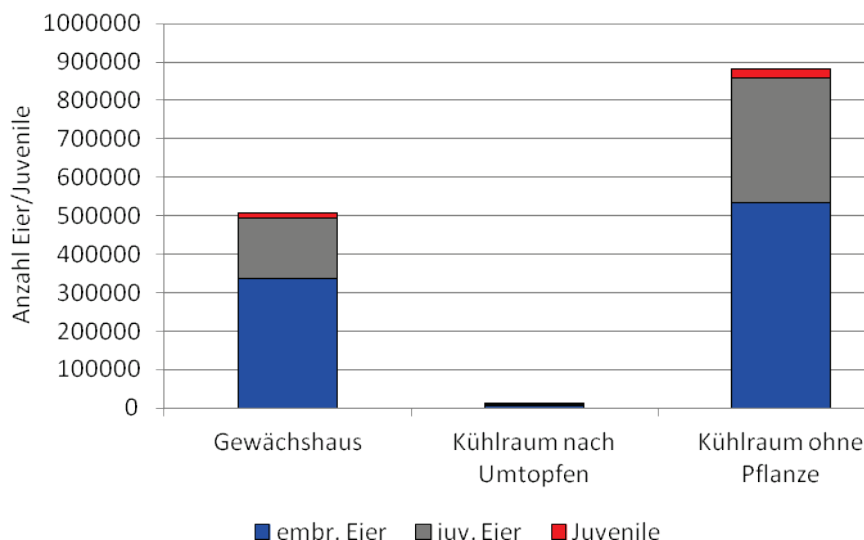


Abb. 51: Einfluss kühler Temperaturen (5°C) auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* getrennt nach embryonalen Eiern, juvenilen Eiern und Juvenilen (n = 10).

Fazit

Kühle Temperaturen von 5°C hemmen nahezu vollständig die Entwicklung von *M. hapla* in der Pflanze.

XII) Einfluss kühler Temperaturen auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla* in der Pflanze – Teil 2 (Interne Kennung: HAL206)

Dieser Versuch stellt eine Wiederholung des vorangegangenen Versuches XI dar, wobei geringe Modifikationen vorgenommen wurden. Inkarnatklée cv. Tardivo und Winterwicke cv. Ostsaat Dr. Baumanns wurden in 12er Töpfen (700 ml) angezogen und nach sieben Tagen mit 3500 Juvenilen von *M. hapla* inokuliert. Nach weiteren sieben Tage wurden die Pflanzen vorsichtig aus dem Substrat entnommen, die Wurzeln wurden gewaschen und die Pflanzen dann in neues (Nematoden-freies) Substrat pikiert. Hierdurch sollte gewährleistet werden, dass nur bereits eingedrungene Tiere in ihrer weiteren Entwicklung berücksichtigt wurden (Ausschluss eines Neubefalls). Die Anzahl eingedrungener Tiere wurden an jeweils 10 Einzelpflanzen ermittelt. Nach vier Tagen Adaption wurden die Pflanzen in eine Klimakammer (5°C) überführt und künstlich beleuchtet (14 Stunden/Tag). Kontrollpflanzen wurden ins Gewächshaus gegeben und bei 20/15°C gehalten. Nach 28 Tagen wurden die Pflanzen ins Gewächshaus gegeben und bei Erreichen einer Temperatursumme von 550°C wurde die Anzahl Eier und Juveniler nach Extraktion der Wurzeln mit 1% Chlor erfasst.

Zum Zeitpunkt des Umtopfens waren beim Inkarnatklée durchschnittlich 82 Juvenile und bei Winterwicke 42 Tiere eingedrungen (Abb. 52 links). Abermals konnte gezeigt werden, dass

zumindest für Inkarnatklee die Entwicklung juveniler Tiere von *M. hapla* durch kühle Temperaturen deutlich reduziert wird (Abb. 52 rechts). Dies bestätigen Beobachtungen aus dem Freiland, wonach Winterbedingungen die Entwicklung von *M. hapla* stören, so dass das Temperatursummenkonzept (450°C für eine Generation von *M. hapla*) für den Entwicklungszeitraum einer Nematodengeneration über kühle Wachstumsperioden hinweg nicht anwendbar ist. Für die geringe Vermehrung von *M. hapla* an Winterwicke konnte keine Erklärung gefunden werden.

