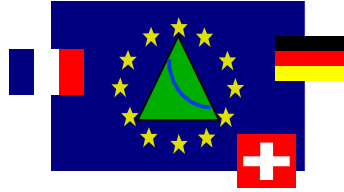


ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



1996-1999

Einführung einer Zwischenfrucht nach Mais und vor einer Sommerfrucht zur Minderung des Risikos der Nitratauswaschung

Zusammenfassung von Versuchsergebnissen 1988 - 1999

Ausgeführt im Rahmen des ITADA-Projekts B4

Projekt gefördert durch die EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II 'Oberrhein Mitte-Süd'

Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA), Schiltigheim (F)
Aurélie Gobillot – Hervé Clinkspoor – Rémi Koller

ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR
Tel.: 00333 89229550 Fax: 00333 89229559 eMail: itada@wanadoo.fr

Vorwort

Die vorliegende Zusammenfassung wurde vom ARAA anhand von Ergebnissen erstellt, die seit 1988 in einer Vielzahl von Versuchen im Elsaß und in Baden ermittelt worden sind.

Beteiligte auf französischer Seite: die AGPM, die Landwirtschaftskammern der Departements Unterelsaß und Oberelsaß, das ITCF, die höheren Schulen für Landwirtschaft in Obernai und Rouffach.

Beteiligte auf deutscher Seite: das IfuL und das Regierungspräsidium Freiburg.

Für ihre Zusammenarbeit bei der Bereitstellung der oftmals schon älteren und zur Interpretation notwendigen Daten und Informationen gilt ihnen unser besonderer Dank!

In den in diesem Bericht vorliegenden Diskussionen bringen die Autoren Schwierigkeiten und Unsicherheitsfaktoren zum Ausdruck: Diese verdeutlichen die Sensibilität der Anbauverfahren gegenüber den Standortverhältnissen und die dadurch bedingte Veränderlichkeit der landwirtschaftlichen und umweltbezogenen Ergebnisse.

Dennoch konnten auf die Region bezogen allgemeine Schlüsse zu Leistung und Grenzen des Zwischenfruchtanbaus nach Mais gezogen werden: Sie stellen das Verfahren als probates Mittel zur Eindämmung aus landwirtschaftlichen Quellen stammender Nitratfreisetzungen dar, ohne daß man behaupten könnte, es liege in ihm eine völlig sichere Patentlösung vor.

INHALTSVERZEICHNIS

Problemstellung: Winter-Schwarzbrache nach Mais	5
1.1 Das Risiko der Auswaschung über Herbst	5
1.2 Vorschläge aus den Regeln der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft in Frankreich	5
1.3 Die Situation im Elsaß	5
1.3 bis Die Situation in Baden Württemberg	6
1.4 Die Suche nach einer Alternative: Einführung einer Zwischenkultur	7
1.4 bis Die rechtliche Situation in Baden-Württemberg	7
Auswertung der verfügbaren Versuche	7
2.1 Beschaffenheit des verfügbaren Datenmaterials	7
2.2 Einführung eines "neuen" Verfahrens	8
Untersaaten im Mais	9
3.1 Das Wachstumspotential-Modell des Weidelgrases	9
3.2 Versuchsergebnisse	13
321 Wird das Wachstumspotential erreicht ?	15
322 Gründe für Mißerfolg beim Weidelgras	18
3.3 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	23
3.4 Grenzen der Leistungsfähigkeit der Untersaat	25
3.5 Ökonomische Aspekte: Die Kosten des Verfahrens	25
Stoppelsaaten	27
41 Das Wachstumsmodell	27
411 Stoppelsaat mit einem Getreide	27
412 Stoppelsaat mit einem Kreuzblüter	28
42 Versuchsergebnisse	32
421 Wird das Potential erreicht?	32
422 Gründe für den schlechten Nutzeffekt	32
423 Auswirkungen auf die Nmin-Gehalte zu Beginn des Winters	33
43 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	33
44 Grenzen der Leistungsfähigkeit der Stoppelsaat	34
45 Ökonomische Aspekte	34
Schlußfolgerungen	35
51 Gesamtergebnis der Untersuchung	35
52 Bilanz der Stärken und Schwächen	36
Zusammenfassung	37
Anhang	41

TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 1, Seite 11 Berechnung des von der ganzen Pflanze (Welsches Weidelgras) unter nicht-limitierenden Bedingungen ab Maisernte bis Vegetationsende entzogenen Stickstoffs
- Tabelle 2, Seite 14 Beschreibung der zwischen 1988 und 1998 im Elsaß durchgeführten Versuche mit Untersaaten

(Tabelle ohne Nummer und Überschrift 12)

- Tabelle 3, Seite 17 Versuchsanalyse Elsaß 1988 - 1998
- Tabelle 4, Seite 22 Zusammenstellung der verschiedenen Versuche mit Untersaaten, durchgeführt zwischen 1994 und 1998 in Baden
- Tabelle 5, Seite 31 Ergebnisse Stoppelsaaten

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1, Seite 10 Biomasseproduktion der oberirdischen Teile von Welschem Weidelgras unter nicht-limitierenden Bedingungen
- Abbildung 2, Seite 12 Theoretische Stickstoffaufnahme durch Welsches Weidelgras, ganze Pflanze, in Abhängigkeit des Erntezeitpunkts
- Abbildung 3, Seite 15 Wachstum von Weidelgras im Feldversuch
- Abbildung 4 Seite 23 Parzellen im Dreisamtal: Oberirdische Biomasse und Stickstoffentzug
- Abbildung 5, Seite 28 Oberirdische Biomasseproduktion eines Getreides unter nicht-limitierenden Bedingungen
- Abbildung 6, Seite 29 Oberirdische Biomasseproduktion eines Kreuzblütlers in Feldversuchen im Elsaß

EINFÜHRUNG EINER ZWISCHENFRUCHT NACH MAIS UND VOR EINER SOMMERFRUCHT ZUR MINDERUNG DES RISIKOS DER NITRATAUSWASCHUNG

ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE 1988 - 1998

1. PROBLEMSTELLUNG: Winter-Schwarzbrache nach Mais

Angesichts der Verschmutzung des Grundwassers durch Nitrate aus landwirtschaftlichen Quellen gerät der Maisanbau immer wieder in die Diskussion. Grund: Er hinterläßt den Boden über Winter unbedeckt und wird obendrein mit häufiger Überdüngung in Verbindung gebracht, worin ein ursächlicher Zusammenhang mit der Nitratverlagerung in die Tiefe besteht. Wenngleich die Überdüngung durch den Übergang zu einer sachgerechten Mengenbemessung der Stickstoffdünger vermindert werden kann, so bleibt dennoch die Frage des bewuchsfreien Zeitraums zwischen zwei Maiskulturen bestehen.

1.1. Das Risiko der Auswaschung über Herbst

Der Herbst ist eine Zeit, in der das Zusammenwirken zweier Phänomene das Entstehen eines Nitratauswaschungsrisikos mitbegünstigt:

- intensive Mineralisierungsvorgänge in den Böden, damit einhergehend eine Nitratanreicherung der Böden.
- Auftreten einer positiven Klimabilanz (Niederschlag > potentielle Evapotranspiration -ETP-) und allmählicher Übergang der Böden in den Drainagezustand.

Das Risiko der Auswaschung wird noch verschärft durch:

- das Fehlen einer Pflanzendecke im Herbst: Alles im Boden vorhandene Nitrat kann somit ausgewaschen werden.
- erhöhte Nährstoffrestgehalte nach der Ernte aufgrund zu hoher Düngung, wenn im Vergleich zum Gesamtbedarf der Kultur mineralischer Stickstoff übermäßig verfügbar gewesen ist.

1.2. Vorschläge aus den Regeln der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft in Frankreich

❖ Düngung:

- Zur bestmöglichen Kontrolle der Verlagerung von Nährelementen in die Gewässer muß die Überdüngung vermieden werden. Um dies zu gewährleisten, sollte für ein Gleichgewicht zwischen dem Bedarf der Kultur, der Nachlieferung aus dem Boden und der Düngung gesorgt werden.

❖ Bracheperiode zwischen Kulturen:

- Das Management einer Kultur in einem Anbausystem kann mehr oder weniger Ursache von Verschmutzung sein je nach Dauer der ihr vorausgehenden bzw. folgenden bewuchsfreien Phase und je nach Beschaffenheit und Umfang ihrer Nährstoffrückstände nach der Ernte.

❖ Herbst:

- Jegliches Anbauverfahren ohne Bodenbedeckung über Winter bedeutet einen erheblichen Risikofaktor.

Um diesen Feststellungen Taten folgen zu lassen, empfiehlt der departementsübergreifende präfektorale Erlaß zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft vom 26. September 1997, es sollen nach Möglichkeit in jedem Anbausystem mit einjährigen Kulturen nitratbindende Zwischenfrüchte nachgeschaltet sein, wenn die Kulturen während der Regenmonate einen unbedeckten und an mineralischem Stickstoff reichen Boden hinterlassen.

1.3.1 Die Situation im Elsaß

Der Maisanbau im Elsaß (Körner- und Futtermais) hat 1997 46 % der LF erreicht. Die Mais-Monokultur spielt in den Betrieben im Elsaß eine große Rolle. Bei einer Monokultur oder bei nachfolgender Sommerfrucht (Tabak, Kohl, Zuckerrüben...) nimmt die dazwischen liegende Brachephase 50% der Bodennutzungsdauer (etwa sechs Monate) ein. Während dieser Zeit (Oktober bis April) ist der Boden unbedeckt, wodurch die Nitratauswaschung begünstigt ist. In einem Teil des Elsaß hat sich der Maisanbau auf flachgründigen Böden (z.B. Hardt) mit einer geringen nutzbaren Feldkapazität (nFK) allgemein verbreitet, wodurch dort eine besondere Anfälligkeit gegenüber vorzeitiger Auswaschung im Herbst besteht.

Die Anpassung der Düngeraufwandmenge an den Bedarf der Ackerkultur wird als Methode für eine ausgewogene Stickstoffdüngung im Rahmen der im Elsaß geführten FERTI-MIEUX-Kampagne vorgeschlagen. Ziel ist es, so den Gehalt an nach der Ernte noch pflanzenverfügbarem Stickstoff zu verringern. Jedoch erlauben die Klimaverhältnisse der Kultur nicht immer ihr volles Potential zu erreichen und können zu einer überschüssigen Stickstoffbilanz führen, was die Nitratauswaschung außerordentlich begünstigt.

1.3.2 Die Situation in Baden Württemberg

Die Boden- und Klimaverhältnisse in der Rheinebene Süd-Baden-Württembergs ähneln jenen im Elsaß mit dem Unterschied höherer Niederschlagsmengen auf deutscher Seite. Das potentielle Auswaschungsrisiko ist dadurch zusätzlich erhöht. Der Körnermaisbau betrifft in Baden-Württemberg mit etwa 57 000 ha (1997) 7% der LF, häuft sich aber in der Rheinebene: 28 220 ha im Bezirk des Regierungspräsidiums Freiburg (RPFR) entsprechen 19% der LF. Der Futtermaisbau betrifft 75 000 ha in Baden-Württemberg bzw. 13 000 ha im Regierungsbezirk Freiburg, entsprechend 9 % der LF. Insgesamt betrifft der Maisanbau 28 % der LF im Regierungsbezirk Freiburg.

1.4. Die Suche nach einer Alternative: Einführung einer Zwischenkultur

Gegen den zur Maisernte vorhandenen Nitratüberschuß, der u.U. mit dem Regen in die Tiefe verlagert werden kann, sieht eine der Empfehlungen aus den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft vor, für eine pflanzliche Bodenbedeckung während des Winters zu sorgen.

Ist aber für die Bedingungen des Elsaß oder allgemeiner noch für den Rheingraben der Vorschlag realistisch, zwischen zwei Sommerfrüchten mit Ernten Ende des Sommers bzw. Anfang Herbst eine Zwischenfrucht zur Nitratbindung anzubauen?

Im Maisanbau kommen für den Zwischenfruchtbau zwei gangbare Wege in Betracht: **die Untersaat** oder **die Stoppelsaat**.

In Versuchen bzw. Vorführungen wurde im Elsaß zehn Jahre lang in dieser Sache gearbeitet, während Arbeiten dazu in Baden-Württemberg seit (.....) liefen. Mehr als die Hälfte der Versuche im Elsaß wurden im Rahmen von seit 1994 laufenden ITADA-Programmen durchgeführt (16 von 30 Versuchsstandorten). Ein Versuchsstandort entspricht einem Versuchsort in einem gegebenen Jahr. Es können indessen für einen Versuchsstandort mehrere Ergebnisse vorhanden sein, (durch unterschiedliche Versuchsanordnungen). Auf diese Weise sind zwischen 1988 und 1997 an 30 Versuchsstandorten am Oberrhein 65 Ergebnisse erfaßt worden. Es ist wichtig zu vermerken, daß schon allein das Jahr 1996 18 Ergebnisse für die Untersaat umfaßt. Ebenso

ist hervorzuheben, daß die räumliche Verteilung der Versuche die aktuelle Situation des Maisanbaus am Oberrhein nicht besonders repräsentativ abzubilden vermag (Näheres siehe Anhang 1).

Die vorliegende Zusammenfassung will anhand von Versuchen aus der elsässischen Ebene eine Zwischenbilanz ziehen im Hinblick auf die Durchführbarkeit der Verfahren in der landwirtschaftlichen Praxis und hinsichtlich ihres Nutzens für die Umwelt. Die erhaltenen Ergebnisse sollen den in Baden-Württemberg und der Nordwestschweiz geführten Arbeiten und ihren Schlußfolgerungen gegenübergestellt werden.

1.4.1 Die rechtliche Situation in Baden-Württemberg

Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) findet auf über 20 % der LF Anwendung und schreibt die Ansaat einer Zwischenfrucht in Wasserschutzgebieten vor. Über Winter unbedeckter Boden nach der Maisernte soll so vermieden werden. Innerhalb der im MEKA-Programm angebotenen Agrarumweltmaßnahmen wird den Betrieben, die sich zur Einrichtung einer Zwischenfrucht verpflichten, ein Ausgleich in Höhe von 73,17 € / ha (480 FF/ha) gewährt.

Dem finanziellen Anreiz zum Trotz praktiziert nur eine Minderheit von Landwirten die Ansaat (Untersaat bzw. Stoppelsaat) einer Zwischenfrucht nach Mais. Tatsächlich waren im Jahre 1996 nur annähernd 5 % (ca. 3000 ha) der Silomais-Anbauflächen und nur wenig mehr als 10 % (ca. 5000 ha) des Körnermaisbaus unter die Maßnahme gestellt (Quelle: Landinfo 2/97).

2. Auswertung der verfügbaren Versuche

2.1 Beschaffenheit des verfügbaren Datenmaterials

Nachforschungen zu dem verfügbaren Quellenmaterial wurden von der A.R.A.A. angestellt. Auf elsässischer Seite war zur Fragestellung keinerlei Zusammenfassung angefertigt worden; die Ergebnisse aus den seit 1988 angestregten Versuchen konnten gesichtet werden. Die Auflistung der berücksichtigten Versuche ist in der Tabelle in Anhang 1 gegeben. Da die Versuchsberichte zuweilen sehr knapp gehalten sind, mußten die fehlenden Informationen (Versuchsbedingungen, meteorologische Daten...) nachträglich bei den Versuchsbetreibern eingeholt werden.

Wenngleich eine relativ umfassende Versuchsreihe zur Verfügung steht, so hat doch letztlich die Analyse der Ergebnisse gezeigt, daß viele der Versuche keine verwertbaren Befunde liefern konnten, denn den Versuchsprotokollen ist nur in Teilen entsprochen worden (ausgebliebene oder indirekt mit Fehlern behaftete Messungen). Somit sind die Antworten auf die Fragestellungen noch durch eine gewisse Unsicherheit gekennzeichnet.

Die Versuche zum Problemkreis sind in Baden-Württemberg und in der Schweiz in den achtziger Jahren durchgeführt worden. Zusammenfassungen in Form von Presseartikeln bzw. Untersuchungsberichten konnten ausgewertet werden, ohne daß aber Einzelheiten der Versuchsergebnisse in der Zusammenfassung aufgenommen werden konnten. Somit speisen allein die Ergebnisse der auf deutscher Seite erneut zum Thema geführten Versuche im Rahmen gemeinsamer Projekte unter Federführung des ITADA (1994-1998) die in dieser Arbeit vorgestellte Datenbasis.

2.2. Einführung eines "neuen" Verfahrens in die Bestandesführung des Mais: Fragestellungen

Eine neue Anbauweise verlangt die Definition eines „Standard-Anbauverfahrens“ das einen optimalen Erfolg zur Erzielung regelmäßiger Ergebnisse verspricht. Die Erfolgsbeurteilung wird auf zweierlei Weise zu führen sein:

- Beurteilung nach dem vom Betriebsleiter gewünschten landwirtschaftlichen Ergebnis: Die Ansaat einer Zwischenfrucht soll zu einer funktionsfähigen Bodenbedeckung führen. Es soll sich daraus möglichst kein Ertragsrückgang beim Mais und keine Störung in der weiteren Bestandesführung ergeben.
- Beurteilung nach dem für die Umwelt erbrachten Erfolg. Er steht im Interesse der mit dem Erhalt der Wasserqualität beauftragten Einrichtungen, die bereit sind, landwirtschaftliche Produktionstechniken zu fördern, die die Risiken einer Verschmutzung aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen mindern.

Welche der Techniken (Untersaat in oder Stoppelsaat nach Mais) auch immer angestrebt wird, es sollten zwei wesentliche Punkte bedacht werden :

* Die potentielle Wirksamkeit der Nitratbindung durch eine Zwischenfrucht für den Herbst nach der Maisernte.

Die Beurteilung des praktischen Nutzens einer Zwischenfrucht ergibt sich anhand der aufgenommenen Stickstoffmenge am Ende der Vegetationsperiode (gewöhnlich zu Anfang Dezember). Das Vermögen mineralischen Stickstoff festzulegen, der vor Winterbeginn im Boden vorhanden ist, ist daher positiv korreliert mit der vom Bodenbedecker produzierten Biomasse.

Dieser Umstand führt zu solch konkreten Fragen wie:

Welche Art(en) soll(en) angesät werden und welcher ist der richtige Zeitpunkt für das beste Resultat?

Für die Stoppelsaat sollten vorzugsweise schnellwüchsige Arten verwendet werden.

Die Ansaat einer Untersaat muß durchgeführt werden, bevor der Mais den Boden zu sehr beschattet und die eingesäte Art am Aufgehen hindert. Andererseits soll der Mais auch nicht mit der Untersaat in Konkurrenz treten müssen.

* Voraussetzungen für das Nitratbindepotential.

Welche Faktoren der Bestandesführung beim Mais wirken sich auf das Ergebnis aus ? Insbesondere treten folgende Fragen auf, die hauptsächlich die Saattechnik der Untersaat betreffen:

- Hat die Maissorte Auswirkung auf die Untersaat?

Eine frühe Körnermaissorte ermöglicht der nitratbindenden Kultur eine verlängerte Entwicklungsperiode nach der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit. Silomais räumt der Zwischenfrucht mehr Zeit für eine bessere Entwicklung ein und stellt so die interessanteste Variante dar.

- Welche Unkrautbekämpfung im Mais?

Eine Reihenunkrautspritzung in Kombination mit Hacken zwischen den Reihen vermeidet bei Herbiziden mit Gräsertoxizität Probleme, die den Grünstreifenanwuchs beeinträchtigen könnten.

- Welche Wirkstoffe sind zu verwenden bei einer flächigen Unkrautbekämpfung?

Die für die Untersaat verwendeten Arten sind für gewöhnlich Gräser und dadurch empfindlich gegenüber einigen im Mais zur ganzflächigen Unkrautbekämpfung eingesetzten Herbiziden (insbesondere bei langer Nachwirkdauer).

- Welche Vorsichtsmaßnahmen sind bei der Maisernte zu treffen?

Untersaaten stellen ihr Wachstum ein, sobald sie unter zerkleinerten Ernteresten verschüttet liegen. Die Decke aus Pflanzenabfall läßt kein Licht hindurch.

3. UNTERSAATEN IM MAIS

Als Untersaat bezeichnet man die Aussaat einer Art, normalerweise einer Grasart (zumeist Weidelgras), zwischen die Maisreihen und zwar zu Anfang der vegetativen Phase. Die Zwischenkultur entwickelt sich ganz gemächlich zu Beginn des Sommers (3- bis 4-Blattstadium gegen Ende Juli beim Weidelgras) und verharrt dann in einer Ruhephase während August / September am Boden bis zur Maisernte. Sobald der Mais zu trocknen beginnt (September / Oktober), erfährt die Untersaat durch die wieder bis zum Boden reichende Sonnenstrahlung einen Wachstumsschub, der nach der Maisernte sein Maximum erreicht

Die Versuche im Elsaß wurden zumeist mit einer Saatmischung aus Deutschem und Welschem Weidelgras durchgeführt (häufig ist eine handelsfertige Mischung (aus Deutschland stammend) unter dem Namen *Sédamix* erhältlich; sie enthält normalerweise zu 70 % Deutsches Weidelgras und zu 30 % Welsches Weidelgras).

Andere Arten, die zur Verwendung in Frage kommen, sind:

- Futter- und Rasengräser mit langsamer Entwicklung (Rohrschwengel, Knaulgras, Horst- oder Rotschwengel...), die eine frühere Aussaat als die Weidelgräser verlangen (dazu: belgische Versuche des IRSIA, Mouraux, 1993).
- Angepaßte Grasarten, die sich unter dichter Vegetation und intensiver Beschattung entwickeln können, z.B. eine spezielle Roggenart in der Mischung *Chlorofiltre* des Saatgutherstellers Jouffray-Drillaud.
- Mischungen von Gräsern und Futterleguminosen (Deutsches Weidelgras mit Weißklee) oder sogar reine Leguminosenmischungen (Erdklee mit Rotklee); Empfehlungen laut FiBL (CH) 1989.

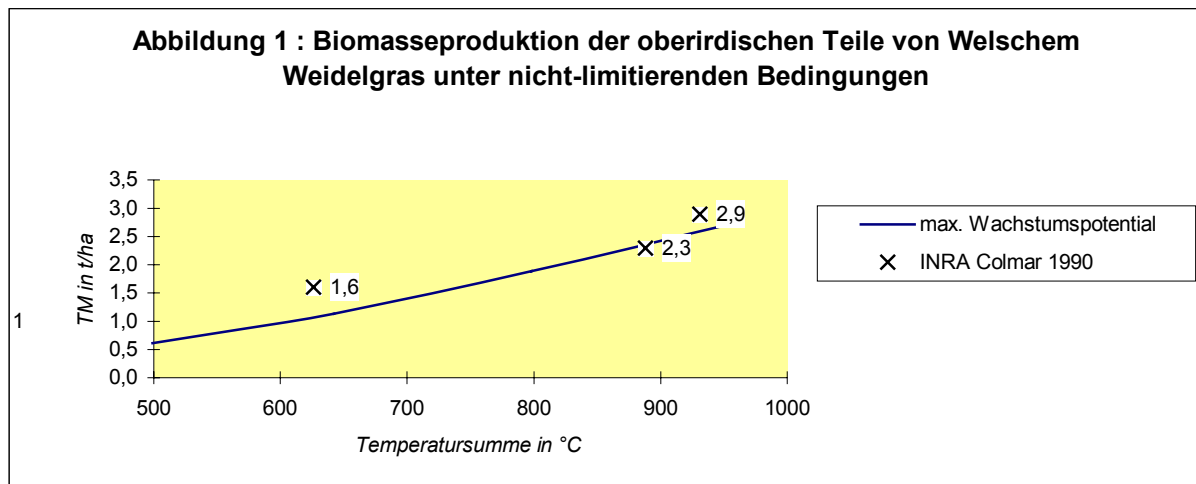
3.1. Das Wachstumspotential-Modell des Weidelgrases

Es existiert ein Modell zum theoretischen Wachstum, das die Beziehung zwischen oberirdischer Biomasse und nutzbaren Temperatursummen verdeutlicht (Summe der Temperaturen in °C von der Aussaat bis zur Feststellung der Biomasse). Dieses Modell wurde von Weibull eingeführt und wird im folgenden als Weibull-Funktion bezeichnet (siehe die Broschüre: Azote et Interculture (ITCF, 1993)).