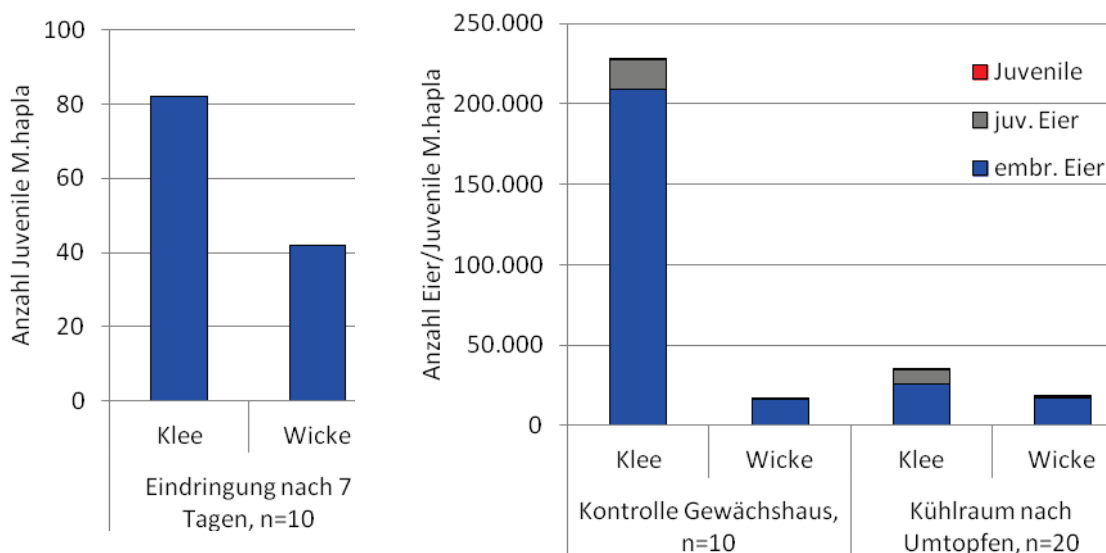


Abb. 52: Eindringung von *Meloidogyne hapla* in Inkarnatklee und Winterwicke vor Beginn der Kühlperiode (links) und Einfluss kühler Temperaturen (5°C) auf die weitere Entwicklung von *M. hapla* in der Pflanze (rechts).

Fazit

Kühle Temperaturen von 5°C hemmen nahezu vollständig die Entwicklung von *M. hapla* in der Pflanze.

5 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch die enge Zusammenarbeit des Julius Kühn-Instituts mit den beratend tätigen Projektpartnern der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und dem Ökoring Niedersachsen konnten die relevanten Ergebnisse des Forschungsvorhabens bereits in die Praxis umgesetzt werden. So haben die Gemüsebauberater des Ökoring Niedersachsen, Florian Rau und Holger Buck, die Erfahrungen aus dem Projekt in ihre Beratungsstrategien für die Landwirte eingebaut. Landwirte und Berater wurden zudem von allen Projektpartnern auf verschiedenen Vortragsveranstaltungen über die aktuellen Forschungsergebnisse informiert und zahlreiche Landwirte haben im Nachgang konkret bei den Projektpartnern angefragt, wie sie diese Erkenntnisse am besten in ihr spezifisches Anbausystem integrieren können. Zusammenfassend wird der Nutzen des Forschungsvorhabens wie folgt gesehen:

Sensitivierung der Landwirte für die Nematodenproblematik: Pflanzenparasitäre Nematoden sind klassische Fruchtfolgeschaderreger, die sich langsam aufbauen und entsprechend schwer zu bekämpfen sind. Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden werden häufig nicht bzw. zu spät wahrgenommen, da oberirdisch keine spezifischen Symptome an der Kulturpflanze erkennbar sind. Dies führt dazu, dass durch pflanzenparasitäre Nematoden verursachtes schlechtes Pflanzenwachstum in der Praxis gerne auf andere Ursachen wie z. B. Boden, Klima, Nährstoffmangel etc. zurückgeführt wird. Auf Vortragsveranstaltungen wurden die Landwirte über diese Zusammenhänge informiert und für eine bessere Wahrnehmung von pflanzenparasitären Nematoden als mögliche Schaderreger sensitiviert.

Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden als Schaderreger: Im Beratungsgebiet der Projektpartner wurden während der Projektlaufzeit über 400 Flächen von 28 Betrieben auf pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. In vielen Fällen konnten pflanzenparasitäre Nematoden als primäre Schadursache diagnostiziert werden. Die Landwirte konnten so die Ursachen für Mindererträge und Qualitätseinbußen in ihren besonders wertvollen Gemüsekulturen auf eigenen Flächen feststellen. Durch die Aussage des Untersuchungsergebnisses zur Besatzdichte und Gattung der jeweils schädlichen Nematoden entstand bei den beteiligten Betrieben ein starkes Bewusstsein für die Notwendigkeit einerseits von Bodenuntersuchungen auf pflanzenparasitäre Nematoden und andererseits Gegenmaßnahmen bei Überschreitung bestimmter Schadschwellen.

Entwicklung eines Anbauverfahrens für Leguminosen ohne gleichzeitige Vermehrung pflanzenparasitärer Nematoden: Leguminosen sind als N-Lieferant für den Ökolandbau unverzichtbar, andererseits hervorragende Wirtspflanzen für *M. hapla* und *Pratylenchus*. Hinzu kommt, dass die Leguminosen absolut tolerant auf einen Befall mit diesen Nematoden reagieren und selbst bei hoher Nematodenvermehrung eine normale Entwicklung zeigen, so dass der Landwirt von einem gesunden Bestand ausgeht. Die Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass bei entsprechendem Anbau von Leguminosen als überwinternde Gründüngung einerseits Stickstoff fixiert, andererseits *M. hapla* reduziert werden kann. Entsprechend sollte auf Problemflächen ein überjähriger Anbau von Leguminosen (z. B. Klee gras) durch eine überwinternde Leguminosen-Gründüngung ersetzt werden.

Die zunächst auf den Versuchsstandorten praktizierten fruchtfolgetechnischen Maßnahmen (Art der Gründüngung, Aussaat- und Umbruchzeitpunkt) dienten als Vorbild für praxistaugliche Regulierungsstrategien, die schnell von betroffenen Landwirten aufgegriffen wurden. Dies lag an dem überzeugenden Versuchsaufbau, der immer auch Negativvarianten enthielt, dem Informationsaustausch der Praktiker untereinander (Feldtage, Besichtigungen) und der Verbreitung der in den Versuchen gewonnenen Ergebnisse durch die Beratung des Ökorings, in dem über 300 ökologisch wirtschaftende Betriebe Norddeutschlands organisiert sind sowie der LWK Niedersachsen für deren Beratungsgebiet.

Das Temperatursummenkonzept ist nicht für überwinternde Kulturen geeignet: Das Temperatursummenkonzept zur Vorhersage der Nematodenentwicklung ist nicht auf überwinternde Kulturen übertragbar. Kühle Temperaturen bzw. Frost hemmen die

Entwicklung der Nematoden stärker als bisher angenommen, teils sogar vollständig. Diese Erkenntnis ermöglicht neue Anbaukonzepte bei der Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden, so z. B. einen bevorzugten Einsatz überwinternder Zwischenfrüchte anstelle von Sommerzwischenfrüchten, insbesondere wenn damit noch ein zusätzlicher Nutzen wie die N-Fixierung verbunden werden kann. Auch konnten durch die gesicherten Erkenntnisse aus den Versuchen die Aussaat- und Umbruchtermine so verändert werden, dass sie den Erfordernissen der Praxis entsprachen. So führt z.B. die möglich gewordene Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes der überwinternden Gründüngung zu gesünderen, sichereren und letztendlich leistungsfähigeren Gründüngungsbeständen, was zu wirtschaftlich bedeutenden Mehrerträgen in der im Folgejahr angebauten Gemüsekultur führte.

Zusammenfassend ist aus Sicht der beteiligten Projektpartner ein enormer Wissenszuwachs in einem, nicht nur für den ökologischen Landbau, bedeutsamen Bereich erzielt worden. Das Verbot der früher üblichen Bodenentseuchungsmittel macht auch im konventionellen Landbau die Entwicklung von pflanzenbaulichen Strategien zur Verhinderung von Nematodenschäden notwendig. Dass dieses Thema im Rahmen des Bundesprogramms auf Ökobetrieben wissenschaftlich bearbeitet und auch deutlich vorangebracht werden konnte, ist ein wichtiger Schritt für die Entwicklung einer umweltverträglichen und ökonomisch erfolgreichen Landwirtschaft.