Diese Funktion ist eine für jede Pflanzenart vorgenommene mathematische Näherung. Sie ist nur gültig unter günstigen Wachstumsverhältnissen, d.h. Stickstoff und Wasser sind nicht limitierend. Zudem fließen nur kumulierte nutzbare Temperatursummen mit ein, d.h. beginnend bei der Aussaat, wenn es unmittelbar zuvor Niederschläge gab oder zu jenem Zeitpunkt nach der Saat beginnend, an dem wieder Regen niederging. Schließlich wird von guten Bedingungen bei der Anlage ausgegangen (Einarbeitung der Rückstände,

Bodenbearbeitung, Aussaat mit Sämaschine bzw. Rückverdichtung mit Crosskill-Walze nach Breitsaat).

Die sich aus der Weibull-Funktion für das Welsche Weidelgras ergebende Wachstumskurve ist in Abbildung 1 dargestellt. Die in einem von der INRA in Colmar gleichfalls unter Ausschluß limitierender Faktoren angestellten Versuch (Chapot, 1990) erhaltenen Meßwerte für die Biomasse bestätigen die Anwendbarkeit des Modells für Berechnungen des potentiellen maximalen Wachstums von Welschem Weidelgras.



In Abhängigkeit von der zwischen dem Zeitpunkt der Maisernte bis zum Vegetationsende (1. Dez.) erhaltenen Temperatursumme läßt sich eine theoretische Berechnung der Biomasseproduktion von Welschem Weidelgras anstellen. Wir haben Berechnungen für die verfügbaren Temperatursummen einiger fester Zeitpunkte anhand der Daten der Wetterstation Colmar (repräsentiert die Ebene des Mittellelsaß) vorgenommen.

Wachstumsbeginn *	Temperatursumme	TM der Biomasse in t / ha
01. Sept	960°	2,75
10. Sept	798°	1,88
20. Sept	642°	1,14
01. Okt	498° *	0,61
10. Okt	370° *	0,28
20. Okt	255° *	0,11

* : entspricht dem Datum der Maisernte

Die für den 10. und 20. Oktober berechneten Werte erscheinen *kursiv*, da sie außerhalb des Geltungsbereichs der Weibull-Funktion (zwischen 500 und 1780 °C ; Biomasse-Erträge zwischen 0,3 und 6,3 t TM / ha) liegen.

Zusammenhang zwischen Biomasse-Erzeugung und Stickstoffbindung der Zwischenfrucht

Der von der Zwischenfrucht dem Boden im Herbst entnommene Stickstoff ist der Auswaschung über Winter entzogen. Für ein anzunehmendes Maiserntedatum ist es nun interessant, den Zusammenhang zwischen der oberflächlich produzierten Biomasse und der Stickstoffmenge, die von den Pflanzen in Blatt, Halm und Wurzeln zu Winteranfang gebundenen ist, herauszufinden.

In Anlehnung an die Arbeiten des INRA Colmar (Chapot 1990) ist es möglich, den pflanzlich fixierten prozentualen Stickstoffanteil über eine mathematische Funktion, die für jede Art

aufgestellt worden ist, zu berechnen. Für das Welsche Weidelgras wird zur Berechnung folgende Formel angegeben:

$$\% N = 4,62 * (T.M.^{-0,13}), \text{ wobei TM die Trockenmasse in t/ha ist.}$$

Es kann also für ein gegebenes Maiserntedatum die bis zum Winteranfang verfügbare Temperatursumme berechnet werden. Der in dieser Arbeit auf den 1. Dezember festgelegte Winterbeginn entspricht im Mittel der einsetzenden Vegetationsruhe im Elsaß. Von dieser Temperatursumme kann eine maximale Biomasse abgeleitet werden, auf die zur Berechnung des mittleren Stickstoffgehalts die INRA-Formel anzuwenden ist. Mühelos kann nun auch die potentiell von der Zwischenkultur absorbierte Stickstoffmenge berechnet werden. Somit wird es möglich, Maiserntezeitpunkten potentielle Mengenwerte der Stickstofffixierung durch Weidelgras gegenüberzustellen, das im Herbst nach der Maisernte aufwächst.

Es ist hinzuzufügen, daß die Aufnahme in die Wurzeln beim Weidelgras schätzungsweise 25% der Aufnahme in die oberirdische Biomasse ausmacht (Chapot 1990). Der Gesamtentzug durch das Gras entspricht daher der Summe aus oberirdisch und in die Wurzeln aufgenommenem Stickstoff (Verhältnis 4 : 1).

Tabelle 1 : Berechnung des von der ganzen Pflanze (Welsches Weidelgras) unter nicht-limitierenden Bedingungen ab Maisernte bis Vegetationsende (1. Dez.) entzogenen Stickstoffs

Datum der Maisernte	Aufwuchs Welsches Weidelgras			N-Entzug gesamt (kg/ha)
	TM in t /ha	% N	N in kg/ha	
01. Sept	2,75	4,05	111,5	139,4
10. Sept	1,88	4,26	80,1	100,1
20. Sept	1,14	4,54	51,9	64,8
01. Okt	0,61	4,92	30,2	37,7

Man erkennt, daß bei der Ernte einer frühen Maissorte am 20. September die Hoffnung auf Resorption eines bedeutsamen Anteils an verbliebenem Stickstoff theoretisch gerechtfertigt ist, da das Weidelgras etwa 65 kg N/ha aufnehmen kann.

Eine Ernte am 1. Oktober stellt beim Körnermais die häufigere Situation dar; die potentielle Leistung des Weidelgrases in Bezug auf die Nitratbindung ist dann erheblich niedriger, liegt aber dennoch bei etwa 40 kg N / ha.

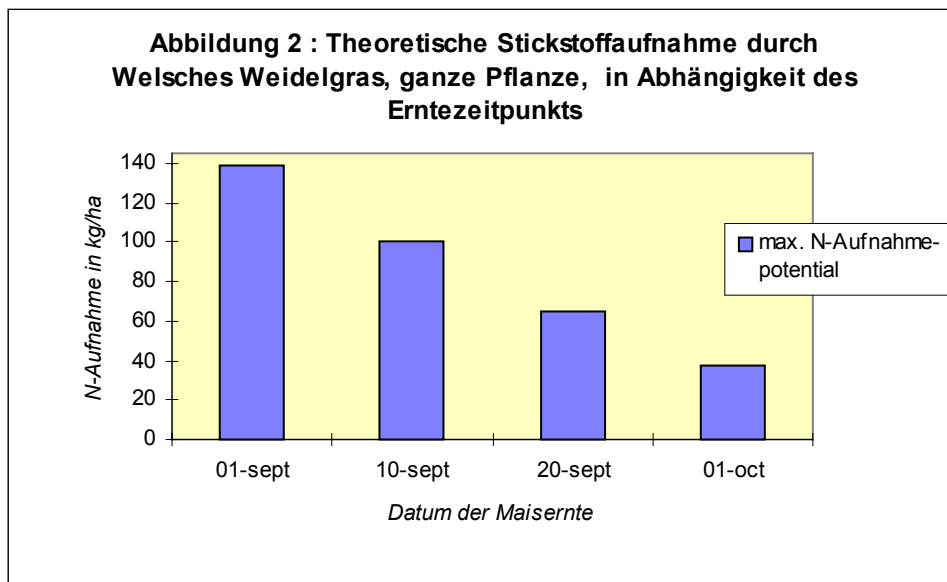


Abbildung 2 verdeutlicht unmittelbar den Einfluß der frühen Maisernte.

Die Durchführung einer Weidelgras-Untersaat in Mais ist demzufolge besonders geeignet für Silomais-Anbausysteme, da eine frühe Räumung des Feldes gegeben ist (in den günstigsten Fällen von Beginn September an).

3.2. Versuchsergebnisse

Umfangreiche Arbeiten von der Suche nach verfügbaren Daten bis zu deren Umverteilung wurden 1998 durchgeführt. Eine erste aufmerksame Betrachtung der Versuchsergebnisse ergab, daß sie sich selten in Einzelheiten ergingen und daß die Berichte, aus denen sie stammten, unvollständig waren, insbesondere wenn die Versuche sich als Mißerfolg herausgestellt hatten. Die Veranstalter dieser Arbeiten hatten sich nicht immer genau über die Versuchsbedingungen informiert.

Weil die zu den Zwischenkulturen durchgeführten Versuche von unterschiedlichen Einrichtungen vorgenommen worden sind (ITCF, AGPM, ARAA, Landwirtschaftskammern der Departements 67 und 68, INRA in Colmar für den französischen Beitrag, IfuL und das Regierungspräsidium Freiburg für den deutschen Beitrag) ist es außerdem erforderlich gewesen, verschiedenerlei Personen zu kontaktieren. Es wurde so versucht, die fehlenden Informationen zu erhalten. Ein wichtiges Element ist u.a. die Nachforschung zu den die Versuche betreffenden Klimadaten gewesen, für die die Aufzeichnungen der nächstgelegenen Wetterstation herangezogen wurden.

Das Auffinden und die Aufbereitung der Daten mit ihrer anschließenden Überprüfung und Zusammenstellung war im übrigen teilweiser Bestandteil des Praktikums eines Studenten vom IUT Colmar, 1998 im zweiten Studienjahr der Verfahrenstechnik Biologie stehend (Fachrichtung Agrarwissenschaften).

Die Übersichtstabellen wurden mit dem Ziel erstellt, einen Überblick über alle korrekt ausgeführten Versuche im Elsaß zu erhalten und um benötigte Informationen mühelos aufzufinden. Sie enthalten Informationen zu Bezugsgrößen des Versuchs, technische Angaben zum Mais, zur Zwischenfrucht, zum Boden und zum Wettergeschehen. Die letzte Spalte ist Anmerkungen der Versuchsbetreuer vorbehalten.

Die Tabelle 2 bezieht sich allein auf die Zwischenfruchtversuche mit Mais-Untersaaten im Elsaß. Sie ist eingeteilt in breite Hauptspalten; diese wiederum in Unterspalten. Letztere enthalten Informationen (Beschreibungen oder Meßwerte) zu jedem Versuch, so z.B. Daten der Durchführung bestimmter Kulturtechniken oder den Mais-Kornertrag.

Die Ziffer links in der ersten Spalte kennzeichnet den jeweiligen Versuch und erlaubt seine einfache Zuordnung.

Nicht immer sind alle Messungen vorgenommen worden oder konnten die Daten aufgefunden werden; daher blieben manche Kästchen unausgefüllt.

Erstellt wurde auch eine Tabelle (Tabelle 4) zu den Versuchen auf deutscher Seite, insbesondere zu jenen im Dreisamtal, östlich von Freiburg. Sie ist in diesem Bericht jedoch nicht einer detaillierten Untersuchung unterzogen worden, denn die deutschen Versuche wurden an Silomais ausgerichtet, was im Herbst das Verhalten des Weidelgrases erheblich verändert und auf dessen Leistungsfähigkeit beträchtlichen Einfluß nimmt.

Auf detaillierten Blättern (Anhang 6) sind die vollständigsten der Versuche, auf die sich Untersuchung und Kommentare stützen, dargestellt. Jedes der Blätter führt Einzelheiten über die meteorologischen Bedingungen zu den Schlüsselzeiten auf:

- Juni und Anfang Juli für die Anlage der Untersaat
- September bis Ende November für die Wachstumsperiode der Zwischenfrucht.

Tableau 2 : Beschreibung der zwischen 1988 und 1998 im Elsaß durchgeführten Versuche mit Untersaaten

N°	Jahr	Verfügbare Versuche		Angaben zum Mais							Angaben zur Untersaat					Nmin (kg N/ha)				Bemerkung	
		Versuchs- anlage	Silo-/Körnerm.	Sorte	Reifegruppe	N-Düngung kg/ha	Unkrautbek.	Bewässerung	Ernte	Ertrag d/ha	Ersternte zerkleinert	Art	Aussaattermin	Aussaattechni	N-Entzug d. Aufwuchs kg/ha	Misserfolg	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.		Ohne Zwische
1	1988	Rustenhart	K	DEA	d-P+	240	O	O	/	117,4	/	Sedamix	30/06	S	/		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Entwicklung besser als jene vom 28.07
2	1988	Rustenhart	K	DEA	d-P+	240	O	O	/	119,7	/	Sedamix	28/07	S	/		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
3	1989	Rustenhart	K	DEA	d-P+	240	/	O	/	110,6	nein	Sedamix	26/06	S	11		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
4	1989	Rustenhart	K	DEA	d-P+	240	/	O	/	110,4	nein	Sedamix	10/07	S	10		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
5	1989	Oberhergheim	K	DEA	d-P+	/	/	/	/	/	/	Sedamix	/	/	E		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Lichtmangel Pflanzenbeh. Atrazin
6	1990	Pfettisheim	K	DEA	d-P+	170	O	N	24/10	88,2	/	Sedamix	14/06	I n	/		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Aufgang ab Mitte August
7	1990	Niederentzen	K	DEA	d-P+	220	O	O	/	97,9	/	Sedamix	12/06	/	18,6		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	korrekter Aufgang
8	1990	Niederentzen	K	DEA	d-P+	220	O	O	/	96	/	Sedamix	12/06	/	E		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
9	1990	Stotzheim	K	DEA	d-P+	/	/	N	/	/	/	Sedamix	/	/	14,7		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
10	1991	Hilsenheim	K	DEA	d-P+	180	O	O	/	119,2	/	Sedamix	27/06	/	/		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
11	1991	Landser	K	DEA	d-P+	211	O	N	/	105,4	nein	Dt.Weidelg	01/07	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	ungewöhnl. spätes Auflaufen
12	1993	Dornach	K	DEA	d-P+	175	O	O	17/09	120,5	ja	Sedamix	01/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Bedeckung lückig
13	1993	Heffenschlag	K	DEA	d-P+	194	O	O	07/10	113,3	ja	Sedamix	08/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Bedeckung lückig
14	1993	Ste Croix	K	DEA	d-P+	170	O	O	19/10	/	ja	Sedamix	09/06	S	/	E	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Unkr.beh. im Weidelgr.:Atrazin
15	1993	Oberhergheim	K	DEA	d-P+	220	O	O	26/10	114,5	ja	Sedamix	09/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Bedeckung lückig
16	1993	Roggenhouse	K	Anjo u 37	d-P	198	O	O	15/10	121,5	ja	Sedamix	08/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Bedeckung sehr ungleichmäßig
17	1993	Blodelsheim	K	DK 300	d-P	201	O	O	21/10	120,6	ja	Sedamix	04/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Bedeckung sehr ungleichmäßig
22	1994	Obernai	K	DK 300	d-P	140	O	N	13/09	124,4	nein	Dt.Weidelg	30/05	S	/	E	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
23	1994	Obernai	K	Bang uy	P	140	O	N	13/09	121,2	nein	Dt.Weidelg	30/05	S	/	E	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	
26	1994	Rumersheim	K	DK 300	d-P	222	O	O	23/10	117,4	nein	Dt.Weidelg	27/06	S	/	M	Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	ungeeignete Maisorte
27	1994	Rumersheim	K	Bang uy	P	222	O	O	26/09	119,2	nein	Dt.Weidelg	27/06	S	31,9		Mit Zwische	Ohne Zwische	zu Winteranf.	Ohne Zwische	Ergebnis unbefriedigend

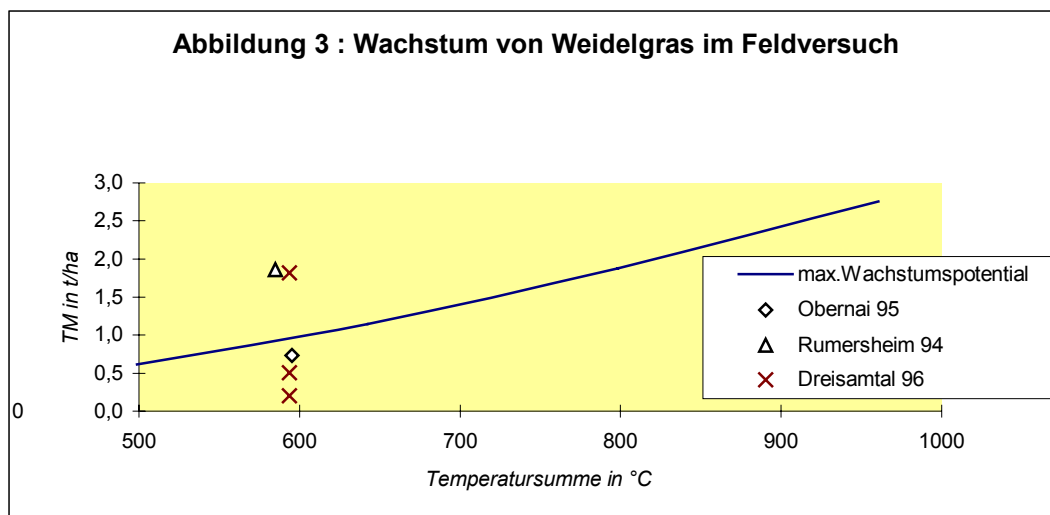
30	1995	Obernai	K	DK 300	d-P	118	O	N	12/10	70,7	nein	Dt.Weidelg	05/07	S	7	M	/	/	37	45		
31	1995	Obernai	K	Bang uy	P	118	O	N	27/09	73	nein	Dt.Weidelg	05/07	S	19		/	25	32	41		
33	1995	Oberhergheim	K	DK 300	d-P	260	O	O	25/10	116,6	nein	Dt.Weidelg	05/07	S	/	M	/	/	57	53		
34	1995	Oberhergheim	K	Bang uy	P	260	O	O	29/09	106,1	nein	Dt.Weidelg	05/07	S	/		/	80	36	59	sehr gute Anlage	
37	1996	Marckolsheim	K	Bang uy	P	200	O	O	08/10	/	nein	Dt.Weidelg	25/06	S	/	E	/	/	/	/	/	Weidelgr. sehr unterentwickelt
38	1996	Marckolsheim	K	Bang uy	P	200	O	O	08/10	/	nein	Dt.Weidelg	20/08	S	/	E	/	/	/	/	/	Weidelgr. sehr unterentwickelt
39	1996	Marckolsheim	K	Bang uy	P	200	O	O	08/10	/	nein	Senf+Rettich	20/08	S	/	E	/	/	/	/	/	Kreuzblüter stark vergeilt
59	1997	Rouffach	K	DK 256	P	139	O	O	23/09	92,8	nein	Dt.Weidelg	20/06	S	/		38,6	33,4	22,7	31,9		
60	1997	Rouffach	K	DK 256	P	139	O	O	22/10	93,9	nein	Dt.Weidelg	20/06	S	/	M	/	41,7	/	/	/	Bedeckung sehr unzureichend
61	1998	Rouffach	K	Balti more	P	151	O	O	22/09	103,8	nein	Mélange JD	12/06	S	25,6		25	21	28	20	20	Wildfraß an Vegetation
62	1998	Rouffach	K	Balti more	P	151	O	O	19/10	106,5	nein	Mélange JD	12/06	S	26,4		7	33	21	39	39	Wildfraß an Vegetation

Sortenreifegruppe: P : frühreif, d-P : mittel-frühreif

Saattechnik: S = auf Oberfläche, In = in den Boden Mißerfolg

3.2.1. Wird das Wachstumspotential erreicht ?

Wenn vorhanden, weichen die Biomassen der Untersaaten in den Versuchen mit Mais laut Messung empfindlich von der Anpassungskurve des potentiellen Weidelgras-Wachstums ab.



Die berücksichtigten Temperatursummen entsprechen dennoch gut den wahren Bedingungen der Bezugsjahre.

Die Abweichungen lassen sich gewiß verschiedenmaßen erklären. In der Tat ist darauf hinzuweisen, daß in den Untersaatversuchen:

- das in Breitsaat gesäte Weidelgras nur einen Teil der Bodenoberfläche (bestenfalls 80 %) bedeckt. Das hat zwangsläufig im Durchschnitt eine geringere Biomasse zum Ergebnis als Saaten, die wie bei der Entwicklung des Wachstumsmodells mit Hilfe einer Sämaschine ganzflächig verteilt werden.
- die Vegetation fast immer aus einer Mischung von Welschem und Deutschem Weidelgras besteht. Deren mittlere Wachstumsgeschwindigkeit dürfte aber geringer sein als jene von reinem Welschen Weidelgras, denn das Deutsche Weidelgras nimmt als perennierendes Gras einen langsameren Anlauf in der Entwicklung.
- das Weibull-Modell die Temperatursumme vom Auflaufen des Weidelgrases an berechnet (Perspectives Agricoles Octobre, Laurent et al., 1995). Dahingegen ist der Zeitpunkt des Auflaufens bei den Untersaatversuchen aber unbekannt, und die Temperatursumme wird mit der Maisernte begonnen, obwohl beim Weidelgras schon die Bestockung ansteht. Dies dürfte den im Vergleich zum berechneten Wert höheren Meßwert der Biomasse begründen, der in einigen günstigen Situationen vorgekommen ist (z.B. Versuche 27 und 31).

Darüber hinaus wirken weitere Faktoren, die für Wachstums- und Entwicklung der Weidelgrasvegetation unter Mais wichtig sind.

Erfolg oder Mißerfolg der Entwicklung werden von den Faktoren abhängig sein, die vor oder nach der Maisernte eintreten. An diesem Punkt läßt sich eine erste Fallunterscheidung vornehmen.

Faktoren die einen hohen Einfluß haben können, sind daher für beide Zeitabschnitte aufgeführt: Vorerntephase des Mais und Nacherntephase.

Faktor ▼	Vor Maisernte : Bedingungen bei Anlage der Untersaat	Zustand des Weidelgrases bei Maisernte	Nach Maisernte: Wachstumsbedingungen nach der Ernte
Licht	Maissorte, Saaddichte, Reihenabstand, Unkrautkonkurrenz	TM/m ² oder Bedeckungs- grad in %	Silo- oder Körnermais ? Erntereste zerkleinert oder nicht ?
Temperatur	in diese Phase als nicht- limitierend angenommen		Σ θ beginnt ab Erntetermin (Basis 0) bis zur Messung der Biomasse bzw. N _{min} oder bis Datum 1. Frost (Fr.empfdlk. d Bodenbedeckers)
Wasser	Wirkung bzgl. Auflaufen möglich zu unterscheiden: bewässerter oder trockener Schlag		Datum 1. bedeutender Regen nach Maisernte
Unkrautbeh. Maïs	Flächenunkrautbehandlung oder örtlich begrenzt, Wahl des Wirkstoffes		nicht-limitierend, außer Wirkstoff mit langer Wirkungsbeständigkeit
Weidelgr. Ansaatbeding.	Hacken vor der Saat, Saatgut, Saatstärke....		
N-Düngung im Mais	bis auf Ausnahmen nicht limitierend (übermäßige Be- wässerung auf durchlässi- gem Boden)		kann wachstumsbegrenzend sein, ein Indikator ist N _{min} zur Maisernte

Jeder der Versuche im Elsaß ist durch Faktoren gekennzeichnet, die das Ergebnis beeinflussen können. Die Tabelle 3 stellt die wichtigsten davon zusammen. Die Entwicklung der Zwischenfrucht wurde in den Versuchen zu zwei Schlüsselterminen beurteilt: Zur Maisernte und dann wieder zu Winteranfang vor der Pflugfurche. Jeder Versuch ist also mit einer Beurteilung der Zwischenkultur versehen:

- landwirtschaftlicher Mißerfolg (E) : Zur Maisernte ist das Weidelgras nicht oder nur zu lückig vorhanden, als daß es landwirtschaftlich gesehen seiner Rolle (herbstliche Bodennitratbindung) gerecht würde: die Anlage ist mißglückt.
- halber landwirtschaftlicher Mißerfolg (M) : Das Weidelgras ist mehr oder minder gut aufgewachsen, bei der Maisernte vorhanden, entwickelt sich aber hernach fast nicht weiter. Zur Absorption einer bedeutsamen Menge Stickstoff ist sein Wachstum unzureichend. Die Einordnung in diese Kategorie erfolgt anhand zweier Kriterien: Die Feststellung durch den Versuchsleiter und das Fehlen einer meßbaren Trockenmasse zu Winterbeginn. Unter Betrachtung der Werte aufgenommenen Stickstoffs jener Versuche, in denen der Versuchsleiter die Probenahme für sinnvoll erachtete, läßt sich die Grenze für unbedeutenden Stickstoffentzug bei ungefähr 10 kg N/ha festsetzen.
- landwirtschaftlicher Erfolg (R): Das Weidelgras ist einwandfrei aufgewachsen und sein Wachstum im Herbst hat die Aufnahme einer Stickstoffmenge oberhalb von 10 kg/ha (oberirdische Trockenmasse) erlaubt.

Der obere Teil der Tabelle 3 entspricht den Mißerfolgssituationen, der Mittelteil den Halberfolgen und der untere Teil den Erfolgen.

Die grau unterlegten Kästchen entsprechen den Faktoren, die von den Autoren des Berichts als ausschlaggebend für das Ergebnis bewertet wurden.

Die den Erfolg der Zwischenkultur entscheidenden Faktoren werden im folgenden Abschnitt des Berichts diskutiert, der den Ursachen eines Mißerfolgs bzw. schlechten Nutzeffekts der Zwischenkultur nachgeht.

Tabelle 3: Versuchsanalyse Elsaß 1988 - 1998			Angaben zum Mais						Angaben zur Untersaat					
Jahr	Versuchs- anlage	Sorte	Reife- gruppe	Ernte- datum	Bewäs- serung	Art	Aussat- termin	Unkraut- bek.	Hacken zwischen Reihen	Aussaattec hnik	Ernteste zerkleinert	N- Verfügbare ität	N-Entzug (kg/ha)	Beobachtu ng zum Feldaufgan
1989	Oberhergheim	DEA	d-P+	/	/	Sedamix	/	A	nein	/	/	/	/	E
1990	Niederentzen	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	12/06	A	Ja	/	/	L	/	E
1993	Ste Croix	DEA	d-P+	19/10	O	Sedamix	09/06	A	Ja	S	Ja	E	/	E
1996	Marckolsheim	Banguy	P	08/10	O	RGA	25/06	A	nein	S	nein	E	/	E
1996	Marckolsheim	Banguy	P	08/10	O	RGA	20/08	A	nein	S	nein	E	/	E
1996	Marckolsheim	Banguy	P	08/10	O	Senf+Retlich	20/08	A	nein	S	nein	E	/	E
1994	Obernai	DK 300	d-P	13/09	N	RGA	30/05	MA	nein	S	nein	E	/	E
1994	Obernai	Banguy	P	13/09	N	RGA	30/05	MA	nein	S	nein	E	/	E
1997	Rouffach	DK 256	P	22/10	O	RGA	20/06	S	Ja	S	nein	E	/	M
1995	Oberhergheim	DK 300	d-P	25/10	O	RGA	05/07	A	nein	S	nein	E	/	M
1995	Obernai	DK 300	d-P	12/10	N	RGA	05/07	MA	nein	S	nein	L	7	M
1994	Rumersheim	DK 300	d-P	23/10	O	RGA	27/06	A	nein	S	nein	L	/	M
1991	Landser	DEA	d-P+	/	N	RGA	01/07	S	Ja	S	nein	L	/	M
1993	Blodelsheim	DK 300	d-P	21/10	O	Sedamix	04/06	S	Ja	S	Ja	L	/	M
1993	Roggenhouse	Anjou 37	d-P	15/10	O	Sedamix	08/06	S	Ja	S	Ja	E	/	M
1993	Oberhergheim	DEA	d-P+	26/10	O	Sedamix	09/06	S	Ja	S	Ja	E	/	M
1993	Hettenschlag	DEA	d-P+	07/10	O	Sedamix	08/06	S	Ja	S	Ja	L	/	M
1993	Dornach	DEA	d-P+	17/09	O	Sedamix	01/06	MA	nein	S	Ja	E	/	M
1990	Stotzheim	DEA	d-P+	/	N	Sedamix	/	/	/	/	/	/	14,7	R
1989	Rustenhart	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	10/07	/	nein	S	nein	L	10	R
1989	Rustenhart	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	26/06	/	nein	S	nein	L	11	R
1995	Oberhergheim	Banguy	P	29/09	O	RGA	05/07	A	nein	S	nein	E	/	R
1994	Rumersheim	Banguy	P	26/09	O	RGA	27/06	A	nein	S	nein	L	31,9	R
1988	Rustenhart	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	28/07	A	nein	S	/	L	/	R
1988	Rustenhart	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	30/06	A	nein	S	/	L	/	R
1995	Obernai	Banguy	P	27/09	N	RGA	05/07	MA	nein	S	nein	L	19	R
1997	Rouffach	DK 256	P	23/09	O	RGA	20/06	S	Ja	S	nein	E	/	R
1991	Hilsenheim	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	27/06	S	Ja	/	/	L	/	R
1990	Niederentzen	DEA	d-P+	/	O	Sedamix	12/06	S	Ja	/	/	L	18,6	R
1990	Pfettisheim	DEA	d-P+	24/10	N	Sedamix	14/06	S	Ja	In	/	E	/	R
1998	Rouffach	Baltimore	P	22/09	O	Mélange JD	12/06	S	Ja	S	nein	L	25,6	R
1998	Rouffach	Baltimore	P	19/10	O	Mélange JD	12/06	S	Ja	S	nein	E	26,4	R

* : E = Mißerfolg der Anlage, M = Halber Mißerfolg, R = Erfolg

3.2.2. Gründe für Mißerfolg bzw. schlechten Nutzeffekt des Weidelgrases

Die Ursachen für Mißerfolg bzw. schlechte Leistungsfähigkeit der Zwischenkultur, hier Weidelgras, werden über zwei sehr verschiedene Schlüsselperioden hinweg untersucht:

- die Periode ab der Aussaat unter Mais
- die Wachstumsperiode nach der Maisernte

Diese Phase erstreckt sich von der Weidelgras-Aussaat (gewöhnlich im Juni) bis hin zur Maisernte (Ende September – Anfang Oktober). Die Faktoren, die für den Mißerfolg der Ansaat verantwortlich sind, bewirken entweder zu Beginn ein mangelhaftes Auflaufen des Weidelgrases oder das Verschwinden der jungen Pflanzen, die im Sommer einem zu intensiven Konkurrenzdruck ausgesetzt waren.

- Mangelhaftes Auflaufen :

Die Ansaat geschieht im Juni, einer Zeit, in der der Mais in vollem Wachstum steht. Die Frage ist berechtigt, ob genügend Bodenfeuchte vorhanden ist, um das Auflaufen des im allgemeinen als Breitsaat ausgeführten Weidelgrases zu gestatten.

Die Untersuchung der Niederschlagshäufigkeiten (Anhang 4) zeigt, daß die Niederschlagsmenge im Juni selten limitierender Faktor ist: Im Elsaß liegt während dieser Periode der Zehn-Tages-Median für bei 20-25 mm.

Es ist darauf hinzuweisen, daß das Hacken bei der Aussaat ein begünstigendes Kriterium für das Auflaufen des Weidelgrases sein kann: Der Bodenkontakt des Saatguts wird verbessert.

Ein weiterer Grund für schlechten Ausgang kann der Intensität der Unkrautbekämpfung auf dem Maisschlag zugeschrieben werden. Einige verwendete Wirkstoffe sind gräser-schädigend und potentiell phytotoxisch für das Weidelgras. Ein Versuch, die gebräuchlichsten Unkrautbekämpfungsmittel nach ihrer Aggressivität einzuordnen, ist anhand der verfügbaren Informationen zu den Wirkstoffen und vermittels Befragungen von Experten für die Unkrautbekämpfung im Mais (ITCF - AGPM) und im Getreide (FNAMS) vorgenommen worden. Die Tabelle im Anhang 8 faßt die Informationen dazu zusammen.

Dennoch läßt sich feststellen, daß der Begriff der Phytotoxizität gewiß vielschichtig ist, denn in einigen Versuchen (1, 2, 27 und 34) hat sich das Weidelgras gut entwickelt, obwohl die Unkrautbekämpfung auf dem Schlag als aggressiv eingestuft ist. Es läßt sich also annehmen, daß für ein und denselben Unkrautbekämpfungsplan die Schädigung auf das Weidelgras verschieden ist. Variationen ergeben sich aus der Zeitspanne zwischen Herbizidanwendung und Grasansaat, außerdem je nach registrierter Niederschlagsmenge und Bodenverhältnissen (Tongehalt, Gehalt an organischer Substanz...).

Auf jeden Fall ist die Bandspritzung für die chemische Unkrautbehandlung die günstigste Lösung, denn sie hält jedes Risiko einer phytotoxischen Wirkung auf die zwischen die Maisreihen ausgeführte Weidelgras-Untersaat außen vor. Davon unberührt bleibt jedoch die Möglichkeit, Herbizide zu wählen, die an die Situation einer Weidelgras-Untersaat angepaßt sind, womit der Rückgriff auf die Flächenspritzung nicht völlig außer Frage steht.

Um die Erfolgchancen der Ansaat zu steigern, liegt die Erhöhung der Saatkichte der Zwischenfrucht nahe. Belgische Arbeiten (Mouraux, 1993) kommen zu dem Schluß, daß die Entwicklung pflanzlicher Bodenbedecker, angelegt als Untersaaten in Mais, viel stärker vom Zeitpunkt ihrer Aussaat als von der Saatkichte beeinflusst wird. Eine Erhöhung der Saatstärke scheint somit kein ausschlaggebender Faktor für den Erfolg der Ansaat zu sein, wirkt sich aber mit Sicherheit auf die Verfahrenskosten aus.

Man bedenke, daß eine Aufwandmenge von 20 kg/ha Saatgut bei Weidelgras mit einem mittleren TKG von etwa 2-3 Gramm einer Saatstärke von mehr als 600 Samen /m² entspricht.

Ergänzend ist anzumerken, daß die Versuchsleiter zu keiner Zeit den bedeutenden durch Schnecken verursachten Verlust beim Auflaufen dokumentiert haben.

- Zu intensiver Konkurrenzdruck durch den Mais

Nach dem Auflaufen ist das Weidelgras von einer zweiten Gefahr bedroht: dem vom Mais ausgehenden Konkurrenzdruck. Er besteht um Wasser, Licht und Nährstoffe. Der letztgenannte Faktor kann als Ursache eines Mißerfolgs begründeter Weise außer Acht gelassen werden, denn zu diesem Zeitpunkt ist der Gehalt an mineralischem Stickstoff im Oberboden hoch (Düngerzufuhr im Juni und Mineralisierungsvorgänge über Sommer).

Dagegen sind die beiden anderen Kriterien zweifellos entscheidend für den Erfolg der Weidelgrasansaat.

Was die Wasserversorgung anbelangt, kann eine unzureichende Entwicklung des jungen Weidelgrasbestandes und eine demzufolge verminderte Durchwurzelung die Pflanzen sehr anfällig gegenüber einer langen Trockenperiode im Juli und August machen. Der Faktor „Bewässerung“ vergrößert daher grundsätzlich die Hoffnung auf einen guten Aufgang des Weidelgrases. Eine zu lange Austrocknung des obersten Bodenhorizonts wird durch die Bewässerung vermieden.

Der nächste erfolgsentscheidende Punkt ist der Zugang zum Licht um die Photosynthese zu aktivieren. Von der Maisblüte an (im Mittel während der zweiten Julihälfte) beschattet der Mais den Boden beinahe zu 100 % und unterbindet den Zugang des jungen Weidelgrases zum Licht; es kümmert. Der vom Mais ausgehende Konkurrenzdruck ist um so heftiger:

- je weniger fortgeschritten die Entwicklung des Weidelgrases ist. Dies verweist wieder auf die Bedeutung des Aussaattermins für das Gras. Je mehr er sich herauszögert, um so weniger Entwicklungszeit bleibt dem Weidelgras bis zum Bestandesschluß des Mais und um so ungünstiger stehen seine Chancen, den Sommer zu überdauern.

- je waagerechter der Blattstand der Maissorte ist und je dichter ihre Beblätterung. Belgische Arbeiten (Mouraux 1993) haben die Wirkung der Bestandesdichte sowie der sortenspezifischen Art der Blattentwicklung auf die Entwicklung der Untersaat beschrieben. Der Trockenmasseertrag der Untersaat ist demzufolge direkt proportional zur Lichtmenge, die bis zu ihr hin dringt. Für den sortenbedingt günstigeren Lichtdurchlaß konnte ein bedeutsamer Sorteneffekt in der Größenordnung von 10 % verzeichnet werden. Der Effekt der Bestandesdichte ist noch bedeutender: - 13 % bei 95 000 Pflanzen und - 42 % bei 110 000 Pflanzen im Vergleich zu 80 000 Pflanzen /ha.

- je spätreifer die Maissorte ist. Eine früher zur Abreife gelangende Sorte macht den Lichtdurchlaß in Folge des Vertrocknens der Blätter schneller wieder möglich. Die Sorte DK 300 kann exemplarisch für eine ungeeignete Sorte angeführt werden, da sie spätreif ist und sich stark vegetativ entwickelt.

Es stellt sich auch die Frage des schlußendlichen Effekts der Bewässerung auf die Grasansaat, denn wenn planmäßige Wassergaben einestheils positive Wirkung gegen Verluste durch andauernde Trockenheit zeigen, so rufen sie doch auch ein noch bedeutenderes vegetatives Wachstum beim Mais hervor. Im Hinblick auf den Lichtdurchlaß ist das für die Untersaat ungünstig. Unter Herannahme der Zusammenfassung in Tabelle 3 läßt sich feststellen, daß der Einfluß der Bewässerung schwierig zu ermessen ist, denn es sind auf bewässerten Schlägen erfolgreiche Ansaaten zu finden wie auch mißlungene auf den unbewässerten Parzellen.

Die Periode nach der Maisernte

Damit sich das Weidelgras über Herbst einwandfrei entwickeln und seiner Rolle als „Nitratfalle“ gerecht werden kann, ist es notwendig, daß ihm vor der Vegetationsruhe ausreichend Zeit zur Verfügung steht. Dieser Aspekt wurde in Abschnitt 2.2.1 angesprochen. Dort ist das Wachstumspotential mit der nach der Maisernte verfügbaren Temperatursumme in Beziehung gebracht worden. Der Zeitpunkt der Maisernte ist also unstrittig einer der Schlüsselaspekte des erfolgreichen Zwischenfruchtbaus.

Gleichwohl sollte hier zwischen mehreren Fällen unterschieden werden. Der landwirtschaftliche Mißerfolg, der sich im Ausbleiben eines üppigen Aufwuchses manifestiert, kann nämlich in Bezug auf die Umweltwirkung zwei verschiedenen Situationen gleichkommen:

- Ein Mißerfolg in der Weidelgrasentwicklung bedeutet bei nur schwachen Mengen mineralischen Stickstoffs im Boden nicht gleichzeitig auch einen Nachteil für die Umwelt. Wenn nämlich die nach Mais im Boden verbleibenden Düngeelemente sehr gering sind und die Mineralisation im Boden mäßig ist, dann kann die Zwischenfrucht sich nicht entwickeln; schon gar nicht bis Anfang Winter. Dies stellt dann aber keineswegs eine Bedrohung für die Umwelt dar, denn die austragbaren Nitratanteile bleiben minimal.

In Betrachtung der Tabelle 3 stellt man fest, daß in 5 von 10 der in der Mitte der Tabelle dargestellten Versuche (sie entsprechen den Halb-Mißerfolgen „M“) genau dieser Fall eingetreten ist. Beispielsweise überschreiten in den Versuchen 13 und 17 die im Boden vorhandenen Stickstoffmengen zur Maisernte nie mehr als 20 bzw. 25 kg/ha und verändern sich auch bis Winteranfang nicht mehr.

- Ein Mißerfolg bei der herbstlichen Weidelgrasentwicklung kann sich aber auch als nachteilig für die Umwelt herausstellen; dann nämlich, wenn bedeutende Nitratmengen im Boden von der Vegetation nicht aufgenommen worden sind. Diesem Fall sind fünf der als Halb-Mißerfolge verbuchten Versuche zuzuordnen. Bei den Versuchen 12, 15 und 16 kann sicherlich das Häckseln der Erntereste für das schlechte Weidelgraswachstum verantwortlich gemacht werden. In den Versuchen 33 und 60 haben das sehr verspätete Abräumen des Mais und die geringen Herbstniederschläge keinen ordentlichen Weidelgrasaufwuchs gestattet.

Befunde der deutschen Versuche von 1996 bis 1998 in Baden-Württemberg:

In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse von Zwischenfruchtversuchen mit Untersaaten in Mais zusammengefaßt, die im Rahmen diverser ITADA-Projekte durchgeführt worden sind:

Es sind dies:

- Versuche im Dreisamtal, ausgerichtet im Rahmen des Projekts A 1.1: « dynamique de l'azote en parcelles de maïs recevant des déjections animales ».
- Dauerversuche auf Parzellen der Versuchsanlage Breisach, die im Rahmen des Höfeverbundes des ITADA-Projekts A 4 « faisabilité de la Production Intégrée en grandes cultures » 1996-1998 organisiert worden sind.

Die Untersaaten wurden mit der Weidelgrasmischung Sedamix (70 % Welsches und 30 % Deutsches Weidelgras) und einer Saatgutmenge von 25 kg/ha angelegt. Die Maiserträge und die Beobachtungen der Boden-Nmin-Gehalte sind im allgemeinen von diesen Parzellen erhalten worden und stehen für die Auswertung der Ergebnisse zur Verfügung.

Man stellt relativ mäßige Niveaus der Stickstoffabsorption durch die oberirdische Biomasse des Weidelgrases fest. Mit Ausnahme zweier Fälle (24 und 44 kg N/ha) liegt sie unter 20 kg N/ha. Diese Ergebnisse stimmen mit den im Elsaß erhaltenen gut überein.

Hervorzuheben ist, daß für die Jahre 1996 und 1997 das Gräserwachstum auf einigen Körnermaisparzellen in Breisach mäßig ausfällt, obwohl die Messungen der Bodennährstoffe zur Maisernte hohe Präsenz mineralischen Stickstoffs anzeigen. Unter solchen Umständen hätte man sich eine bessere Leistung der Untersaat erhofft. Es ist ihr nicht gelungen, einen relevanten Anteil an Bodenstickstoff aufzufangen. Die späte Maisernte (nach dem 20. Oktober) ist gewiß der zunächst plausibelste Faktor, um dies zu erklären.

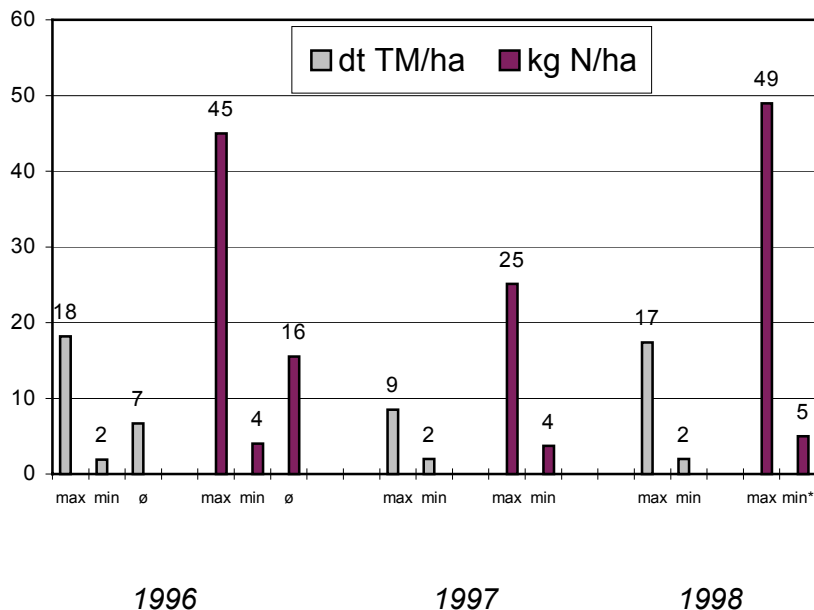
Im Dreisamtal ist die Bestandesentwicklung des Bodenbedeckers im Winter und im Frühling beurteilt worden. Auch Messungen zum Wachstum und zur Stickstoffabsorption sind auf einigen wenigen Parzellen vorgenommen worden. Auf solchen recht kalten Böden am Fuße des Dreisamtals ist das Gräserwachstum über Winter relativ unbedeutend gewesen. Die Stickstoffmenge, die von der oberirdischen Biomasse verbraucht wurde, ist zu Winteranfang und zu Winterausgang quasi identisch (zu näheren Einzelheiten siehe den zusammenfassenden Bericht der Jahre 1996-1997 zum ITADA-Projekt A 1.2).

Eine Analyse der Biomassen auf den Parzellen im Dreisamtal sowie der Stickstoffmengen, die bis zum Winteranfang (Dezember) aufgenommen worden sind, zeigt: Innerhalb des selben Jahres ist die Streuung zwischen den Parzellen bei gleichen Klimabedingungen und recht ähnlichen Bodentypen (tonig-sandig) beträchtlich. Diese Streuung ist um so erstaunlicher, als der gesamte Anbauplan für alle Dauerversuchsparzellen identisch ist, insbesondere in Bezug auf die Zeitpunkte der Grasaussaat und der Maisernte. Es ist hervorzuheben, daß alle Maisparzellen für die Silagebereitung beerntet worden sind und keine davon im Sommer beregnet worden war.