6 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Für die Feldversuche konnte der Arbeits- und Zeitplan nur bedingt eingehalten werden. Infolge der späten Projektbewilligung (16. Oktober 2008) wurde in 2008 nur ein Feldversuch angesetzt. Für diesen Feldversuch stellte sich zudem heraus, dass der Zeitaufwand deutlich höher ist als ursprünglich angenommen. Hinzu kam die späte Einstellung des wiss. Mitarbeiters zum 01. April 2009. Dieser Mitarbeiter hat zum 31.08.2009 gekündigt, die Stelle wurde erneut ausgeschrieben und zum 1. Oktober 2009 wieder besetzt. Die dadurch bedingten personellen Engpässe bei der Betreuung und Auswertung des Feldversuches wurden vom Ökoring Niedersachsen und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen aufgefangen, so dass der Feldversuch insgesamt erfolgreich durchgeführt werden konnte.

Etwas unbefriedigend war die Tatsache, dass N_{\min} im Boden entsprechend der ursprünglichen Planung pro Wiederholung (= 16 Proben) und nicht pro Parzelle (= 48 Proben) erfasst wurde, so dass für die Kombination Aussaattermin x Umbruchtermin nur ein Wert zur Verfügung stand. Da eine Beprobung aller Parzellen innerhalb eines Versuches als wichtiger erachtet wurde als die Durchführung von zwei Feldversuchen pro Jahr mit nur teilweiser Beprobung, wurde in den beiden folgenden Jahren nur noch je ein Feldversuch/Jahr durchgeführt, der dann entsprechend intensiver beprobt wurde. Ein Feldversuch pro Jahr über drei Versuchsjahre wurde als ausreichend erachtet, um eine gute Datenbasis zur Beantwortung der Arbeitsziele (siehe Vorhabenbeschreibung 06OE052) zu erhalten (Tab. 11).

Zusätzlich aufgenommen wurde der nachfolgende Anbau von Zwiebeln für die ersten beiden Feldversuche inklusive der Erfassung des Zwiebelertrages für einige ausgewählte Varianten. Hierdurch ergaben sich einige interessante Erkenntnisse zur Vorfruchtwirkung der überwinternden Leguminosen-Gründung auf den Ertrag einer nachfolgenden Gemüsekultur.

Bei dem Feldversuch wurde neben *M. hapla* zusätzlich auch die Populationsdynamik von *Pratylenchus* spp. erfasst, so dass hier für die Praxis zusätzliche Ergebnisse erzielt werden konnten.

Beim Monitoring auf Praxisflächen war neben der Erfassung pflanzenparasitärer Nematoden auch die Bestimmung des N-Gehaltes im oberirdischen Aufwuchs vorgesehen. Letzteres erwies sich in der Praxis aber als nicht umsetzbar, da die Kulturen zu völlig unterschiedlichen Terminen umgebrochen wurden, oftmals sehr kurzfristig, so dass keine Probenahme möglich war. Da die meisten der im Monitoring beschriebenen Anti-Nematoden-Strategien zudem nicht darauf angelegt sind, Stickstoff ins System zu liefern, wurde daraufhin auf eine Beprobung des N-Gehaltes verzichtet, um die ohnehin knappen Kapazitäten anderweitig einzusetzen, wie z. B. mehr Flächen für Monitoring (15 statt 10 im ersten Jahr) sowie zusätzliche Gewächshausversuche (siehe unten).

Die Gewächshausversuche wurden wie geplant durchgeführt und durch zusätzliche Versuche ergänzt (Tab. 11).