TABELLE 4 : ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSCHIEDENEN ZWISCHENFRUCHTVERSUCHE MIT UNTERSAAATEN, DURCHFÜHRT ZWISCHEN 1994 UND 1998 IN BADEN

Jahr	Versuchs- anlage	Sorte	Reifegrup- pe	Angaben zum Mais					Ang. zur Untersaat				Nmin				Bemerkungen
				Silo/körne	Ernte- zeitpunkt	N-Düng. (kg/ha)	Unkrautbe- k.	Bewässerung	Ertrag (t/ha)	Art	Aussaat- termin	N-Zug (kg/ha)	Ernte Mit zwischen- frucht	Ernte Ohne zwischen- frucht	Winter Mit zwischen- frucht	Winter Ohne zwischen- frucht	
20	1994	Linx	G	DK 300	d-P	29/09	156	O	N	129,9	Sedamix	16/06	/	33	46	27	Aufgang unzureichend
21	1994	Linx	G	Jericho	t-P	22/09	156	O	N	109	Sedamix	16/06	/	26	28	54	
41	1996	Ebnet	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	100	Sedamix	12/07	13	4	5	/	Hacken zwischen den Reihen
42	1996	Ebnet	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	116	Sedamix	12/07	7	9	8	/	am 31/05 und 10/06
43	1996	Zarten	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	/	Sedamix	12/07	9	8	6	/	"
44	1996	Zarten	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	129	Sedamix	12/07	5	9	11	/	"
45	1996	Zarten	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	127	Sedamix	12/07	19	10	9	/	"
46	1996	Stegen	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	124	Sedamix	12/07	9	6	6	/	"
47	1996	Buchenb- ach	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	104	Sedamix	12/07	12	3	8	/	"
48	1996	Burg	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	97	Sedamix	12/07	44	8	12	/	"
49	1996	Kirchzart- en	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	117	Sedamix	12/07	11	4	9	/	"
50	1996	Kirchzart- en	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	135	Sedamix	12/07	24	56	13	/	"
50b	1996	Kirchzart- en	E	Kalif	d-P	30/09	150	Rg/P	N	132	Sedamix	12/07	19	10	10	/	"
51	1996	Breisach	G	LG 2306	d-P	28/10	110	P	O	105	Sedamix	03/06	5	76,9	55	/	
52	1996	Breisach	G	LG 2306	d-P	28/10	110	P	O	105	Sedamix	03/06	/	66,3	67	/	
53	1996	Breisach	G	DK 255	P	28/10	133	P	O	100	Sedamix	03/06	6	154	98	/	
54	1996	Breisach	G	Clarica	d-P	28/10	179	P	O	118	Sedamix	03/06	/	71,7	61	/	
55	1997	Breisach	G	DK 300 /Macao	d-P	20/10	201	P	O	122	Sedamix	07/06	/	110	121	/	Anf. Juli gut aufgelaufen, sehr gering am 17/11
56	1997	Breisach	G	DK 300 /Macao	d-P	17/10	130	P	O	116	Sedamix	07/06	/	44,4	45	/	
57	1997	Breisach	G	Clarica	d-P	28/10	107	P	O	116	Sedamix	07/06	/	50,4	42	/	
58	1997	Breisach	G	Clarica	d-P	16/10	195	P	O	106	Sedamix	07/06	/	59,9	58	/	
65	1997	Ebnet	G	Kalif	d-P	23/09	124	P	N	153	Sedamix	08/07	4	15	10	/	

Abbildung 4: Parzellen im Dreisamtal zwischen 1996 und 1998: Oberirdische Biomasse und Stickstoffzug (Aufwuchs zu Winterbeginn) durch Weidelgras mit Mais als Deckfrucht



Die 1996 für ca. zwölf Parzellen festgestellte mittlere Biomasse liegt bei ungefähr 700 kg/ha, was einer Fixierung von 16 kg N/ha durch den Aufwuchs gleichkommt. Die Aufnahme variiert zwischen 4 und 45 kg N/ha (Aufwuchs) bzw. 5 und 56 kg N/ha (gesamte Pflanze).

Um Extremfälle zu beleuchten, wurden in den Jahren 1997 und 1998 nur manche der Parzellen beprobt (die beste und die schlechteste). Wieder sind die Streuungen bei der oberirdischen Stickstofffixierung groß: Sie reichen 1997 von 4 bis 25 kg N/ha und 1998 von 5 bis 49 kg N/ha. Außer dem Aussattermin und/oder der Maisernte wirken folglich noch weitere Faktoren auf Wachstum und Entwicklung des Grases im Herbst mit ein.

3.3. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

- Aussattermin des Weidelgrases:

In den Versuchen im Elsaß wird das Weidelgras nur selten vor Ende Juni gesät (Acht- bis Zehnblattstadium des Mais). Auch wenn die Untersuchung der Ergebnisse (Tabelle 3) keine deutliche Tendenz in der Frage des Zusammenhangs zwischen dem Zeitpunkt der Aussaat und dem Verlauf der Gräserentwicklung erkennen läßt, scheint es so, als könne der Saattermin ein wenig vorgezogen werden: Den so verbesserten Erfolgchancen der Untersaat gegenüber scheinen Befürchtungen, dadurch eine übermäßige Konkurrenz zum Mais und einen Ertragsabfall desselben zu provozieren, unbegründet.

Zum Aussaatzeitpunkt des Weidelgrases sind in Frankreich Versuche von den Landwirtschaftskammern der Bretagne und den Technischen Instituten durchgeführt worden (siehe Literaturverzeichnis). Der Vergleich richtete sich auf drei Anbausituationen: eine Kontroll-Parzelle ohne Untersaat und zwei Parzellen mit Untersaat (die eine im Fünf- bis Sechsstadium und die andere im Acht- bis Zehnblattstadium des Mais angelegt). Der drei Versuchsjahre (1992 – 1994) zusammenfassende Bericht mündet in der Feststellung, daß in keinem der Versuchsjahre für den Mais eine Konkurrenzsituation zu beobachten gewesen ist.

Auch im Elsaß hat man die Parallelwirkungen der Untersaat in einigen Versuchen überprüft. Dazu wurden in manchen Versuchen (siehe Anhang 5) die Maiserträge von Kulturen mit und ohne Untersaat verglichen. Über eine Spanne von sieben Jahren fiel unter 16 verschiedenen Fällen nur ein einziger Versuch durch signifikante Unterschiede zu Ungunsten einer Untersaat in Mais aus (Niederentzen 1990). Damit wird bestätigt, daß Befürchtungen eines Ertragsrückgangs der Deckkultur verworfen werden können und ein solcher auf Ausnahmefälle beschränkt bleibt (Oberboden vom Typ „Hardt“ und zu früher Bewässerungsstop).

Zuletzt sollen auch die Schlußfolgerungen der belgischen Arbeiten zu den Effekten des Aussaattermins von Weidelgras zitiert werden:

„Wird Weidelgras später als 50 Tage nach dem Mais ausgesät (Mais mit fünf bis sechs fertigen Blättern), tritt es mit dem Mais nicht mehr in Konkurrenz. Geschieht die Weidelgrasaussaat zu spät, so ist dem Gras bis zum Bestandesschluß des Mais keine ausreichende Entwicklung mehr möglich, und es wird Schwierigkeiten haben, bis zur Maisernte als Unterwuchs zu überleben“.

Auch die Baden-Württembergischen Agrarumweltprogramme SchALVO und MEKA verpflichten bei fehlender Winterfrucht zum Zwischenfruchtbau. Dort wird ebenfalls die Empfehlung ausgesprochen, das Weidelgras im Vier- bis Sechsstadium des Mais anzusäen. Dies gilt als optimaler Kompromiß um den Mais zu schonen und den Aufgang des Weidelgrases zu sichern.

- Die Leistungsfähigkeit des Weidelgrases als „Nitratfänger“

Für eine unter Mais erfolgreich angelegte Weidelgraskultur wird von allen Autoren ein Vermögen der Nitratfixierung über Herbst in Höhe von 30 bis 40 kg N /ha angegeben. Verbleibt die Zwischenfrucht bis Ende des Winters auf dem Felde, so wird von 40 bis 60 kg festgelegtem Stickstoff /ha ausgegangen.

Immer wieder wird im Zusammenhang mit Untersaaten deren Vermögen betont, durch Bildung einer Pflanzendecke herbstliche Nitratüberhänge zu binden. Diese Leistung hat jedoch ihre Grenzen und zeigt, daß es auf jeden Fall auf eine sorgfältig durchdachte Stickstoffdüngung im Mais ankommt, um so die nach der Ernte im Boden vorhandenen Nährstoffüberhänge zu minimieren. Der sicherste Verbündete zu ihrer bestmöglichen Abschöpfung aus dem Bodenkörper ist natürlich der Mais selbst.

Die angeführten Beispiele aus der Literatur stellen Fälle dar, die an Silomaiskulturen studiert worden sind, d.h. die im allgemeinen früher beerntet worden sind als es beim Körnermais im Elsaß die Praxis ist. Dabei ist die gesamte Pflanze abgeerntet worden, was ja das Herbstwachstum des Weidelgrases optimiert.

Ganz ohne Zweifel liegt darin begründet, warum in der Versuchsserie aus dem Elsaß die Fixier-Leistungen des Weidelgrases bescheidener ausfallen: Sie liegen im Falle einer frühen Maisernte Ende September zwischen 10 und 35 kg N /ha (Schätzwerte ermittelt durch Ernte der oberirdischen Biomasse).

3.4. Grenzen der Leistungsfähigkeit der Untersaat als Nitratfänger nach Körnermais

Einzig und allein für den Fall einer Körnermaisernte vor Ende September kann, wenn zur Ernte hohe N_{min}-Werte im Boden vorhanden sind, letzten Endes mit folgenden Wirkungen des Weidelgrases gerechnet werden:

- eine Verringerung der Menge auswaschungsgefährdeter Nitrate. Es erscheint angemessen, bis zu Beginn des Winters durchschnittlich von einer Stickstoffabsorption durch die Zwischenfrucht in der Größenordnung von 20 bis 30 kg N/ha auszugehen (siehe z.B. die Versuche 27 und 34).
- ein Wasserverbrauch, der sich proportional zur produzierten Biomasse verhält (nach MULLER, INRA Chalons ca. 30 mm pro Tonne Trockenmasse und 24 mm nach CHAPOT, Colmar). Damit geht für den Boden eine Verzögerung des Übergangs in den Drainagezustand einher.

Diese Zahlen markieren deutlich die Grenzen eines Verfahrens wie dem des Zwischenfruchtbaus mit einer Weidelgrasuntersaat und Körnermais als Deckfrucht. Die Stickstoffabsorption durch einen pflanzlichen Bodenbedecker, die im Elsaß in Untersaat-Versuchen erreicht wurde, hat niemals die von unseren belgischen, deutschen oder schweizer Kollegen gewonnenen Werte erreicht. Der sehr üppig dastehende Mais auf den Parzellen im Elsaß (teils bewässert) erzeugt gewiß mehr noch als andernorts eine ungünstige Beschattung. Zudem ermöglichen die Wasserverhältnisse, die im Herbst oft limitierend wirken, der Zwischenfrucht vor dem Winter eigentlich keine hohen Erträge.

Dennoch kann ein solches Verfahren in einigen besorgniserregenden Fällen zu einer Minderung der Risiken von Nitrateinträgen ins Grundwasser geeignet sein. Dies gilt um so mehr, wenn die Bodenbedeckung den Winter über besteht. Keinesfalls aber bedeutet dieses Verfahren in sich allein eine Absicherung gegen jedes Risiko und es ist allem voran nicht im großen Rahmen zu verallgemeinern.

Für den allergrößten Teil der Körnermaisflächen im Elsaß mit Erntetermin im Oktober ist die Technik der Weidelgrasuntersaat als nicht angepaßt anzusehen. Das Risiko eines Mißerfolgs der Weidelgrasansaat darf dementsprechend tatsächlich nicht zu gering eingestuft werden und auch ihre Wirksamkeit als Nitratfänger im Herbst ist zu begrenzt.

• 3.5 Ökonomische Aspekte: Die Kosten des Verfahrens

Welche zusätzlichen Kosten entstehen durch das Verfahren?

Sie sind zweierlei Natur: Zum einen ergeben sich direkte Kosten, deren Höhe leicht zu beziffern ist; zum anderen kommen indirekte Kosten auf, die im Zusammenwirken mit anderen Elementen des Anbausystems auftreten.

Direkte Kosten:

Die unmittelbar entstehenden Kosten sind jene für Saatgut und für eine zusätzliche, zur Aussaat erforderliche Überfahrt – unter der Annahme des typischen Falls einer Flächenunkrautbekämpfung im Mais.

Bei einer Saatgut-Aufwandsmenge von 15 – 20 kg/ha bewegen sich die Kosten zwischen 250 und 300 F/ha.

Zur Aussaat kann ein pneumatischer Düngerstreuer verwendet werden, so er mit Streuorganen ausgestattet ist, die die Saat zwischen den Reihen an der Bodenoberfläche ablegen. Diese Lösung erlaubt spielend die Einsaat von mehreren Dutzend Hektar am Tag. Vorsicht vor der Verwendung von Schleuderstreuern: Sie sind ungeeignet, da die Samen zu leicht sind und ihre Verteilung zu ungleichmäßig ist.

Weitere, indirekte Kosten müssen berücksichtigt werden:

- Kosten durch den Einfluß des Weidelgrases auf die Produktivität des Mais?
Die Befunde zeigen, daß von der Untersaat nur sehr selten ein nachteiliger Effekt ausgeht, wenn die empfohlene Anbautechnik umgesetzt wird.

- Kosten durch die Wahl einer frühen Maissorte, um den Erfolg der Ansaat sicherer zu machen.

Es drängt sich die Frage auf, ob man nicht in ein oder anderen Jahr riskiert, das Niveau der Maximalerträge später Maissorten zu verfehlen. Wie bei Vergleichen (Banguy / DK 300) innerhalb der Versuche festgestellt wurde, werden jedoch auch bei späten Sorten die dort höheren Erträge nicht regelmäßig erreicht.

In anderen Fällen konnte gezeigt werden, daß es zwischen einem Maisschnitt Ende September und einem späteren Mitte Oktober überhaupt keinen bedeutsamen Unterschied hinsichtlich der Erträge gibt. Das Ertragspotential wird also nicht zwangsläufig „beschnitten“, wenn der Mais vorzeitig gemäht wird, doch werden durch die zu berücksichtigende höhere Feuchtigkeit zusätzliche Kosten für die Trocknung verursacht.

- Anpassung der Unkrautbekämpfung an die Erfordernisse der Untersaattechnik
Allseits wird für Weidelgras gleichzeitig mit der Aussaat eine Überfahrt, in der chemische Unkrautbekämpfung (Reihenspritzung) und Hacken zwischen den Reihen kombiniert sind, empfohlen. Diese Lösung vermeidet eine zusätzliche Überfahrt für die Weidelgrasaussaat und läßt eine Verringerung der Saatgutmenge zu, denn der verbesserte Kontakt zwischen Saat und Boden fördert das Auflaufen.

Am Beispiel des landwirtschaftlichen Betriebs der höheren Schule für Landwirtschaft in Rouffach sei dargestellt: Eine Hackmaschine (6 m) mit Bandspritzeinrichtung erlaubt die Behandlung einer Fläche von 20 bis 25 ha pro Tag (8 km/h Fahrgeschwindigkeit). Natürlich wird hier mehr Zeit als bei einer Flächenspritzung mit 24 m breitem Gestänge benötigt. Jedoch sollte die ermöglichte Einsparung von ca. 2/3 der Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln je Hektar bedacht werden. Darüber hinaus geht auch hier ein positiver Effekt für die Umwelt mit einher. Für weitere Informationen dazu siehe Anhang 9 (Werbeschrift der Firma Carré).

- Verzicht auf Zerkleinerung der Erntereste
Die AGPM empfiehlt die Feinzerkleinerung der Maisstengel nach der Ernte zu Zwecken der Bekämpfung bohrender Raupen (Maiszünsler, Eulenfalter...). Zwar ist im Elsaß die Situation in Bezug auf diese Schädlinge gegenwärtig zufriedenstellend, denn der Schädlingsdruck wächst nicht weiter an. Was würde aber passieren, wenn im Herbst wieder großflächig nicht zerkleinerte Erntereste zurückblieben? Es könnte eine Intensivierung der Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen im Pflanzenbau die Folge sein.

4. Stoppelsaaten

Der Technik der Stoppelsaat liegt die Ansaat einer Pflanzenart mit schnellem Wachstum (z.B. Getreide oder Kreuzblüter) gleich nach der Ernte zugrunde. Sie kann als Breitsaat in die Stoppel oder nach Zerkleinerung der Erntereste und flachem Bodenbearbeitungsgang ausgeführt werden.

4.1. Das Wachstumsmodell der Stoppelsaat

Es existiert ein Modell zum theoretischen Wachstum, das die Beziehung zwischen oberirdischer Biomasse und nutzbaren Temperatursummen verdeutlicht (Summe der Temperaturen in °C von Aussaat bis Feststellung der Biomasse). Dieses Modell wurde von Weibull eingeführt und wird im Folgenden als Weibull-Funktion bezeichnet (siehe die Broschüre : Azote et Interculture (ITCF, 1993)).

Diese Funktion ist eine für jede Pflanzenart vorgenommene mathematische Näherung. Sie ist nur gültig unter günstigen Wachstumsverhältnissen, d.h. Stickstoff und Wasser sind nicht limitierend. Zudem fließen nur kumulierte nutzbare Temperatursummen mit ein, d.h. beginnend bei der Aussaat, wenn es unmittelbar zuvor Niederschläge gab oder zu jenem Zeitpunkt nach der Saat beginnend, an dem wieder Regen niederging. Schließlich wird von guten Bedingungen bei der Anlage ausgegangen (Einarbeitung der Rückstände, Bodenbearbeitung, Aussaat mit Sämaschine bzw. Rückverdichtung mit Crosskill-Walze nach Breitsaat).

4.1.1. Stoppelsaat mit einem Getreide (Roggen)

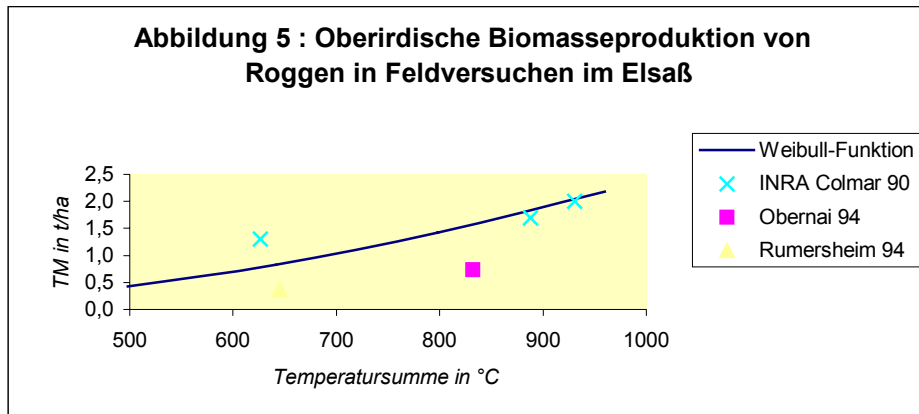
Gräser haben in ihrer Anfangsphase ein ziemlich langsames Wachstum. Unter den üblichen Getreidearten ist der Roggen die interessanteste: Er gehört zu den Arten mit dem schnellsten Wachstum und ist sehr kältetolerant. Seine Leistung reicht an jene des Weidelgrases heran.

In Abhängigkeit von der zwischen dem Zeitpunkt der Maisernte bis zum Vegetationsende (1. Dez.) erhaltenen Temperatursumme läßt sich eine theoretische Berechnung zur Biomasseproduktion von Roggen anstellen. Wir haben Berechnungen für die verfügbaren Temperatursummen einiger fester Zeitpunkte anhand der Daten der Wetterstation Colmar (repräsentiert die Ebene des Mittelelsaß) vorgenommen.

Aussaattermin	Temperatursumme (°C)	TM in t/ha (Weibull)
01-sept	960	2,18
10-sept	798	1,42
20-sept	642	0,82
01-oct	498	0,42

Bei den Versuchen im Elsaß kam es auf den Parzellen zu keinem vollständigen Bewuchs, denn die Bodenbearbeitung war sehr eingeschränkt und die Maisstengel wie auch sonstige pflanzliche Überreste waren auf dem Feld verblieben. Das erklärt zum Teil die Abweichungen der im Feldversuch ermittelten Meßwerte von den Werten des maximalen Wachstumspotentials, die sich anhand der jeweiligen Temperatursumme aus der Weibull-Funktion berechnen lassen. Außerdem beginnt die Aufsummierung der Temperatursummen mit dem Aussaattermin, denn die Versuchsberichte machen keine Detailangaben zu den Feldniederschlägen – wodurch die Fehlerspanne vergrößert wird.

Schließlich konnten nur wenige Meßwerte in das Koordinatensystem eintragen werden, denn die Bestimmung der Biomasse war im Falle einer mißlungenen Zwischenkultur nicht möglich oder sie wurde von den Versuchsleitern schlichtweg versäumt.



4.1.2. Stoppelsaat mit einem Kreuzblüter (Senf)

Kreuzblüter (Senf, Raps, Rettich...) erreichen schneller als andere ihre maximale Wachstumsgeschwindigkeit (mit ca. 680 °C können 1,5 t TM/ha erreicht werden).

Aussattermin	Temperaturumme (°C)	TM in t /ha (Weibull)
01-sept	960	2,70
10-sept	798	2,02
20-sept	642	1,35
01-oct	498	0,80

Die Berechnungen erfolgten über die Weibull-Funktion anhand der Temperatursummen, die für den Zeitraum zwischen Aussaat und Ende der Vegetationszeit (1. Dez., willkürlich) ermittelt wurden.

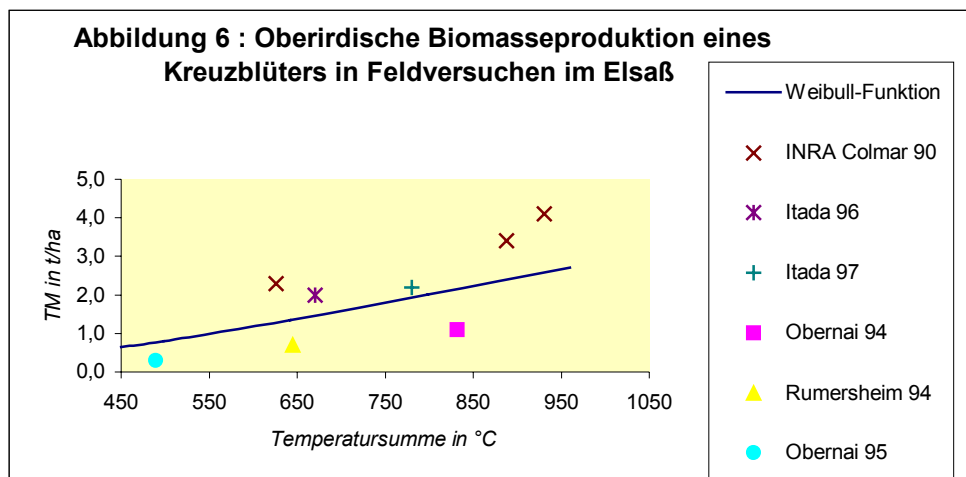
$TM = 4.45 \cdot (1 - \exp(-1.03 \cdot (\text{Temp}^{2.37})))$; Geltungsbereich zwischen 400 und 1840 °C

Aus den gleichen Gründen wie den zuvor genannten, liegt die potentielle Wachstumskurve (Weibull-Funktion) eines Kreuzblüters weit über dem im Feldversuch mit einer Herbstsaat nach der Maisernte ermittelten Wachstum.

Dagegen erlauben es die in Versuchen des ITADA 1996 und 1997 gefundenen Meßwerte, die theoretische Wachstumskurve von Senf zu bestätigen, denn die Versuchsbedingungen ähnelten stärker jenen, die zur Erstellung der Weibull-Funktion führten (Aussaat im Sommer, flache Bodenbearbeitung, Stickstoff nicht limitierend...).

Die Meßwerte INRA Colmar 90 sind für Senf erhalten worden, der Anfang August unter nicht-limitierenden Bedingungen ausgesät wurde. Zur Kurve stehen sie etwas im Mißverhältnis, vielleicht bedingt durch den Faktor Beleuchtungsstärke, der in der Standardfunktion unberücksichtigt bleibt.

In den Versuchen Rumersheim 1994 und Rouffach 1998 weist der Senf nur die Hälfte der im Modellfall bei gleichen Temperatursummen erreichbaren Trockenmasse auf.



Die Weibull-Funktion als solche darf somit nicht voreilig verallgemeinernd als Modell zur Vorausschätzung der Biomasseproduktion einer Senfsaat nach Mais verstanden werden.

Der Frost ist ein weiterer Klimafaktor, der potentiell Einfluß auf das Senfwachstum und die Leistungsfähigkeit der Pflanze als Nitratfänger ausübt. In der Literatur konnte keinerlei präzise Angabe einer Grenztemperatur für die Frostresistenz des Senfs gefunden werden. Aussagen von Experten, die über mehrere Jahre Versuche dazu geführt haben, lassen jedoch annehmen, daß sich die Resistenzgrenze zwischen -3 und -6 °C befinden muß. Eine Häufigkeitsanalyse der Tage mit erstem Frost bei -3 °C zufolge (Anhang 5) liegt das Risiko (i.e. der Median aller Jahre) eines ersten zerstörerischen oder zumindest abträglichen Frosts für das Oberelsaß in Höhe des 17. November (zuständige Wetterstation Meyenheim) und für das Unterelsaß beim 21. November (Wetterstation Entzheim).

Nimmt man diese Termine als Grenze der Vegetationszeit des Senfs (dessen Wachstum sogar schon ohne die völlige Zerstörung zum Erliegen kommt), so beträgt der Median der für das Wachstum nutzbaren Temperatursumme 630 °C bei Aussaat am 20. September und nur 470 °C bei Aussaat am 1. Oktober (Anhang 5).

TABELLE 5 : Zwischenfruchtversuche mit Stoppsaaten ITADA (1994-98)

Verfügbare Versuche	Angaben zum Boden		Angaben zum Mais				Angaben zur Stoppsaat				Nimin		Bemerkungen				
	Versuchsanlage	Bodentyp	Auswaschung	Sorte	Reifegruppe	Erntetermin	N-Düngung (kg/ha)	Ertrag dt/ha	Art	Bodenbearbeitung	Aussattermin	N-Entzg. über Aufw. (kg/ha)		Datum der Abtötung (mechanisch od. Frost)	Ernte	Winter	
Jahr	lfd. Nummer																
18	1994	Linx (D)	tiefr. Braunerde, sandiger Lehm	mittel	Jericho	t-P	23/09	156	109	Rettich+Senf	Ja	23/09	08/10 Frost	26	41	54	gute Anfangsentwicklung, jedoch Kälteschäden
19	1994	Linx (D)	tiefr. Braunerde, sandiger Lehm	mittel	Jericho	t-P	24/09	156	109	Gerste+Alexandrinerklee	ja	23/09	Anfg.Dez.	26	12	54	gute Anfangsentwicklung, jedoch Kälteschäden
24	1994	Obernai	tiefgründiger Löß	gering	Banguy	P	13/09	140	124	Rettich+Senf	ja	14/09	Anfg.Dez.	/	23	108	Senf gut entwickelt
25	1994	Obernai	tiefgründiger Löß	gering	Banguy	P	13/09	140	124	Gerste+Weißklee	ja	14/09	Anfg.Dez.	/	28	108	Gerste befriedigend entwickelt
28	1994	Rumersheim	Hardt, tiefgründiger Boden	mittel	Banguy	P	26/09	222	119	Rettich+Senf	ja	27/09	Anfg.Dez.	/	37	71	
29	1994	Rumersheim	Hardt, tiefgründiger Boden	mittel	Banguy	P	26/09	222	119	Gerste+Weißklee	ja	27/09	Anfg.Dez.	/	85	71	schwach entwickelt
32	1995	Obernai	Löß	gering	Banguy	P	27/09	118	73	Rettich+Senf	ja	27/09	05/11 Frost	25	58	41	
35	1995	Oberhergheim	Hardt, tiefgründiger Boden	mittel	Banguy	P	29/09	260	106	Rettich+Senf	ja	29/09	Anfg.Dez.	80	87	59	
36	1995	Oberhergheim	Hardt, tiefgründiger Boden	mittel	Banguy	P	29/09	260	106	Gerste+Weißklee	ja	29/09	Anfg.Dez.	80	72	59	
40	1996	Marckolsheim	tiefgründiges braunes Ried	gering	Banguy	P	08/10	200	115	Roggen	nein	08/10	26/3	55	151	59	sehr schwach entwickelt
61	1997	Rouffach	tonig-sandiger Lehm	mittel	DK 256	P	23/09	139	93	Rettich+Senf	Chisel	24/09	28/10 Frost	33	/	32	schwache und uneinheitl. Entwicklung
62	1997	Rouffach	tonig-sandiger Lehm	mittel	DK 256	P	23/09	139	93	Roggen	Chisel	24/09	10/12	33	27	32	schwache und uneinheitl. Entwicklung
63	1997	Rouffach	LAS	mittel	DK 256	P	23/09	139	93	Roggen	Chisel	24/09	15/3	33	41	57	schwache und uneinheitl. Entwicklung
64	1997	Rouffach	LAS	mittel	DK 256	P	22/10	139	94	Roggen	Chisel	24/10	10/12	42	/	/	schwache und uneinheitl. Entwicklung
68	1998	Rouffach	LAS	mittel	Baltimore	P	22/09	151	104	Senf	Chisel	25/09	20/11 Frost	21	33	16	(*)
69	1998	Rouffach	LAS	mittel	Baltimore	P	22/09	151	104	Roggen	Chisel	25/09	mars	21	19	16	(**)
Bem.: Mais sämtlich als Körnermais geerntet (*): guter Aufgang, 15cm Wuchshöhe bis zum Abfräsen (**): guter Aufgang, TM zum Winter unbedeutend																	

4.2. Die Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse

Alle zwischen 1994 und 1997 aufgezeichneten Versuche sind in Tabelle 5 festgehalten. Auf detaillierten Blättern (Anhang 7) sind die vollständigsten der Versuche, auf die sich Untersuchung und Kommentare stützen, dargestellt.

4.2.1. Wird das Potential erreicht?

Freilich wird aus den schon erwähnten Gründen das im Modell errechnete Wachstumspotential nicht erreicht.

Es muß angemerkt werden, daß in vier von acht Untersuchungsräumen die Stoppelsaat als ein landwirtschaftlicher Mißerfolg endete, denn die Pflanzendecke ist nicht ordentlich aufgegangen oder durch Frost zu früh in ihrem Wachstum unterbrochen worden. Für Messungen auf diesen Roggenparzellen erachteten die Versuchsleiter den Pflanzenbestand in den Jahren 1996, 1997, 1998 als zu dürrtig.

In den übrigen Fällen hat sich der Senf je nach Untersuchungsraum und im Boden vorhandenem Stickstoff recht gut bis sehr gut entwickelt. Solchermaßen beläuft sich die Höhe der N-Fixierung 1995 in Oberhergheim auf 40 kg/ha bei einem Nmin-Gehalt zur Ernte von 80 kg/ha. In Rouffach dagegen nimmt die Zwischenfrucht 1998 je Hektar nur 7 kg Stickstoff auf – bei einem zur Ernte bescheidenen Nmin-Wert von 21 kg/ha. Trotz des lückig-kümmernden, unspektakulären Aufwuchses der Zwischenfrucht kann in diesem letzten Fall aber nicht von einem landwirtschaftlichen Mißerfolg gesprochen werden, denn ein starkes Wachstum ist angesichts des geringen Stickstoffgehaltes im Boden nicht zu erwarten gewesen.

4.2.2. Gründe für den schlechten Nutzeffekt

Die schlechte Leistung einer Stoppelsaat-Zwischenkultur nach Mais liegt hauptsächlich im Fehlen einer hinreichend großen Temperatursumme begründet, die zur Erzeugung hoher Biomassen und zur Bindung relevanter Mengen an Nitraten (und somit für einen Umwelteffekt) notwendig ist.

Ursache dieses Problems ist der späte Erntezeitpunkt des Körnermais. Zwei Wochen Abstand zwischen zwei Aussatterminen im September ergeben sehr verschiedene Temperatursummen (1994 um ca. 200 °C) und daher starke Differenzen im Wachstum und in der Stickstoffabsorption. So erbrachte beispielsweise ein Rettich-Senf-Gemisch bei Aussaat am 14. September 1994 (Versuch Nr. 24) 1,09 Tonnen oberirdische Trockenmasse je Hektar und somit eine Stickstoffbindung von 46,5 kg/ha; am 27. September ausgesät, wurden 0,69 t TM und 28 kg N-Absorption pro ha ermittelt.

Ein kalter (mäßiges Wachstum) und trockener (schwieriger Aufgang) Herbst liefert keinen sehr überzeugenden landwirtschaftlichen Erfolg, denn die Pflanzendecke bleibt unterentwickelt, ohne daß aus Sicht des Umweltschutzes eine Niederlage zu verzeichnen ist, denn auch die Mineralisation im Boden ist dann gebremst und eine Auswaschung kaum der Fall.

Das andere Problem in dessen Anbetracht die Stoppelsaat für Gebiete mit kontinentalem Klima zu unsicher erscheint, ist die Abtötung der Zwischenkultur durch Frühfröste. Dieser Fall trat im Versuch Nr. 32 (Obernai 1995) ein: Die Zwischenfrucht mit Aussaat am 27. September erzeugte lediglich 0,3 t TM/ha und band 12 kg N/ha. Der Senf bekam in diesem Versuch sehr verfrüht Frost ab, der 1995 schon Anfang November Einzug hielt; sein Wachstum ist vorzeitig beendet worden. Gleiches geschah im Versuch Nr. 68 (Rouffach 1998).

Die Stickstoffmessungen die in den Versuchen Nr. 25 und 29 mit einer Ansaat von Gerste mit Klee registriert worden sind, belegen ein schwächeres Stickstoffabsorptionsvermögen dieser Arten im Vergleich zum Rettich-Senf-Gemisch. Dies ist verständlich aufgrund des im Vergleich zu Getreide schnelleren Wachstums von Kreuzblütern (Laurent et al., 1995).

Den Anmerkungen der Versuchsleiter zufolge haben in den Versuchen mit Ansaatmischungen der Senf bzw. die Gerste sich jeweils dem Rettich bzw. dem Klee gegenüber durchgesetzt. Die Wahl solcher Mischungen ist insofern nur dann angezeigt, wenn die Pflanzendecke bis zum Frühjahr erhalten bleiben soll, denn so können sich langsam aufwachsende aber frostresistente Arten entwickeln und den Boden bedecken. So wird beispielsweise in Deutschland Winterrübsen gesät, der im Unterschied zum Senf winterhart ist. Das aber ist dann der Fall, wenn Silomais angebaut wird und die Pflanzendecke bis Ende des Winters bestehen bleibt.

4.2.3. Auswirkungen auf die Nmin-Gehalte zu Beginn des Winters

Im Anhang sind detaillierte Blätter zu den Versuchen eines jeden Untersuchungsraumes einzusehen. Auf Basis der verschiedenen Daten kann, je nach ihrer Verfügbarkeit, auf einen landwirtschaftlichen Erfolg (Wachstum einer Pflanzendecke) bzw. auf einen Erfolg aus Umweltsicht (Wirkung auf Nmin und das Auswaschungsrisiko) geschlossen werden.

In einigen Fällen ist die bemerkenswerte Stickstoffminderung im Herbst bzw. zu Winteranfang (Versuche Nr. 24 und 25) eindeutig der angelegten Pflanzendecke zuzuschreiben. Die Ergebnisse anderer Versuche sind bisweilen schwierig zu interpretieren, denn die dort einwirkenden Faktoren sind nicht näher beurteilt worden. Dazu gehört beispielsweise die Mineralisierung, die sich je nach der getesteten Bodenbearbeitungsvariante die auf die Maisernte folgte unterschiedlich verhielt.

4.3. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

In Situationen mit dem Risiko einer schnellen Regenversickerung (stark durchlässiger Boden, hohe Herbstniederschläge...) erscheint es vollkommen unbrauchbar und nicht ratsam, eine Getreideart als Zwischenfrucht anzubauen. Sehr begrenzt wird die Effizienz auf alle Fälle sein, wenn die Vegetation zum Ende des Herbstes abgetötet wird (Lajoux et Castillon, 1995).

Belgische Versuchsgruppen (Mouraux et al., 1993) haben Feldversuche mit Senf, Rettich und Roggen als Stoppelsaaten nach flacher Pflugfurche und Saatbettbereitung durchgeführt. Die Pflanzendecke verblieb den Winter über und die Biomasse wurde Ende des Winters abgeerntet.

Hier die wichtigsten Feststellungen ihrer Beobachtungen:

- Bei einer späten Maisernte kann der Aufwuchs einer Pflanzendecke mit den meisten dafür in Frage kommenden Arten nicht erfolgreich abgeschlossen werden.
- Lediglich für den Winterroggen ergibt sich eine Verwendung in der Praxis; dann aber muß der Mais vor dem 5. bis 10. Oktober das Feld räumen.
- Nach Verwendung von Arten mit üppigem Wuchs (oberirdisch und der Wurzeln) wie etwa bei Roggen ist der Stickstoff im Boden bis zum Winteranfang so gut wie vollständig aufgebraucht.
- Der Nitratverbrauch beginnt rasch und eine bei unbedecktem Boden zur Nachsaison beobachtbare Anreicherung im Boden bleibt aus.
- Zum Ende des Winters beträgt die Stickstoffabsorption durch die Pflanzendecke durchschnittlich zwischen 40 und 60 kg N/ha. Wie es scheint, erreicht sie im Optimalfall Größenordnungen um 60 bis 80 kg N/ha, was einem Trockenmasseertrag von 2.000 bis 2.500 kg/ha gleichkommt (Mouraux et al. 1993).

Diese Bezugswerte stammen aus einer weniger kontinental beeinflussten Region (Vegetationsruhe nicht so früh wie im Elsaß) und setzen den Erwartungen in Richtung auf den Biomasseertrag und die Stickstoffentnahme einer Stoppelsaat-Zwischenkultur Grenzen. Diese Grenzen gelten vor allem dann, wenn die Ansaat so wie in den Versuchen aus dem Elsaß ohne vorherige Bodenbearbeitung ausgeführt wird.

Versuche die am Landwirtschaftsgymnasium in Courcelles-Chaussy (im Departement Moselle) zur Wirkung des Zwischenfruchtanbaus in der Silomais-Monokultur ausgerichtet worden sind, schlossen mit dem Ergebnis, daß es gar keine Alternative zur Aussaat einer Wintergetreideart nach Bodenbearbeitung gibt, wobei Gerste als besonders geeignet angesehen wurde.

4.4. Grenzen der Leistungsfähigkeit der Stoppelsaat als Nitrutfänger

Die Auswahl beschränkt sich auf schnellwüchsige Arten wie Getreide (Roggen, Gerste) oder Kreuzblüter (Senf). Damit von der Pflanzendecke eine bedeutsame Wirkung ausgehen kann, darf die Aussaat auf alle Fälle nicht zu spät erfolgen (nach dem 25.09.).

Eine Lösung scheint die Ansaat von Senf zu sein (robust, geringe Saatgutkosten...). Diese Pflanze kann aber in manchen Jahren durch Frühfröste (alle 5 Jahre schon in der ersten Novemberwoche -3°C Frost) ihre Wirkung einbüßen, weshalb sie nur für Regionen mit ozeanischem Klima oder für frühe Aussaaten im Elsaß (10.09.) in Frage kommt. Zudem beginnt der Herbst im Elsaß häufig trocken, was die Anlage einer Senfstoppelsaat begrenzt – vor allem, wenn auf die Bodenbearbeitung verzichtet und eine Breitsaat ausgeführt wird (mangelnde Feuchtigkeit und schlechter Bodenkontakt der Saat).

Die Ansaat eines Getreides bleibt einer Frühsaat mit Bodenbearbeitung und Sämaschine vorbehalten und scheint nur für solche Fälle eine interessante Lösung zu sein, in denen der Umbruch der Zwischenfrucht erst zu Ende des Winters erfolgt.

Unter günstigen Umständen und hohen Auflagen (wie etwa die Aussaat des Senfs am 15. September) ist es denkbar Fixierungsleistungen zu erhalten, welche mit zu Winteranfang 40 kg N/ha im Aufwuchs die der Untersaat übersteigen.

- **4.5 Ökonomische Aspekte:**

Welche zusätzlichen Kosten entstehen durch das Verfahren?

Ohne Berücksichtigung der verfahrenstechnischen Kosten, deren Höhe ganz von der Art der Bodenbearbeitung abhängt, erweist sich die Stoppelsaat als sehr wirtschaftlich: Für Saatgut müssen zwischen 60 und 120 F/ha veranschlagt werden.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1. Gesamtergebnis der Untersuchung

Ungeachtet der Anbauform einer Zwischenfrucht sind unter den klimatischen Verhältnissen des Elsaß die mit ihr zu erreichenden Leistungen hinsichtlich der Stickstoffbindung nach der Körnermaisernte nur mäßig und unsicher. Ein Grund dafür ist der bei Körnermais späte Zeitpunkt der Ernte; sie steht auf der Mehrheit der Flächen für üblich im Oktober an. Bis zur Vegetationsruhe bleibt der Zwischenfrucht daher zu wenig Zeit für eine ausreichende Entwicklung.

Soll ihr Erfolg gesichert sein, so müssen für die Ansaat von Gräseruntersaaten mit Mais als Deckfrucht einige praktische Bedingungen berücksichtigt werden (keine zu späte Aussaat, selektive Unkrautbekämpfung im Mais muß Grassaat aussparen). Bleiben Zwischenfälle aus, so werden die Gräser zur Maisernte angewachsen sein. Hingegen wird der Wachstumsverlauf der Pflanzendecke nach der Ernte zu einem großen Teil durch die Art der Behandlung der Erntereste und die herbstlichen Klimaverhältnisse bestimmt. Wenngleich nach einer Silomaisernte vor Mitte September die Stoppelsaat als Zwischenfrucht eine erwägenswerte Möglichkeit darstellt, so ist es doch quasi unmöglich, eine solche Anlage nach der Ernte von Körnermais zum Erfolg zu bringen: Im Elsaß kommt der Körnermais in den frühesten Lagen durchschnittlich erst Ende September zur Ernte; dann verbleiben allerdings zu wenige dem Wachstums förderliche Tage bis zum Winter. Im Elsaß fallen im Herbst eher geringe Niederschläge, weshalb es nicht in jedem Jahr mit Sicherheit zum raschen Auflaufen der Saat kommt. Kommt es dazu, so verringern sich die Temperaturen im November doch zu sehr, als daß sie ein aktives Wachstum der Pflanzendecke gewährleisten könnten.

Insgesamt gesehen gestatten im Elsaß die geringen Niederschlagsmengen im Herbst und vor allem die ab November niedrigen Temperatursummen einer Zwischenfrucht kein wesentliches Wachstum. Die Ergebnisse der in diesem Bericht zusammengestellten Versuchsserie lassen im Mittel nur eine Stickstoffabsorption zwischen 15 bis 30 kg N/ha erwarten, die von Aufwuchs und Wurzeln des Bodenbedeckers bis zum Winterbeginn erzielt werden kann.

5.2. Bilanz der Stärken und Schwächen

Untersaat

	Stärken	Schwächen
Praktische Durchführbarkeit	-bei entspr. Ausstattung: Aussaat Weidelgr.+Hacken+Bandspritzung in einer Überfahrt Nach Ernte im Herbst keine weiteren Arbeiten mehr, (Pflanzendecke im Prinzip vorhanden)	-keine Zerkleinerung der Maisstengel -Atrazinanwendung kaum möglich, stattdessen Bandspritzung -Wahl einer frühen Maissorte
Umweltwirkung	-ohne Zwischenfrucht ist Nmin zu Winteranfang bisweilen erhöht	- Senkung funktioniert nur bei zeitiger Maisernte
Verfahrenskosten	-weniger Pflanzenschutz-aufwand durch Bandspritzung -keine zusätzliche Überfahrt	- Kosten für Saatgut ziemlich hoch
Sonstige Idw. Folgewirkungen	-Stickstoffspeicherung, Mineralisierung der Pflanzenmasse -Durchlüftung des Bodens -Verhindert Bodenverdichtung/-verschlammung durch herbstliche Regenfälle	- Schädlinge finden in den nicht zerkleinerten Stengeln Unterschlupf (Maiszünsler,)

Stoppelsaat

	Stärken	Schwächen
Praktische Durchführbarkeit	- keine grundsätzl. Änderung in der Bestandesführung von Mais - grundsätzlich größere Freiheit in der Wahl der Pflanzenarten	-frühes Abfrieren der Kreuzblüter - Schneckenkalamitäten möglich -Verwendung einer frühen Maissorte, zeitige Ernte
Umweltwirkung	-Minderung der Auswaschung - ohne Zwischenfrucht ist Nmin über Winter erhöht	-Zwischenfrucht schlecht entwickelt, Nmin über Winter höher als bei Schwarzbrache - funktioniert nur bei zeitiger Ernte
Verfahrenskosten	-geringerer Düngeraufwand im Folgejahr, da Wiederverfügbarkeit des Stickstoffs der Zwischenfrucht - niedrige Saatgutkosten	- Bearbeitungsgang zur Saatbettbereitung
Sonstige landw. Folgewirkungen	-Stickstoffspeicherung, Mineralisierung der Pflanzenmasse -Durchlüftung des Bodens dank Wurzelwachstum -Begrenzung der Oberflächen-erosion -Erlaubt die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern im September und Oktober	- Auswahl an Bodenbedeckern begrenzt durch die übrigen Fruchtfolgeglieder (Kohl, Raps, Zuckerrübe)

ZUSAMMENFASSUNG

Seit den achtziger Jahren ist der Mais die führende Kultur der landwirtschaftlichen Betriebe in der Oberrheinebene. Zur Zeit befinden sich ca. 155 000 ha unter Maisanbau (140 000 ha als Körnermais, Rest Silomais) im Elsaß, was 46 % der LF entspricht und ca. 130 000 ha (75 000 als Futtermais) in Baden-Württemberg.

Der höhere Deckungsbeitrag von Mais hat zur Vereinfachung der Verfahren und zur Verbreitung von Monokulturen auf einige Gebiete des Elsaß (südliche Zentralebene, nördlicher Streifen entlang des Rheins) geführt, wodurch die Böden dort während der Hälfte des Jahres ohne eine Pflanzendecke sind. Gleichzeitig sind in Hinsicht auf die hohe Stickstoffdüngung und die Bewässerung mit der Intensivierung des Anbaus Nitrateinträge in das Grundwasser wahrscheinlicher geworden. Damit sind zwangsläufig auch die Bedenken der um die Reinhaltung des Wassers bemühten Wasserwirtschaft gestiegen, und der Maisanbau sieht sich heute häufig in den Kontext eines umweltverschmutzenden Anbaus gestellt.

Mit der Einrichtung von Versuchsverbänden ist daher der landwirtschaftliche Berufsstand des Elsaß seit nunmehr zehn Jahren bestrebt, landbauliche Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, durch Fraktionierung und Mengenanpassung der Düngung dem Mais Stickstoff und Wasser streng an dessen Bedarf ausgerichtet zur Verfügung zu stellen. Im gleichen Zuge sind mit behördlicher Unterstützung umfangreiche Beratungsaktionen für die Landwirte initiiert worden (die Ferti-Mieux-Kampagne und neuerdings ein Bewässerungswarndienst). Diese Aktionen haben es den Landwirten ermöglicht, die wirtschaftlichen und ökologischen Problemfelder besser zu ermessen. Es konnten ihnen die bestmöglichen Verfahren vermittelt werden, und die Voraussetzungen für eine freiwillige schrittweise Orientierung hin zu umweltverträglicheren Verfahren wurden geschaffen.