Tabelle 11: Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlich durchgeführten Feldversuche

A) Feldversuche Geplant (laut Antrag vom 23.06.2008)	Tatsächlich durchgeführt
1) Einfluss von Aussaat- und Umbruchtermin (Zwei Feldversuche pro Jahr) - Besatzdichte von <i>M. hapla</i> - N_{min} im Boden - Stickstoff in der Pflanze - Bodentemperatur	Pro Jahr wurde nur 1 Feldversuch angesetzt. Anstelle des zweiten Feldversuches wurde für die beiden ersten Feldversuche zusätzlich der Zwiebelertrag im Jahr nach Umbruch der Leguminosen-Gründung erfasst. Da auf der Fläche mit <i>Pratylenchus</i> ein weiterer wichtiger Nematode auftrat, wurde dieser mit erfasst. So konnten neue Erkenntnisse für eine zweite Nematodenart gewonnen werden. N_{min} im Boden und Stickstoff in der Pflanze wurde nur ein jeweils 2 Versuchsjahren durchgeführt. Die Daten wurden zur

	Bewertung des Verfahrens als ausreichend erachtet.
2) Monitoring auf Praxisflächen - 10 Praxisflächen pro Jahr	Das Monitoring wurde in 2 Jahren durchgeführt. Insgesamt wurden 23 Flächen erfasst. Der Gesamt-N-Gehalt im oberirdischen Aufwuchs zum Zeitpunkt des Umbruches wurde als wenig relevant für die Aussagefähigkeit einer Nematoden-reduzierenden Maßnahme eingestuft und entsprechend aus Zeit- und Kapazitätsmangel nicht durchgeführt.
B) Gewächshausversuche Geplant (laut Antrag vom 23.06.2008)	Tatsächlich durchgeführt
1) Untersuchungen zur Entwicklung von <i>M. hapla</i> nach Umbruch der Pflanze	Hierzu wurden 2 Versuche erfolgreich durchgeführt.
2) Wirtsstatus der Gründüngungsvarianten für <i>Meloidogyne hapla</i>	Hierzu wurden 2 Versuche erfolgreich durchgeführt.
3) Einfluss kühler Temperaturen auf die Entwicklung von <i>Meloidogyne hapla</i>	Hierzu wurden 2 Versuche erfolgreich durchgeführt plus 2 zusätzliche Versuche zum Einfluss von Frost auf die Entwicklung von <i>M. hapla</i>
Zusätzlich aufgenommene Versuche (laut überarbeitetem Arbeitsplan vom 30.03.2010)	Tatsächlich durchgeführt
4) Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von <i>Meloidogyne hapla</i> in Wasser	Hierzu wurden 2 Versuche erfolgreich durchgeführt.
5) Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von <i>Meloidogyne hapla</i> im Boden	Hierzu wurde 1 Versuche in Mikroplots erfolgreich durchgeführt.
6) Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von <i>M. hapla</i> in der Pflanze	Hierzu wurden 2 Versuche erfolgreich durchgeführt.

7 Zusammenfassung

In den Feldversuchen konnte gezeigt werden, dass bei Anbau einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung es nicht zu einer Vermehrung von *M. hapla* vor Winter kommt. Im Frühjahr erfolgte eine Vermehrung von *M. hapla* ausschließlich bei einer Temperatursumme $> 400^{\circ}\text{C}$ nach Winter, jedoch nicht grundsätzlich, sondern nur bei spätem Aussaatterminen der Leguminosen-Gründüngung, vermutlich weil nur unter diesen Bedingungen die Abreife der Kultur derart verzögert war, dass *M. hapla* die Entwicklung abschließen konnte. Bei frühem und mittlerem Aussaattermin konnte sich *M. hapla* grundsätzlich nicht vermehren, da die Leguminosen-Gründüngung im Frühjahr zeitig abreifte (= Fangpflanzeneffekt). Daraus ableitend ergibt sich für die Praxis folgende Empfehlung: Umbruch der Leguminosen-Gründüngung spätestens bei einer Temperatursumme von 350°C nach Winter, d. h. zur Hauptblüte der Leguminosen bzw. ca. 10. Juni. Insgesamt reichte die reduzierende Wirkung der überwinternden Leguminosen-Gründüngung recht nahe an die Wirkung einer Schwarzbrache heran. Aufgrund der zusätzlichen Vorteile der Gründüngung, wie Nährstoffkonservierung, N-Fixierung, Erosionsschutz etc. ist sie einer Schwarzbrache vorzuziehen.

Pratylenchus spp. konnte sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen vor Winter ebenfalls nicht vermehren. Über die gesamte Anbauperiode der Leguminosen-Gründüngung kam es insbesondere bei frühen Aussaatterminen sowie in Verbindung mit späten Umbruchterminen jedoch in der Regel zu einer Vermehrung von *Pratylenchus* spp. In 2010/11 trat bereits beim ersten Umbruchtermin in allen Gründüngungs-Varianten eine Vermehrung von *Pratylenchus* spp. ein.

In Bezug auf den N_{\min} -Gehalt im Boden zeigte sich, dass drei Wochen nach Umbruch der Leguminosen-Gründüngung keine eindeutigen Unterschiede zwischen den verschiedenen Aussaat- bzw. Umbruchterminen erkennbar waren. Tendenziell kam es zu einem nennenswerten N-Gewinn im Boden beim späten Umbruchtermin. Auch scheint der N-Gewinn bei früher Aussaat höher zu sein als bei später Aussaat im Herbst. Im weiteren Verlauf wurde der pflanzenverfügbare Stickstoff im Boden von der Folgekultur Welsches Weidelgras vollständig aufgenommen; die N_{\min} -Gehalte im Herbst lagen für alle Varianten unter der Nachweisgrenze, d. h. es besteht keine Gefahr einer Auswaschung des Stickstoffs.

Über die Versuchsjahre konnte ein Mehrertrag an Stickstoff in der oberirdischen Pflanzenmasse durch frühe Aussaat erreicht werden, welcher vermutlich auf die guten Wachstumsbedingungen im Herbst zurückzuführen war. Der N-Gehalt in der Pflanze nahm vom frühen zum mittleren Umbruchtermin erwartungsgemäß zu, sank beim späten Umbruchtermin jedoch wieder. Letzteres war vermutlich auf die zunehmenden Samen- und Bröckelverluste beim späten Umbruchtermin zurückzuführen.

Der Biotest, der im Vergleich zur MgSO_4 -Methode zusätzlich auch das Potential der aus Eiern schlüpfenden Juvenilen erfasst, ergab keine klare Aussage zum Einfluss der verschiedenen Aussaat- und Umbruchtermine auf den *M. hapla*-Besatz im Boden. Die insgesamt geringsten Werte wurden in der Regel in der Schwarzbrache gemessen. Zwischen den Probenahmeterminen schwankten die Werte aber teils erheblich, was

möglicherweise auch auf die Durchführung des Biotests zu unterschiedlichen Jahreszeiten zurückzuführen ist.

In den Gewächshausversuchen konnte gezeigt werden, dass Inkarnatklee eine bessere Wirtspflanze für *M. hapla* war als Winterwicke. Sortenunterschiede innerhalb einer Kulturpflanzenart waren eher gering.

Für die Entwicklung im Ei und den Schlupf von *M. hapla* spielt die Temperatur eine entscheidende Rolle. So führen Temperaturen von 15°C zwar zu einer Entwicklung der Juvenilen im Ei, nicht jedoch zum Schlupf. Letzterer erfolgte erst bei Temperaturen über 15°C. Entsprechende Temperaturen werden in der Praxis ca. Mitte Mai erreicht.

Erste fortpflanzungsfähige Nachkommen von *M. hapla* wurden sowohl an Inkarnatklee als auch an Winterwicke bereits bei einer Temperatursumme von 331°C gebildet. Die Hauptvermehrung erfolgte bei einer Temperatursumme von 400-450°C.

Kühle Temperaturen stören die Entwicklung von *M. hapla*. Entscheidend dabei ist vor allem die Dauer und Intensität des Temperaturreizes, weniger der Zeitpunkt des Einsetzens kühler Temperaturen innerhalb der Entwicklung des Nematoden. Zudem reagieren juvenile Stadien empfindlicher auf niedrige Temperaturen als Eier.

Frost bzw. warme Temperaturen um 20°C haben einen negativen Einfluss auf die Entwicklung bzw. spätere Infektiosität von *M. hapla* im Boden. Demgegenüber scheinen juvenile Tiere bei 5°C Bodentemperatur konserviert zu werden, so dass sie nach vier Wochen im Biotest weiter infektiös sind.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass das Konzept der Temperatursumme zur Vorhersage der Nematodenentwicklung kühle Wachstumsperioden nicht berücksichtigt. Temperaturen unter 8°C hemmen die Nematodenentwicklung stärker als bisher angenommen. Für die Praxis heißt dies, dass nach einer kühlen Periode (Winter) erst wieder ein Neubefall erfolgen muss, so dass sich *M. hapla* vermehren kann. Für diese Periode nach Winter kann dann das Temperatursummenkonzept angewendet werden, wobei der Umbruch rechtzeitig vor der Vermehrung von *M. hapla* erfolgen sollte, d. h. bei ca. 350°C.