Mittlerweile ist zu erkennen, daß, wenngleich mit dem Eingang der Dünge- und Bewässerungspraktiken in den landwirtschaftlichen Alltag der richtige Weg eingeschlagen worden ist, die Elsässer Ebene im Winter vegetationsfrei bleiben wird. Ist der Mais unter seinem Leistungsniveau geblieben, so verbleibt ebenso wie durch Mineralisierungsvorgänge mineralischer Stickstoff nach der Ernte im Boden. Diese herbstlichen Bodenvorräte werden daher unter hoher Wahrscheinlichkeit in die Tiefe verlagert und haben so ihren Anteil an der diffusen Verschmutzung des Grundwassers durch Stickstoffverbindungen.

Kommt für das Elsaß die Zwischenfruchtansaat nach der Körnermaisernte in Frage?

Wenngleich es erwogen werden kann, eine Zwischenkultur nach Silomais, der noch vor Mitte September geerntet wird, anzulegen, so ist es doch quasi unmöglich, erfolgreich eine leistungsfähige Anlage nach der Körnermaisernte zu Wege zu bringen: Im Elsaß kommt der Körnermais in den frühesten Lagen durchschnittlich erst Ende September zur Ernte.

Es verbleiben dann allerdings zu wenige das Wachstum einer Zwischenfrucht begünstigende Tage bis zum Winter. Im Elsaß fallen im Herbst eher geringe Niederschläge, weshalb es nicht in jedem Jahr mit Sicherheit zum raschen Auflaufen der Saat kommt. Kommt es dazu, so verringern sich die Temperaturen im November doch zu sehr, als daß sie ein aktives Wachstum der Pflanzendecke gewährleisten könnten. Wie aus den langjährigen Klimauntersuchungen für die Ebene Colmar-Mulhouse hervorgeht, stellen sich schließlich ab Mitte November (Medianwert) Temperaturen von -3 °C und darunter ein, wodurch das Wachstum einer Senfsaat zum Erliegen kommt bzw. die Kultur erfriert.

Von allen sonstigen häufig zur Bodenbedeckung angebauten Pflanzenarten mit rascher Entwicklung erfriert Phacelia am leichtesten! Eine jenseits des Rheins, in Baden-Württemberg in einigen Fällen erprobte Alternative stellt die Aussaat von frostresistentem

Rübsen dar. Jedoch verfügt er über ein nur langsames Wachstum, und seine Ansaat sollte auf Fälle beschränkt sein, in denen die Pflugfurche auf das Ende des Winters fällt. Obwohl Getreide frostresistent ist und nur geringe Saatgutkosten verursacht, erweist sich seine Aussaat als Zwischenfrucht mit Umbruch zu Winterbeginn genauso uninteressant: Für eine Aussaat nach der Maisernte ist sein Wachstumspotential im Herbst zu gering. Auch nicht überzeugen konnten jene wenigen Versuche, die sich mit einer überwinterten Roggenzwischenfrucht mit Umbruch im zeitigen Frühjahr vor der Maisaussaat befaßt haben. Um in der Stickstoffabsorption Leistung zu bringen, war der Roggen zu schlecht aufgegangen und im Winter zu schwachwüchsig.

Gräser-Untersaaten mit Mais als Deckfrucht: Eine mögliche Alternative mit unsicherem Ergebnis!

Als Untersaat bezeichnet man die Aussaat einer Art oder eines Artengemischs, im allgemeinen Weidelgras, zwischen die Maisreihen und zwar zu Anfang der vegetativen Phase.

Die Zwischenkultur entwickelt sich ganz gemächlich zu Beginn des Sommers (3- bis 4-Blattstadium bis Beginn der Bestockung, beim Weidelgras gegen Ende Juli) und verharrt dann in einer Ruhephase im August / September unter dem Mais. Sobald der Mais zu trocknen beginnt (September / Oktober), erfährt die Untersaat durch die wieder bis zum Boden reichende Sonnenstrahlung einen Wachstumsschub, der nach der Maisernte sein Maximum erreicht.

Zweck der Untersaat ist es einerseits, den Stickstoff zu binden, der vom Mais nicht ausgeschöpft wurde. Andererseits stellt sie auch eine Pflanzendecke dar, die dem Boden nach der Ernte Schutz vor Erosion bietet und ihn darüber hinaus vor Bodenverdichtungen durch Erntemaschinen oder Maschinen zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern bewahrt. Dieses in einer Vielzahl von Ländern untersuchte Verfahren (Deutschland, Frankreich, Belgien, Holland, Schweiz) ist heute wohlbekannt und wird im Silomaisanbau und für Regionen in denen kein Wassermangel besteht sehr empfohlen. In Baden-Württemberg ist die Methode auf Silomaisbauflächen weit vorangeschritten, so sie vom Landwirt dem Reglement der Agrarumweltmaßnahmen unterstellt worden sind: Das Programm MEKA sieht einen pauschalen finanziellen Ausgleich in Höhe von 140 DM/ha (ca. 460 FF/ha) für die Ansaat einer Zwischenfrucht vor. In Wasserschutzgebieten besteht laut Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) eine Verpflichtung zu der Ansaat, wenn Körnermais hintereinander angebaut wird. Auf leichten Böden oder organisch gedüngten Schlägen gilt für das Umbrechen der 15. Dezember als frühester Zeitpunkt.

In Hinsicht auf den Anbau von Körnermais im Elsaß, dessen Ernte für gewöhnlich im Oktober ansteht, ist die Fragestellung seit etwa zehn Jahren Gegenstand von Versuchs- und Demonstrationsvorhaben gewesen. Mehr als die Hälfte davon sind seit 1994 (1) im Rahmen der Arbeiten des ITADA durchgeführt worden.

Im Elsaß ist in den Versuchen zumeist mit einem Gemisch aus Deutschem Weidelgras und Welschem Weidelgras gearbeitet worden (oft mit der deutschen Fertigmischung „Sédamix“ aus 70 % Deutschem und 30 % Welschem Weidelgras).

Mit diesen Versuchen konnte deutlich gezeigt werden, daß das Untersaatverfahren im Körnermaisbau schwierig anzuwenden ist. Die Gründe dafür sind folgende:

- Die Ansaat von Weidelgras kann mißlingen, wenn übermäßige Bodentrockenheit einen schwachen Feldaufgang zur Folge hat, wenn eine Gräserschädigung auf die Unkrautbekämpfung im Mais zurückgeht oder wenn darüber hinaus der zu späten Aussaat des Grases (nach dem Sechs- bis Achtblattstadium) ein zu hoher Konkurrenzdruck durch den Mais im Sommer gegenübersteht. Zum Aufholen bleibt dem Gras bevor der Maisbestand die Reihen schließt nicht mehr die Zeit. Ebenso kann eine ungünstige weil späte Maissorte, die sich zudem stark vegetativ entwickelt, in einen Mißerfolg der Zwischenkultur münden. Hier ist hervorzuheben, daß der Faktor

Bewässerung nicht zwangsläufig das Aufwachsen des Weidelgrases erleichtert, denn durch sie erreicht der Mais ein Maximum an vegetativem Wachstum und für die Untersaat verstärkt sich der Kampf ums Licht.

- Ein später Erntetermin von Mais ist Anlaß für eine schlechte Leistung der Untersaat: Die bis zum Winter verbleibende Zeit genügt der Saat nicht für ein intensives Wachstum. Auch eine mangelhafte Behandlung der Erntereste bringt Mißerfolge ein. Es kann aber vorkommen, daß ein schwaches Wachstum von Weidelgras nach der Maisernte zu der Annahme führt, die Anlage sei technisch gescheitert. Dem ist aber nicht in jedem Fall so, denn eine anhaltende Trockenheit im Herbst oder das Fehlen von Stickstoffsreserven im Boden hat eine nur geringfügige Aufnahme von Stickstoff durch die Pflanzendecke zur Folge, ohne daß dies für den Umweltschutzes einen Rückschlag bedeutet, denn das Auswaschungsrisiko für Nitrat ist dann gleich Null.

- **Wirkungen einer Untersaat auf Körnermais**

Bei Vorhandensein einer Weidelgras-Untersaat kann unter Voraussetzung einer recht frühen Körnermaisernte (Ende September – Anfang Oktober) von folgenden Effekten ausgegangen werden:

- Verringerung der Menge auswaschungsgefährdeter Nitrate. Wie die Versuche im Elsaß gezeigt haben, erscheint es angemessen, für durchschnittliche Fälle und ohne zur Maisernte übermäßige Nmin-Gehalte von einer Stickstoffabsorption durch die Zwischenfrucht (Aufwuchs + Wurzeln) in der Größenordnung von 15 bis 20 kg N/ha bis zu Beginn des Winters auszugehen. Bei nach der Maisernte hohen Nmin-Gehalten des Bodens konnte die Absorption durch die Pflanzendecke reichlicher ausfallen (bis zu 45 kg N/ha im Aufwuchs, entsprechend ca. 60 kg N/ha einschließlich der Wurzeln).
- Wasserverbrauch proportional zur erzeugten Biomasse des Bodenbedeckers. Damit geht für den Boden eine Verzögerung des Übergangs in den Dränagezustand einher, mit dem sonst die Phase der Nitrat auswaschung eingeleitet wird.

Diese Zahlen markieren deutlich die Grenzen eines Zwischenfruchtanbauverfahrens mit einer Weidelgrasuntersaat und Körnermais als Deckfrucht. Die Stickstoffabsorption durch einen pflanzlichen Bodenbedecker, die im Elsaß in Untersaat-Versuchen erreicht wurde, hat niemals die in belgischen, deutschen oder schweizer Versuchen gewonnenen Werte erreicht. Der sehr üppig dastehende Mais auf den Parzellen im Elsaß (teils bewässert) erzeugt gewiß mehr noch als andernorts eine ungünstige Beschattung, die einen großen Teil des jungen Weidelgrasaufwuchses verkümmern läßt. Zudem ermöglichen die Wasserverhältnisse, die im Herbst oft limitierend wirken (der für 40 Jahre für die Stationen Entzheim und Meyenheim ermittelte Median liegt für Oktober bei 27 bis 32 mm) der Zwischenfrucht vor dem Winter eigentlich keine hohen Erträge. Dadurch ist ihr Absorptionsvermögen für Bodenstickstoff begrenzt.

Dennoch kann ein solches Verfahren in einigen besorgniserregenden Fällen zu einer Minderung der Risiken von Nitrateinträgen ins Grundwasser geeignet sein (etwa dann, wenn der Mais sein Leistungspotential nicht ausschöpft; er erreicht dann einen Zustand der Überdüngung). Die Wirksamkeit der Pflanzendecke dürfte verbessert sein, wenn sie über den Winter bestehen bleibt, um erst im darauffolgenden Frühjahr umgebrochen zu werden. Solchermaßen zu verfahren ist denkbar für Fälle in denen Erosion ein Problem darstellt oder auch für Betriebe, die die Kultur vor dem Umbrechen als Futter verwerten möchten. Man ist leicht versucht, die Möglichkeiten eines solchen Verfahrens in einen größeren Maßstab übertragen, schließlich ist es theoretisch möglich, ausgehend von einer durchschnittlichen Stickstoffabsorption von 15 kg/ha, mit einer Untersaat nach Mais im Herbst auf den 155 000 ha Mais im Elsaß ca. 2 300 Tonnen Stickstoff zu binden und so vor einer möglichen winterlichen Auswaschung zu bewahren. Indes muß klar erkannt werden, daß dieses Anbauverfahren nicht nur mit hohen Kosten verbunden ist, sondern daß es für sich allein genommen keinesfalls eine Absicherung gegen

jedes Risiko bedeutet und allem voran für das Elsaß nicht im großen Rahmen zu verallgemeinern sein wird.

Für den allergrößten Teil der Körnermaisflächen im Elsaß mit Erntetermin im Oktober ist die Technik der Weidelgrasuntersaat als nicht angepaßt zu anzusehen. Das Risiko eines Mißerfolgs der Weidelgrasansaat darf dementsprechend tatsächlich nicht zu gering eingestuft werden und auch ihre Wirksamkeit als Nitrattfänger im Herbst ist sehr begrenzt, wenn es zum Umpflügen zu Beginn des Winters kommt.

Bestehende Hemmnisse gegenüber der Anwendung des Untersaat-Anbauverfahrens:

- *Direkte Kosten:*

Die unmittelbar entstehenden Kosten sind im typischsten Fall jene für Saatgut und für eine zusätzliche, zur Aussaat erforderliche Überfahrt.

Die Kosten für Saatgut variieren bei einer Aufwandsmenge von 20 kg/ha zwischen 250 bis 300 F/ha. Schließlich werden für das Hacken durch einen Lohnunternehmer vor der Aussaat (150 bis 200 F/ha) bzw. für eine kombinierte Überfahrt mit Hacken, Reihenunkrautbehandlung und Ablage der Grassaat zwischen den Maisreihen in einem Arbeitsgang (durchschnittliche Kosten nicht ermittelt) zusätzlich die Kosten erhöht. Allseits wird für Weidelgras gleichzeitig mit der Aussaat eine Überfahrt, in der chemische Unkrautbekämpfung (Reihenspritzung) und Hacken zwischen den Reihen kombiniert sind, empfohlen. Diese Lösung vermeidet eine zusätzliche Überfahrt für die Weidelgrasaussaat und läßt eine Verringerung der Saatgutmenge zu, denn der durch das Hacken verbesserte Kontakt zwischen Saat und Boden fördert das Auflaufen.

- *Fehlende Ausstattung der Betriebe mit dem passenden Maschinenmaterial:*

Steht das für die simultane Durchführung von Hacken, Reihenspritzung und Aussaat notwendige Material nicht zur Verfügung, so kann ein pneumatischer Düngerstreuer verwendet werden, wenn er mit Streuorganen ausgestattet ist, die die Saat zwischen den Reihen an der Bodenoberfläche ablegen. Diese Lösung erlaubt spielend die Einsaat von mehreren Dutzend Hektar am Tag.

Vorsicht vor der Verwendung von Schleuderstreuern: Sie sind ungeeignet, da die Samen zu leicht sind und ihre Verteilung zu ungleichmäßig ist (festgehalten in den Blattachsen vom Mais).

- *Notwendigkeit einer Abstimmung zwischen Unkrautbekämpfung und Anbautechnik für Untersaaten*

Die chemische Unkrautbekämpfung in Reihen und ein damit kombiniertes Hacken verläuft langsamer als die klassische chemische Flächenspritzung. Werden große Maisschläge bewirtschaftet, so erscheint die Durchführung deshalb schwierig. Eine Hackmaschine (6 m) mit Bandspritzeinrichtung erlaubt jedoch die Behandlung einer Fläche von 20 bis 25 ha pro Tag (8 km/h Fahrgeschwindigkeit). Natürlich wird hier mehr Zeit als bei einer Flächenspritzung mit 24 m breitem Gestänge benötigt. Jedoch sollte die ermöglichte Einsparung von ca. 2/3 der Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln je Hektar bedacht werden. Darüber hinaus geht auch ein positiver Effekt für die Umwelt mit einher.

Anmerkung: Es kommt auch eine Flächenspritzung im Mais in Betracht, wenn der Spritzplan dem Weidelgras Rechnung trägt: Entweder durch Einhaltung eines ausreichenden zeitlichen Abstands zwischen Unkrautbehandlung und Aussaat (Vor-Auflauf-Behandlung) oder durch Anwendung minder-aggressiver Herbizide ohne Gräsertoxizität bei der Nach-Auflauf-Behandlung (Mikado, Lentagran, Banvel, Titus+Bropy...).

- Einfluß des Weidelgrasbestandes auf die Produktivität der Mais-Deckfrucht
Entgegen mancher Vorurteile deuten die erhaltenen Befunde darauf hin, daß eine Ertragsdepression durch die Untersaat in Mais nur zu erwarten ist, wenn ihre Aussaat in einem zu frühen Stadium erfolgt (vor dem Vier- bis Sechsstadium).

- *Verzicht auf spätreife Maissorten, um den Erfolg des Verfahrens abzusichern.*

Es stellt sich hier die Frage, ob man nicht in ein oder anderen Jahr riskiert, das Niveau der Maximalerträge später Maissorten zu verfehlen. Wie bei Vergleichen (Banguy / DK 300) innerhalb einiger ITADA-Versuche festgestellt wurde, fallen jedoch die bei späten Sorten möglichen Mehrerträge nicht regelmäßig viel höher aus.

In anderen Fällen konnte gezeigt werden, daß es zwischen einem Maisschnitt Ende September und einem späteren Mitte Oktober innerhalb einer Sorte auf ein und demselben Schlag überhaupt keinen bedeutsamen Unterschied hinsichtlich der Erträge gibt. Das Ertragspotential wird also nicht zwangsläufig „beschnitten“, wenn der Mais vorzeitig gemäht wird, doch werden durch die zu berücksichtigende höhere Feuchtigkeit zusätzliche Kosten für die Trocknung verursacht.

- *Verzicht auf Zerkleinerung der Erntereste*

Die Beratungsdienste empfehlen die Feinzerkleinerung der Maisstengel nach der Ernte zu Zwecken der Bekämpfung bohrender Raupen (Maiszünsler, Eulenfalter...)

Was wäre die Folge, wenn im Herbst wieder großflächig nicht zerkleinerte Erntereste zurückblieben?

ANHANG

Anhang 1 – Tabellarischer Überblick zu den Feldversuchen in der Rheinebene (Elsaß und Baden)

Anhang 2 – Biomasse einer Getreide-Stoppelsaat

Anhang 3 - Biomasse einer Kruziferen-Stoppelsaat

Anhang 4 – Untersuchung der Niederschlagshäufigkeit im Elsass

Anhang 5 – Häufigkeitsuntersuchung zum Zeitpunkt des ersten aufgetretenen Frosts
– Häufigkeitsuntersuchung der Temperatursummen zwischen einem angenommenen Aussaattermin von Senf und dem mittleren Auftreten des ersten bedeutenden Frosts

Anhang 6 – Untersaat-Zwischenfrucht in Mais

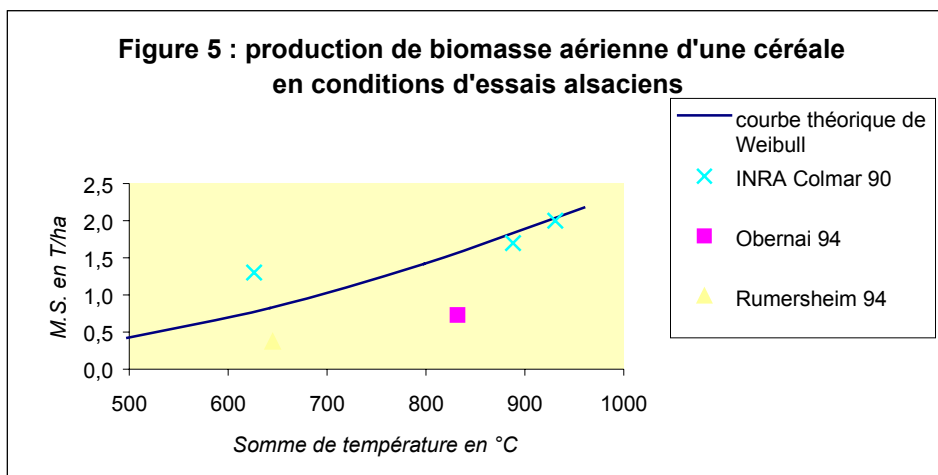
Anhang 7 – Stoppelsaat-Zwischenfrucht nach Mais

Anhang 8 – In Untersaatversuchen verwendete Herbizidwirkstoffe und ihre Wirkungsintensität gegenüber Weidelgras

ANHANG 1 : Tabellarischer Überblick zu den Feldversuchen					
in der Rheinebene (Elsaß und Baden)					
Versuchsnummer	Untersuchungsraum		Versuchsbetreiber	Berichtsveröffentlichung	Wetterstation
	Jahr	<i>Versuchsanlage</i>			
1/2	1988	Rustenhart	ITCF/CA 68	ARAA	Meyenheim
3/4	1989	Rustenhart	ITCF/CA 68	ARAA	Meyenheim
5	1989	Oberhergheim	ITCF/CA 68	ARAA	Meyenheim
6	1990	Pfttishheim	CA 67	ARAA	Entzheim
7/8	1990	Niederentzen	ITCF/CA 68	ARAA	Meyenheim
9	1990	Stotzheim	CA 67	ARAA	Sélestat
10	1991	Hilsenheim	CA 67	ARAA	Sélestat
11	1991	Landser	ITCF/CA 68	ARAA	Mulhouse
12	1993	Dornach	CA 68	ARAA	Mulhouse
13	1993	Hettenschlag	CA 68	ARAA	Meyenheim
14	1993	Ste Croix	CA 68	ARAA	Meyenheim
15	1993	Oberhergheim	CA 68	ARAA	Meyenheim
16	1993	Roggenhouse	CA 68	ARAA	Meyenheim
17	1993	Blodelsheim	CA 68	ARAA	Meyenheim
18/19/20/21	1994	Linx	IfuL	ITADA	/
22/23/24/25	1994	Obernai	ITCF/LAO	ITADA	Entzheim
26/27/28/29	1994	Rumersheim	ITCF/CAC	ITADA	Meyenheim
30/31/32	1995	Obernai	ITCF/LAO	ITADA	Entzheim
33/34/35/36	1995	Oberhergheim	ITCF/CAC	ITADA	Meyenheim
37/38/39/40	1996	Marckolsheim	ITCF/AGPM	ITADA	Sélestat
41/42	1996	Ebnet	IfuL	ITADA	Ebnet
43/44/45	1996	Zarten	IfuL	ITADA	Ebnet
46	1996	Stegen	IfuL	ITADA	Ebnet
47	1996	Buchenbach	IfuL	ITADA	Ebnet
48	1996	Burg	IfuL	ITADA	Ebnet
49/50/50b	1996	Kirchzarten	IfuL	ITADA	Ebnet
51/52/53/54	1996	Breisach	INRA	ITADA	/
59/60/61/62/63/64	1997	Rouffach	ITCF/AGPM/LAR	ITADA	Meyenheim
55/56/57/58	1997	Breisach	INRA	ITADA	/
65	1997	Ebnet	IfuL	ITADA	Ebnet
66/67/68/69/70	1999	<i>Rouffach</i>	ITCF/AGPM/LAR	ITADA	Meyenheim
Die Nummern der Versuche mit Stoppelsaaten erscheinen fettgedruckt					

ANHANG 2

BIOMASSE EINER GETREIDE-STOPPELSAAT				
Aussattermin	Temperatursumme	TM in t/ha	Berechnung der Biomasseproduktion eines Getreides in Abhängigkeit von den zwischen seiner Aussaat und dem Vegetationsende (1. Dez.) empfangenen Temperatursummen auf Grundlage der Weibull-Funktion unter nicht-limitierenden Bedingungen	
01-sept	960	2,18		
10-sept	798	1,42		
20-sept	642	0,82		
01-oct	498	0,42		
Die in der Weibull-Funktion verwendeten Parameter beziehen sich auf Roggen.				
$TM = 6,35 * (1 - \text{EXP}(-0,47 * (\text{Temp}^2,75)))$				
Geltungsbereich der Weibull-Funktion im Falle von Roggen:				
400 bis 1780°C für 0,4 bis 5,4 t TM/ha				
Zu berücksichtigen ist das gegenüber Gerste stärkere Wachstum von Roggen				
Quelle: ITCF, INRA (Perspectives Agricoles Nr.206 - oct 95)				
Anmerkung: Die Temperaturen stellen die Summen der zehntägigen Mittelwerte der Jahre 1988 bis 1997 für Colmar dar				
Tabelle der in der Rheinebene gemachten Feldversuche				
Pflanzenart	Versuchsanlage und Jahr	Temperatursumme zum 1. Dez.	TM (t/ha)	Aussaat-termin
Gerste + (Weißklee)	Obernai 94	832	0,73	14-sept
	Rumersheim 94	645	0,37	27-sept
Anmerkung: Nur die Versuche mit bekannter Trockenmasse (TM) wurden erfaßt.				