8 Literaturverzeichnis

- Haas, G. (2003a). Leistungsfähigkeit von Winter-Zwischenfrucht-Leguminosen. In: Freyer, B. (Ed.) Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. 24.02.-26.02.2003, Wien, Universität für Bodenkultur - Institut für ökologischen Landbau, S. 515-516.
- Haas, G. (2003b). Landsberger Gemenge: Artspezifische Konkurrenz und deren Beeinflussung. In: AG Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. 47. Jahrestagung, 28.08.-30.08.2004, Braunschweig, Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, S. 87-90.
- Heinicke, D., Warnecke, H. (2002). *Meloidogyne hapla* – Entwicklungszyklus und Temperatursumme. Versuche im niedersächsischen Öko-Gemüsebau. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, 87-89.
- Heinicke, D., Warnecke, H. (2003). *Meloidogyne hapla* – Entwicklungszyklus und Temperatursumme. Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, 95-98.
- Heinicke, D., Warnecke, H. (2004). *Meloidogyne hapla* – Entwicklungszyklus und Temperatursumme. Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, 35-39.
- Heinicke, D., Warnecke, H. (2006). Regulierungsstrategien gegen pflanzenparasitäre Nematoden in der Fruchtfolge. Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, 46-50.
- Lahtinen, A.E., Trudgill, D.L., Tiilikkala, K. (1988). Threshold temperature and minimum thermal time requirements for the complete life cycle of *Meloidogyne hapla* from Northern Europe. *Nematologica* 34, 443-451.
- Mercer, C. (1990). Development of the nematodes *Meloidogyne hapla* Chitwood and *Heterodera trifolii* Goffart in white clover. *Nematologica* 36, 227-236.
- Paffrath, A., Frankenberg, A. (2005). Nematodes in organic vegetable growing – results of a status-quo-analysis. In: Heß, J., Rahmann, G. (Eds.). Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. 01.03.-04.03.2005, Kassel, Kassel University Press, S. 165-168.
- Vrain, T.C., Barker, K.R. (1978). Influence of low temperature on development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* larvae. *Journal of Nematology* 10, 166-171.

9 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Hallmann, J. (2010) Einfluss von Aussaat- und Umbruchtermin einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung auf die Abundanzdynamik pflanzenparasitärer Nematoden. Vortrag gehalten im Rahmen des Wissenschaftlichen Kolloquiums am JKI in Münster, 20.04.2010.

Johannes Hallmann, Susanne Fittje, Florian Rau, Holger Buck, Hermann Warnecke, Stefan Krüssel (2010) Einfluss kühler Temperaturen auf die Entwicklung von *Meloidogyne hapla*. Vortrag gehalten am Arbeitskreis Nematologie, 16./17.03.2010 in Freiburg.

Fittje, S., Rau, F., Buck, H., Warnecke, H., Krüssel, S., Hallmann, J. (2010) Untersuchungen zu Aussaat- und Umbruchterminen einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung zur Reduzierung von *Meloidogyne hapla* im ökologischen Landbau. Vortrag im Rahmen der Deutschen Pflanzenschutztagung Berlin, 6.-9. Sept. 2010

Fittje, S., Hallmann, J., Rau, F., Buck, H., Warnecke, H., Krüssel, S. (2011): Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Temperatursummen für die Terminierung von Aussaat und Umbruch einer Winterzwischenfrucht zur Kontrolle von *Meloidogyne hapla* im Ökologischen Landbau. In: Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau vom 16.-18. März 2011 in Gießen, Band 1, Verlag Dr. Köster, 322-325.

Fittje, S. (2011): Einsatz von Temperatursummen für die Terminierung von Aussaat und Umbruch einer Winterzwischenfrucht zur Kontrolle von *Meloidogyne hapla* im Ökologischen Landbau. Vortrag gehalten im Rahmen des Wissenschaftlichen Kolloquiums am JKI in Münster, 03.05. 2011.

Fittje, S, Hallmann, J. (2011): Optimale Aussaat- und Umbruchtermine einer überwinternden Leguminosen-Gründüngung für die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden. In: Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen 2010, Hrg. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, im Druck.