ANHANG 3 : BIOMASSE KRUZIFEREN-STOPPELSAAT

Aussaattermin	Temperatursumme	TM in t/ha	Berechnung der Biomasseproduktion eines Kreuzblüters in Abhängigkeit von den zwischen seiner Aussaat und dem Vegetationsende (1. Dez.) empfangenen Temperatursummen auf Grundlage der Weibull-Funktion unter nicht-limitierenden Bedingungen -
01-sept	960	2,70	
10-sept	798	2,02	
20-sept	642	1,35	
01-oct	498	0,80	

Die in der Weibull-Funktion verwendeten Parameter beziehen sich auf Senf.

$$TM=4,45*(1-EXP(-1,03*(Temp^{2,37})))$$

Geltungsbereich der Weibull-Funktion im Falle von Senf:

400 bis 1840°C für 0,5 bis 3,8 t TM/ha

Quelle : ITCF, INRA (Perspectives Agricoles Nr.206 - oct 95)

Anmerkung: Die Temperaturen stellen die Summen der zehntägigen Mittelwerte der Jahre 1988 bis 1997 für Colmar dar

Tabelle der in der Rheinebene gemachten Feldversuche

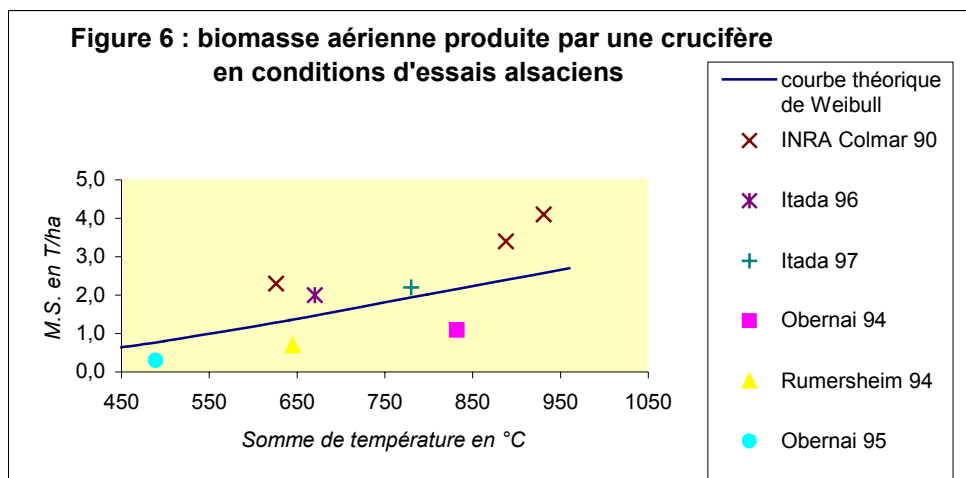
Pflanzenart	Versuchsanlage und Jahr	Temperatur *	TM (t/ha)	Aussaattermin
Senf + (Rettich)	Obernai 94	832	1,09	14-sept
	Rumersheim 94	645	0,69	27-sept
	Obernai 95	489	0,30	27-sept

* : Temperatursumme zum Vegetationsende

Fettgedruckte Werte außerhalb des Geltungsbereichs

Anmerkung: Nur die Versuche mit bekannter Trockenmasse (TM) wurden erfaßt.

Die Messung von Obernai '94 wurde am 24 Januar vorgenommen, die nach dem 1. Dez. produzierte Biomasse wird aber als vernachlässigbar betrachtet



ANHANG 4 :

UNTERSUCHUNG DER NIEDERSCHLAGSHÄUFIGKEIT						
MEYENHEIM						
von 1957 bis 1997						
Beginn	Ende	Décile 2	Median	Décile 8	Durchschnitt	
01/06	10/06	14	25	36	27	
11/06	20/06	5	20	30	21	
21/06	30/06	7	21	32	22	
01/07	10/07	7	22	32	24	
01/09	10/09	3	11	23	15	
11/09	20/09	3	14	27	17	
21/09	30/09	3	12	27	16	
01/10	10/10	2	9	19	12	
11/10	20/10	2	16	30	17	
21/10	31/10	3	7	22	11	
01/11	10/11	2	12	30	17	
11/11	20/11	2	13	32	20	
21/11	30/11	2	9	22	12	
Niederschlagssumme von Oktober und November:			66 mm			
MULHOUSE						
von 1984 bis 1997						
Beginn	Ende	Décile 2	Median	Décile 8	M+F107oyenne	
01/06	10/06	7	22	47	26	
11/06	20/06	1	19	27	18	
21/06	30/06	0	11	29	18	
01/07	10/07	4	22	42	27	
01/09	10/09	0	19	41	22	
11/09	20/09	6	16	33	21	
21/09	30/09	0	10	52	24	
01/10	10/10	5	14	28	18	
11/10	20/10	1	16	43	22	
21/10	31/10	4	8	29	18	
01/11	10/11	1	10	34	18	
11/11	20/11	3	10	44	21	
21/11	30/11	0	4	27	12	
Niederschlagssumme von Oktober und November:			62 mm			

SELESTAT					
von 1988 bis 1997					
Beginn	Ende	Décile 2	Median	Décile 8	Durchschnitt
01/06	10/06	4	21	36	23
11/06	20/06	0	3	15	8
21/06	30/06	4	16	22	16
01/07	10/07	1	13	50	24
01/09	10/09	2	8	26	18
11/09	20/09	4	10	18	14
21/09	30/09	0	7	22	14
01/10	10/10	9	14	20	21
11/10	20/10	0	7	21	12
21/10	31/10	0	6	18	10
01/11	10/11	2	9	19	16
11/11	20/11	6	13	17	15
21/11	30/11	0	5	14	7
Niederschlagssumme von Oktober und November:			54 mm		
ENTZHEIM					
von 1955 bis 1997					
Beginn	Ende	Décile 2	Median	Décile 8	Durchschnitt
01/06	10/06	10	21	33	23
11/06	20/06	8	3	38	25
21/06	30/06	7	16	40	26
01/07	10/07	8	13	36	23
01/09	10/09	5	8	31	18
11/09	20/09	6	10	27	21
21/09	30/09	2	7	26	16
01/10	10/10	4	14	22	14
11/10	20/10	2	7	31	18
21/10	31/10	2	6	26	13
01/11	10/11	3	9	24	15
11/11	20/11	6	13	24	18
21/11	30/11	3	5	21	12
Niederschlagssumme von Oktober und November:			74 mm		

ANHANG 5 :

<u>Häufigkeitsuntersuchung zum Zeitpunkt des Auftretens von erstem Frost</u>					
<u>vom 1. September bis 31 Dezember</u>					
Die Wetterwarten de Meyenheim und Entzheim repräsentieren die elsässische Ebene (zwischen Haguenau und Mulhouse)					
Warte MEYENHEIM (von 1957 bis 1997)					
Erster Frost	<i>Minimum</i>	<i>Décile 2</i>	<i>Median</i>	<i>Décile 8</i>	<i>Maximum</i>
bei -2°C	08/10	24/10	04/11	12/11	29/11
bei -3°C	22/10	05/11	17/11	29/11	01/01
bei -4°C	24/10	09/11	23/11	06/12	01/01
Warte ENTZHEIM (von 1955 bis 1997)					
Erster Frost	<i>Minimum</i>	<i>Décile 2</i>	<i>Median</i>	<i>Décile 8</i>	<i>Maximum</i>
bei -2°C	23/10	05/11	19/11	29/11	01/01
bei -3°C	26/10	11/11	21/11	01/12	01/01
bei -4°C	27/10	11/11	29/11	27/12	01/01
Minimum: frühestens					
Décile 2: eines von fünf Jahren					
Median: eines von zwei Jahren					
Décile 8: acht von zehn Jahren					
Maximum: spätestens					

ANHANG 5 :

HÄUFIGKEITSUNTERSUCHUNG DER TEMPERATURSUMMEN ZWISCHEN EINEM ANGENOMMENEN AUSSAATTERMIN VON SENF UND DEM MITTLEREN AUFTRETEN DES ERSTEN FROSTS					
Wetterstation MEYENHEIM					
	von 01/10 bis 17/11			von 20/09 bis 17/11	
	Kriterium	T _{Durchschnitt}		Kriterium	T _{Durchschnitt}
	Minimum	337		Minimum	513
	Décile 1	383		Décile 1	539
	Décile 2	389		Décile 2	567
	Décile 3	398		Décile 3	573
	Décile 4	424		Décile 4	588
	Median	445		Median	602
	Décile 6	456		Décile 6	618
	Décile 7	471		Décile 7	630
	Décile 8	480		Décile 8	643
	Décile 9	502		Décile 9	648
	Maximum	550		Maximum	680
	N	22		N	22
	Durchschnitt	440		Durchschnitt	600
	Standardabweichung	53		Standardabweichung	45
Wetterstation ENTZHEIM					
	von 01/10 bis 21/11			von 20/09 bis 21/11	
	Kriterium	T _{Durchschnitt}		Kriterium	T _{Durchschnitt}
	Minimum	389		Minimum	548
	Décile 1	398		Décile 1	568
	Décile 2	419		Décile 2	591
	Décile 3	431		Décile 3	603
	Décile 4	458		Décile 4	622
	Median	470		Median	631
	Décile 6	490		Décile 6	637
	Décile 7	500		Décile 7	653
	Décile 8	504		Décile 8	665
	Décile 9	517		Décile 9	674
	Maximum	541		Maximum	688
	N	22		N	22
	Durchschnitt	465		Durchschnitt	627
	Standardabweichung	48		Standardabweichung	41

ANHANG 6

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat:

Serie aus Einzelblättern mit Beschreibungen zu den vollständigsten Versuchen

Versuch 6

Versuch 12

Versuch 16

Versuch 22/23

Versuch 26/27

Versuch 30/31

Versuch 33/34

Versuch 59/60

Versuch 66/67

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 6

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Pfettisheim*
Jahr : 1990

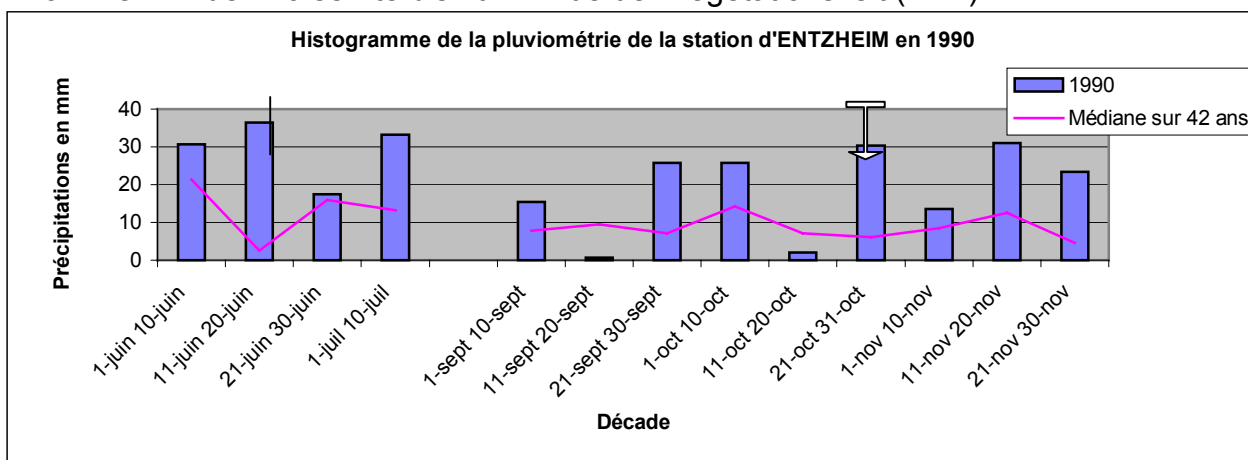
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Loesslehm*
Geringe Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt.+Welsch.Weidelg.
Aussaattermin : *Am 14 Juni*
Reihenunkrautspritzung
Ohne Auswirkung auf Bodenbedecker

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
DEA (d-P+)
Erntetermin : *24-oct*
Ertrag (dt/ha) : *88,2*
Ernterestezerkleinerung: /
N-Düngung (U/ha) : *170*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte
- unbewachsen : *74,7*
- mit ZwiFru : *47,9*
* zum Winteranfang : /
N-Bindung d. ZwiFru : /

Generelle Schlußfolgerung

Das Saatgut ist durch Hacken bei der Aussaat in den Boden eingearbeitet worden. Nach einem Gewitter am 13 August hat das Weidelgras sich richtig zu entwickeln begonnen. Kein signifikanter Unterschied im Kornertrag zwischen der begrüneten Parzelle und der Kontrollparzelle; somit kein Konkurrenzdruck von Weidelgras auf Mais in Bezug auf Nährelemente und Wasser. Der sommerlichen Wassermangel hat den Maisertrag getroffen, dadurch verringerte Stickstoffaufnahme durch Pflanzen und in der Folge höhere Nmin-Gehalte im Boden. Auf der Parzelle mit einem Weidelgrasaufwuchs gleich nach der Maisernte sind etwa 30 Einheiten weniger zu messen. Es ist bedauerlich, daß im Anschluß daran keine Weiterverfolgung stattfand.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 12

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Dornach*
Jahr : 1993

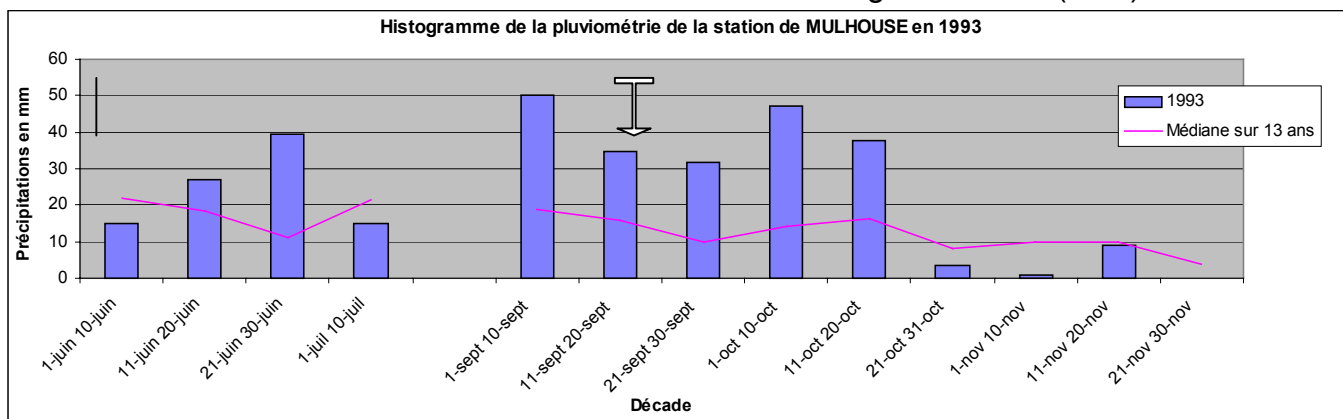
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Bodentyp der Illebene*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt.+Welsch.Weidelg.
Aussaattermin : *am 1-
Juni*
Flächenunkrautspritzung
Mäßig aggressiv gegen
den Bodenbedecker

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
DEA (d-P+)
Erntetermin : *17-sept*
Ertrag (dt/ha) : *120,5*
Ernterestezerkleinerung :
ja
N-Düngung (U/ha) : *175*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte (1/10)
- unbewachsen : *103,5*
- mit ZwiFru : *96,9*
* zum Winteranfg. (5/11)
- unbewachsen : *79,2*
- mit ZwiFru : *80,2*
N-Bindung d. ZwiFru: -

Generelle Schlußfolgerung

Dem Versuchsleiter zufolge ein nur mäßig überzeugender Erfolg. Das Weidelgras ist in seiner Entwicklung derart gehemmt worden, daß nach der Maisernte die Pflanzendecke sehr ungleichmäßig war.

Dennoch scheinen viele Faktoren für eine gute Entwicklung zu stehen, denn die Ernte ist zu einem recht frühen Termin und Stickstoff ist verfügbar. Dieser mäßige Erfolg dürfte in der Hauptsache auf einen Lichtmangel zurückzuführen sein, der ein normales Wachstum von Weidelgras verhindert. Boden und Weidelgras sind nämlich vollständig von den Pflanzenresten der bei der Maisernte zerkleinerten Maisstengel bedeckt.

Dennoch läßt es ein feststellbarer, schwacher Effekt auf den Nmin-Gehalt zu, dem Weidelgras einen günstigen Einfluß zuzuschreiben (Differenz von Nmin Anfang Oktober zu Anfang November ist geringer als in unbedecktem Boden).

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 16

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Roggenhouse*
Jahr : 1993

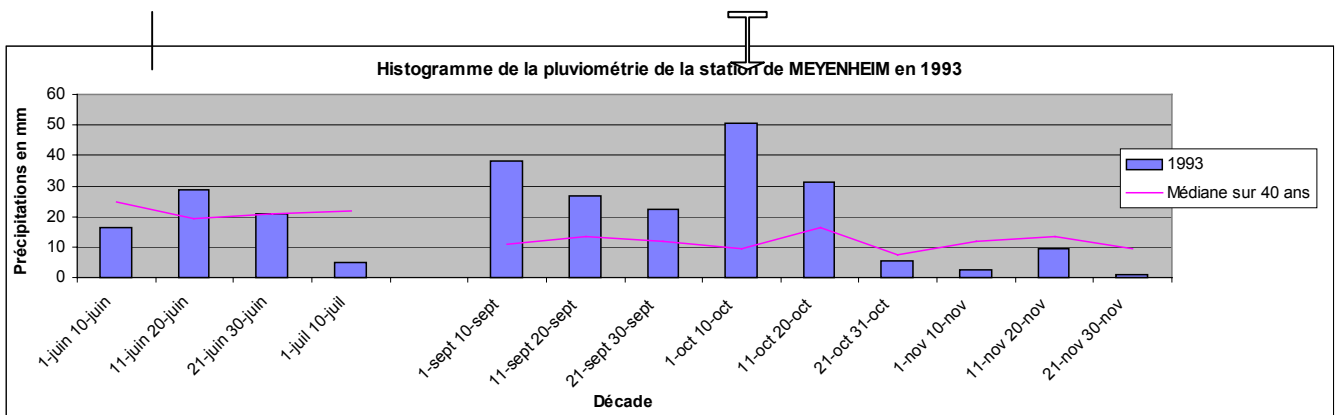
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Tiefgründige Hardt (sandig-toniger Lehm)*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Wetterkundliche Daten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt.+Welsch.Weidelg.
Aussaattermin : *am 8-Juni*
Reihenunkrautspritzung
Ohne Auswirkung auf Bodenbedecker

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
Anjou 37 (d-P)
Erntetermin : *15-oct*
Ertrag (dt/ha) : *121,5*
Ernterestezerkleinerung :
ja
N-Düngung (U/ha) : *198*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* am 1 Oktober
- unbewachsen : *48,8*
- mit ZwiFru : *48,6*
* zum Winteranfg. (5/11)
- unbewachsen : *79,7*
- mit ZwiFru : *54,7*
N-Bindung d. ZwiFru : /

Generelle Schlußfolgerung

Die Untersaat ist erfolgreich aufgegangen, war aber bei der Ernte spärlich und sehr ungleichmäßig verteilt. Im weiteren Verlauf war sein Wachstum nicht ausreichend gewesen, den überwiegenden Teil der Nitrate aus dem Boden aufzunehmen. Ausschlaggebend für diesen mittelmäßigen Erfolg dürfte ein Lichtmangel vor und nach der Ernte sein, der ein normales Wachstum von Weidelgras verhindert. Zwei Faktoren scheinen verantwortlich zu sein:

- die spätreife Maissorte
- Pflanzenreste aus den bei der Maisernte zerkleinerten Maisstengeln bedecken vollständig den Boden.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat VERSUCH NR. 22 (a) / 23 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Obernai*
Jahr : 1994

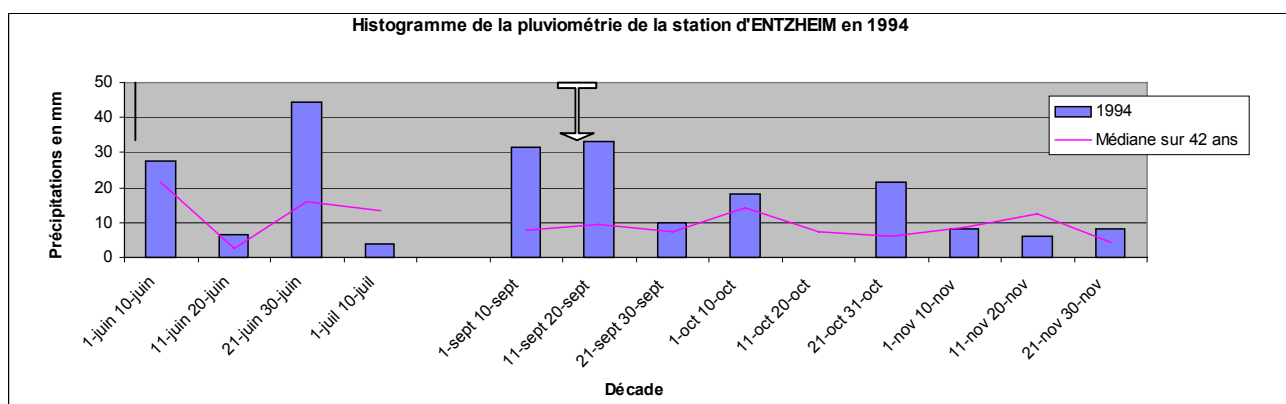
Angaben zum Boden

Bodentyp : *tiefgründiger Löß*
Geringe Nitratauswaschungsgefahr

Wetterkundliche Daten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt. Weidelg.
Aussaattermin : *am 30-Mai*
Flächenunkrautspritzung
Wirkung auf
Bodenbedecker: mäßig - aggressiv

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
(a) *DK 300 (mfr)*
(b) *Banguy (fr)*
Erntetermin : *13-sept*
Ertrag (dt/ha) : *124,4(a) / 121.2(b)*
Ernterestezerkleinerung:
nein
N-Düngung (U/ha) : 140

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* am 7 November
- unbewachsen : *71(b)*
* zum Winteranfg (24/01)
- unbewachsen : *92(a) / 108(b)*
N-Bindung d. ZwiFru : /

Generelle Schlußfolgerung

Trotz früher Aussaat und korrekter Niederschlagsmengen im Juni und im Herbst sind diese beiden Versuche Mißerfolge.
Der Versuchsleiter verweist auf die fehlende Bewässerung am Standort dem über Sommer Trockenheit beschieden war. Der Mißerfolg scheint der Sommertrockenheit zuzuschreiben zu sein.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 26 (a) / 27 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Rumersheim*
Jahr : 1994

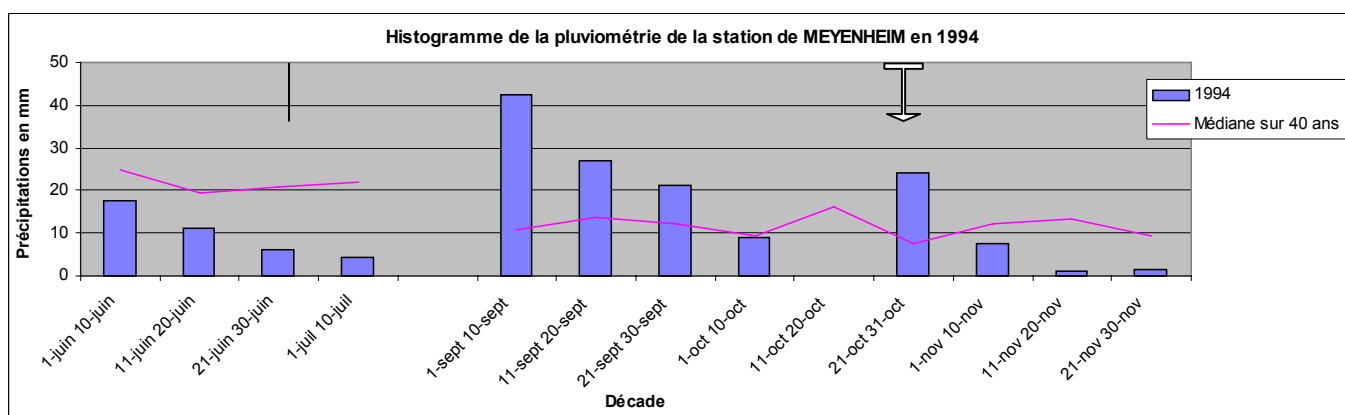
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Hardt, tiefgründiger Boden*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Wetterkundliche Daten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt. Weidelg.
Aussaattermin : 27.06.
Flächenunkrautspritzung
Wirkung auf Untersaat:
aggressiv

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
(a) *DK 300 (mfr)*
(b) *Banguy (fr)*
Erntetermin : 23.10.
Ertrag (dt/ha) :
117,4(a)/119,2(b)
Ernterestezerkleinerung:
nein
N-Düngung (U/ha) :222

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* am 7 November
- unbewachsen : *31(a,b)*
- mit ZwiFru : *14(b)*
* zum Winteranfg (28/11)
- unbewachsen :
37(a)/60(b)
- mit ZwiFru : *25(b)*
N-Bindung d. ZwiFru:
31.9(b)

Generelle Schlußfolgerung

a) Wegen der späten Maisernte hat sich das Weidelgras nicht ordentlich entwickelt.
b) Das Weidelgras hat sich gut entwickelt und die Stickstoffabsorption von 31.9 kg ist zufriedenstellend.
Der Mißerfolg von Versuch a) ist der Spätreife der Maissorte DK 300 sowie ihrem stark vegetativen Wachstum zuzuschreiben. Für mehr als zwei Monate macht die vollständige Bodenbeschattung den Aufgang der Untersaat fast unmöglich.
Es ist festzuhalten, daß unter den Versuchsbedingungen die Produktivität der Sorte Banguy gleich hoch ist wie die der Sorte DK 300.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 30 (a) / 31 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Obernai*
Jahr : 1995

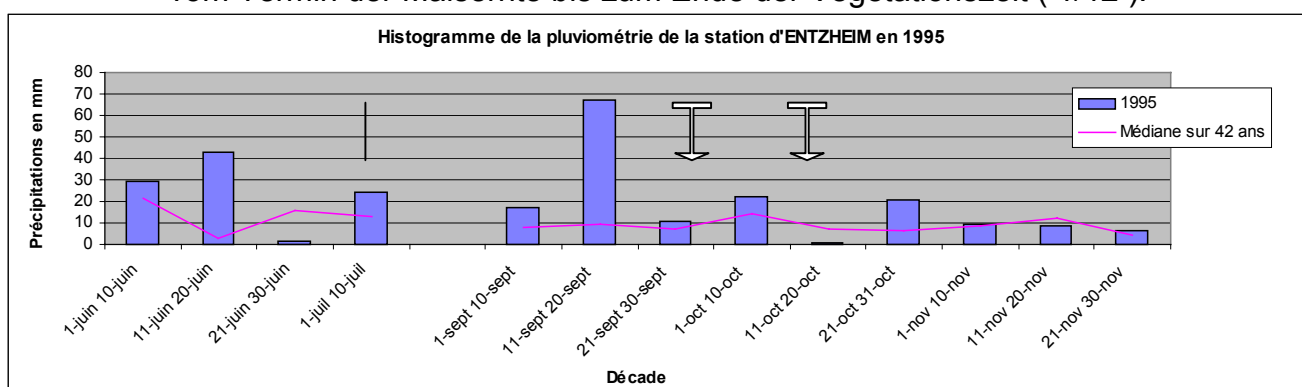
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Löß*
Geringe Nitratauswaschungsgefahr

Wetterkundliche Daten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Untersaat

Art: Dt. Weidelg.
Aussaattermin : *am 5-juil*
Flächenunkrautspritzung
Wirkung auf
Bodenbedecker: mäßig - aggressiv

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
a) DK 300 (d-P)
b) Banguy (P)
Erntedat.: *12.10._a 27.9._b*
Ertrag (dt/ha):
70,7(a) / 73(b)
Ernterestezerkleinerung:
nein
N-Düngung (U/ha) : *118*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte (27/09)
- unbewachsen : *25(b)*
* zum Winteranfg (30/11)
- unbewachsen: *45(a)/41(b)*
- mit ZwiFru: *37(a)/32(b)*
N-Bindung d.
ZwiFru : *7(a)/19(b)*

Generelle Schlußfolgerung

a) In landwirtschaftlicher Hinsicht stellt die Untersaat einen mittleren Erfolg dar. Wegen der spätreifen Mais-Deckfrucht von herabhängendem Wuchstyp steht die Untersaat nicht gut entwickelt da, denn der Lichtdurchlaß in die Reihenzwischenräume ist behindert.
b) Dieser Versuch ist ein mittlerer landwirtschaftlicher Erfolg, denn das Weidelgras hat kein hohes Wachstumspotential erkennen lassen, doch muß hinzugefügt werden, daß zur Ernte die Nährstoffwerte im Boden auf unbewachsenem Grund gering sind. Sie wachsen zum Winterbeginn hin an bedingt durch die im Vergleich zu einem Boden mit Pflanzendecke (+ 7 kg N/ha) höhere Mineralisierung in unbewachsenem Boden (+ 16 kg N/ha).
Der Zeitpunkt der Maisernte ist in diesem Versuch entscheidend.
Die getesteten Maissorten haben ein vergleichbares (mittleres) Ertragsniveau.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 33 (a) / 34 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Oberhergheim*
Jahr : 1995

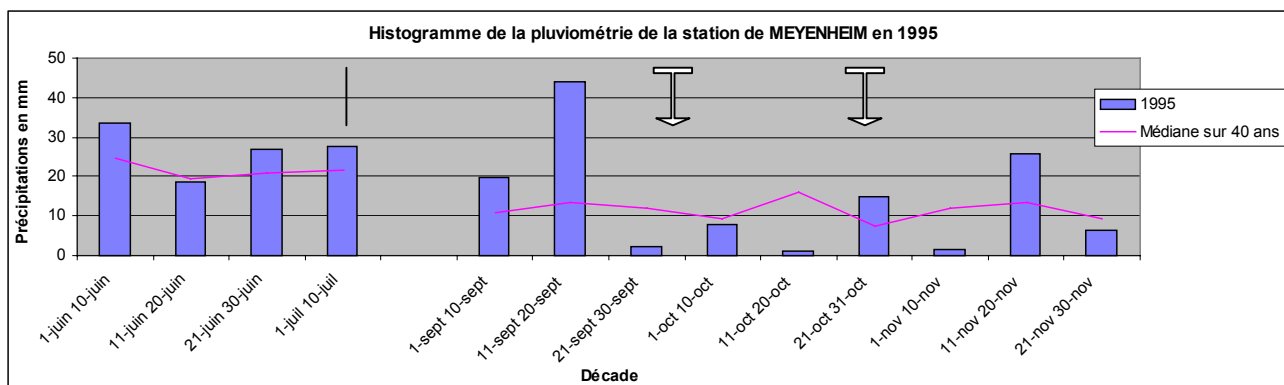
Angaben zum Boden

Bodentyp : *Hardt, tiefgründiger Boden*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt. Weidelg.
Aussaattermin : *am 5 Juli*
Flächenunkrautspritzung
Wirkung auf Bodenbedecker: aggressiv

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
a) *DK 300 (d-P)*
b) *Banguy (P)*
Erntetermin : a) *25-oct*
b) *29 sept*
Ertrag (dt/ha) : a) *116,6*
b) *106.1*
Ernterestezerkleinerung: nein
N-Düngung (U/ha) : *260*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte (29/09)
- unbewachsen : b) *80*
* zum Winteranfang (27/11)
- unbewachsen: a) *53* b) *59*
- mit ZwiFru : a) *57* b) *36*
N-Bindung d. ZwiFru: -

Generelle Schlußfolgerung

a) Die Untersaat mit DK 300 als Deckfrucht ist landwirtschaftlich gesehen ein mittlerer Erfolg, denn sie hat aufgrund einer späten Ernte und eines herabhängenden Blattwachses beim Mais keine gute Entwicklung erreicht. Der Habitus der Maissorte wirkt ungünstig auf den Lichtdurchlaß in die Reihenzwischenräume.

b) Der Versuchsleiter vermeldet einen sehr guten Weidelgrasaufgang, hat aber keine Messungen bezüglich Biomasse sowie aufgenommenener Stickstoffmenge durchgeführt (Grund?).

Aufgrund der eher schwachen Niederschläge im Oktober und November ist nicht anzunehmen, daß eine Auswaschung stattfindet, wenngleich die Nährstoffgehalte im unbewachsenen Boden darauf hindeuten (- 20 kg/ha zwischen Ende September und Ende November). Das Abräumen des Mais zu Ende September scheint beim Weidelgras einen günstigen Effekt auf die Nährstoffgehalte (- 44 kg/ha) des Bodens zu produzieren. So sind mehr als 20 kg/ha der Auswaschung entzogen worden.

In diesem Versuch hat DK 300 einen höheren Ertrag (+ 10 dt/ha) als Banguy.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 59 (a) / 60 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Rouffach*
Jahr : 1997

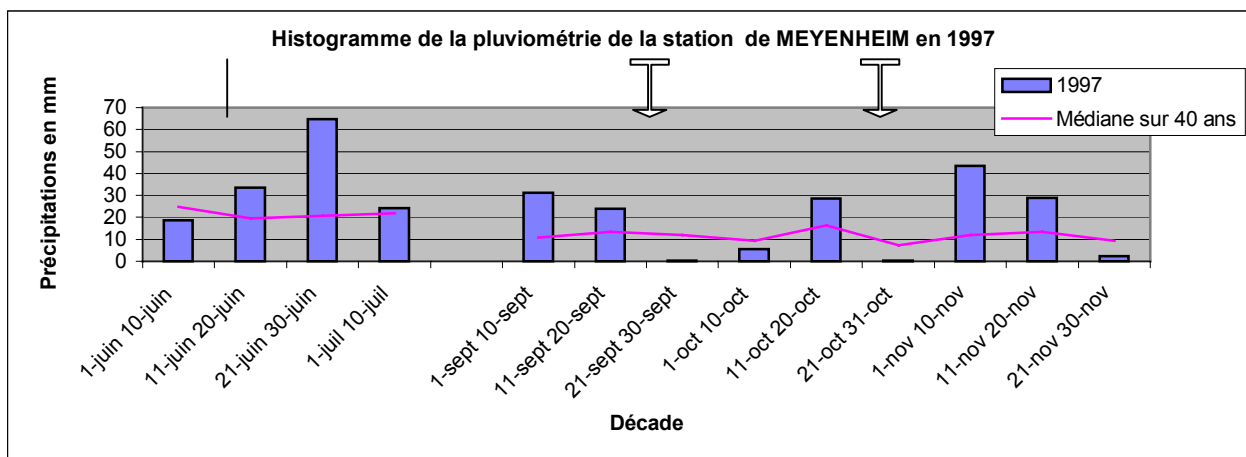
Angaben zum Boden

Bodentyp : *sandig-toniger Lehm*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße den Zeitpunkt der Maisernte.

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art: Dt. Weidelg.
Aussaattermin : *am 20-
Juni*
Reihenunkrautspritzung
*Ohne Auswirkung auf
Bodenbedecker*

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
a, b) DK 256 (P)
Erntetermin : *a) 23-sept
b) 22-oct*
Ertrag (dt/ha) : *a) 92,8
b) 93,9*
Ernterestezerkleinerung:
nein
N-Düngung (U/ha) : *139*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte
- unbewachsen: *a) 33,4,
b) 41,7*
- mit ZwiFru : *a) 38,6*
* zum Winteranfg (8/12)
- unbewachsen : *a) 31,9*
- mit ZwiFru : *a) 22,7*
N-Bindung d. ZwiFru : -

Generelle Schlußfolgerung

a) Dieser Versuch wurde am 23. September geerntet und stellt in landwirtschaftlicher Hinsicht aber auch aus Sicht des Umweltschutzes einen mittleren Erfolg dar. Laut Nmin-Analyse war Stickstoff nicht limitierend, weshalb das Weidelgras hier als Nitratfänger hätte zum Zuge kommen sollen, doch erlaubte eine Trockenperiode im Anschluß an die Ernte dem Weidelgras keine ordentliche Entwicklung. Die Nährstoffgehalte (8. Dez.) bezeugen in der Tat einen wenn auch beschränkten Verbrauch an Stickstoff durch den Bodenbedecker (10 kg/ha). Zu diesem Ergebnis kommt man durch Vergleich der Unterschiede im Nährstoffgehalt (Winteranalyse minus Ernteanalyse) jeweils für unbewachsenen und mit der Zwischenfrucht bestellten Boden. Das Jahr 1997 brachte nicht die besten Voraussetzungen für eine Auswaschung auf diesem Bodentyp.

b) Dieser Versuch kam am 22. Oktober zur Ernte und ist ein ganzer Mißerfolg sowohl unter Umweltgesichtspunkten als auch in landwirtschaftlicher Hinsicht. Hauptgrund ist die zu späte Ernte. Es ist interessant festzustellen, daß der Erntetermin das Wachstum der Pflanzendecke nach der Ernte entscheidet, denn er ist der einzige Faktor, in dem sich die Versuche a und b unterscheiden. Treffen eine späte Ernte (Ende Oktober) und eine Trockenperiode zusammen, so ist der landwirtschaftliche Mißerfolg garantiert.

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Untersaat

VERSUCH NR. 66 (a) / 67 (b)

Allgemeine Angaben

Versuchsanlage : *Rouffach*
Jahr : 1998

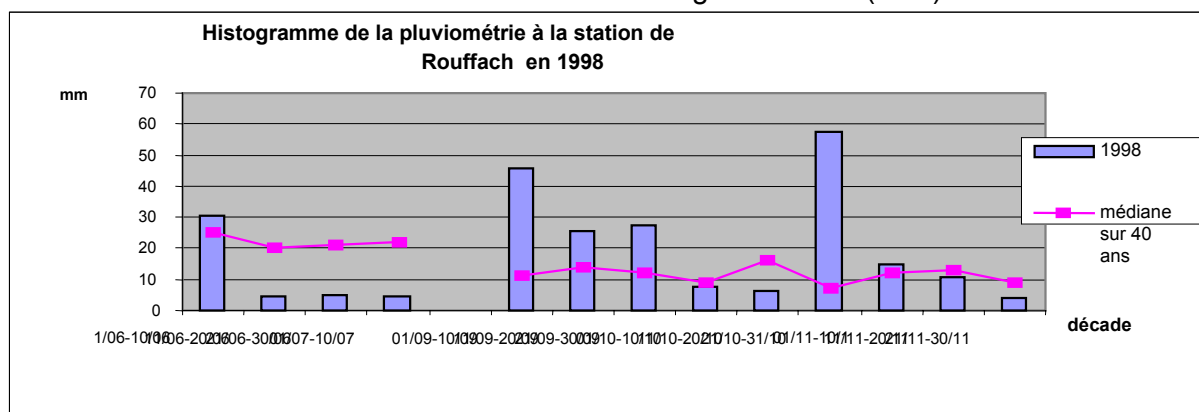
Angaben zum Boden

Bodentyp : *tonig-sandiger Lehm*
Mittlere Nitratauswaschungsfahr

Witterungsdaten

Histogramm der Niederschlagsmengen

- zum Zeitpunkt des Auflaufens der Untersaat,
- vom Termin der Maisernte bis zum Ende der Vegetationszeit (1/12).



Der schwarze Pfeil gibt den Saattermin der Untersaat an, der weiße Pfeil den Maiserntetermin

Données agronomiques

→ Bodenbedecker

Art:
Mischung JD 25 kg/ha:
Hybrid-Roggen 60
%+Hybr.Weidelgr. 40 %
Aussaattermin : *20.06.*
Reihenunkrautspritzung
Ohne Auswirkung auf
Bodenbedecker

→ Mais

Sorte (Reifegruppe):
a, b) Baltimore (P)
Erntetermin : *a) 22-sept*
b) 19-oct
Ertrag (dt/ha) :
a) 103,8 b) 106,5
Ernterestezerkleinerung:
nein
N-Düngung (U/ha) : *151*

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte
- unbewachs.: *a) 21, b) 27*
- mit ZwiFru : *a) 25 b) 5*
* zum Winteranfg (2/11)
a) - unbewachsen: 32
- Untersaat: 17
am 4.12. - unb.: *a) 16 b) 39*
-Untersaat: a) 22 b) 21
* N-Bindung d. ZwiFru :
04.12: *a) 8 b) 6*

Generelle Schlußfolgerung

Weil das Hacken nicht sehr wirkungsvoll gewesen ist, sind die Reihenzwischenräume unsauber geblieben und die Verunkrautung hat den Aufgang der Saatmischung JD behindert. Trotz einer Bewässerung am 26.06 mit 40 mm ist der Aufgang der Gräser recht kümmerlich. Trotz einem feuchten Herbst enttäuscht das Wachstum. Es endet recht früh wegen einem kalten November. Es muß jedoch gesagt werden, daß die Vegetation im November stark von Wild beweidet wurde, was wahrscheinlich die Ertragsschätzungen auf den Kleinparzellen im Dezember verfälscht hat.

a) Das Gräserwachstum bleibt mäßig und die festgelegte Menge Stickstoffs schwach in Anbetracht des Erntezeitpunkts der frühreifen Maissorte. Das Wachstumsmodell (Weibull) ließe einen Ertrag von mindestens 800 kg/ha (mit einer N-Bindung von 35 kg N/ha) zu; gemessen wurden am 8.12. aber nur 300 kg/ha und 8 kg N/ha. Bezüglich der Nmin-Werte ist dennoch eine positive Wirkung des Grasbestandes zu verzeichnen: Der am 2. November im unbewachsenen Boden festgestellte Höchstwert wird unterbunden.

b) Unter den Bedingungen dieses Jahres erlaubt eine Ernte am 18.10. einen Mehrertrag von 2,5 dt/ha und 3,6 % Feuchtigkeit zu erzielen, was den Deckungsbeitrag gegenüber der Ernte vom 22. September nicht unerheblich erhöht (ca. 300 FF/ha). Das ausreichend aufgegangene Gras hat bis zur Ernte überlebt, doch ist die Entwicklung im Herbst sehr bescheiden geblieben (220 kg/ha oberirdische Trockenmasse).

ANHANG 7

Ansaat einer Zwischenkultur in Mais, angelegt als Stoppelsaat:

Serie aus Einzelblättern mit Beschreibungen zu den vollständigsten Versuchen

Versuch 24/25

Versuch 28/29

Versuch 32

Versuch 35/36

Versuch 62

Versuch 68

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.24(a)/25(b)

Allgemeine Angaben

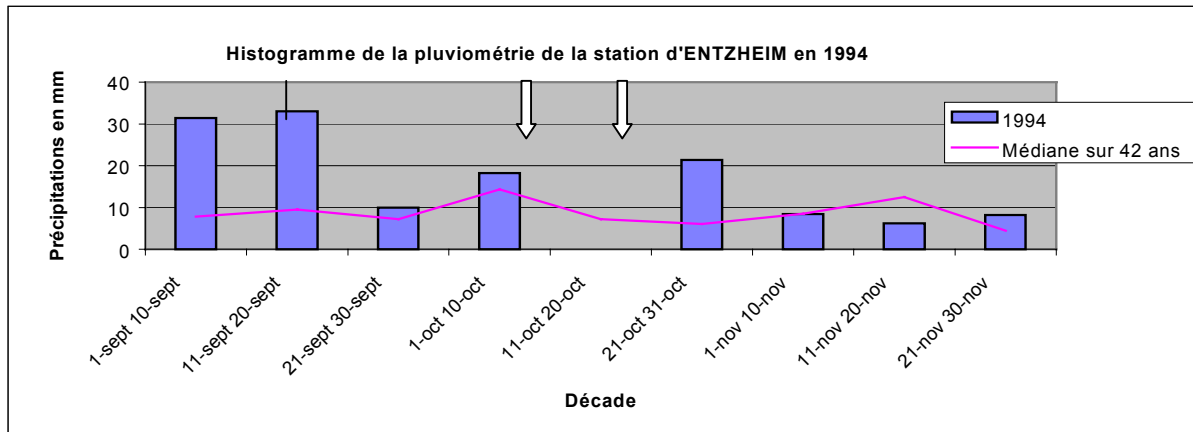
Versuchsanlage : *Obernai*
Jahr : 1994

Angaben zum Boden

Bodentyp : *tiefgründiger Loess*
Geringe Nitratauswaschungsgefahr.

Wetterkundliche Daten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1.Dez.).



Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zum Abfrieren: kein nennenswerter Frost vor dem 1.12. (832°C).
Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode (< 0°C).

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Zwischenfrucht

Arten :

- a - *Rettich+Senf*
- b - *Gerste+ Klee*

Aussaat Zwischenfrucht:

Am 14 September

Oberird. Biomasse (t/ha) :

a) 1.09 b) 0.73

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)

* b. Maisernte: *nicht gemess.*

* im Winter (am 24 Januar)

- unbewachsen: 108

- mit ZwiFru: a) 23
b) 28

N-Bindung d. ZwiFru

(kg/ha): a) 46,5 b) 23,8

→Bodenbearbeitungsgang

zur ZwiFru-Aussaat nach
Maisernte

Bearbeitungsgang : *ja*
(keine Angaben)

Generelle Schlußfolgerung

a) Lediglich die Entwicklung des Senfs war zufriedenstellend. Die produzierte Trockenmasse in Höhe von 1,09 t/ha hat dem Boden 46,5 kg N/ha entzogen.
b) Lediglich die Entwicklung der Gerste war zufriedenstellend. Die produzierte Trockenmasse in Höhe von 0,73 t/ha hat dem Boden 23,8 kg N/ha entzogen.
Eine frühe Kälteperiode im Oktober hat die Entwicklung der Zwischenkulturen gravierend gehemmt, was auch im November nicht mehr aufzuholen gewesen ist.
Ende Januar erreichte der Gehalt an mineralischem Stickstoff 108 kg/ha in unbewachsenem Boden. Das ist etwa viermal soviel wie in dem mit Rettich und Senf (23 kg/ha) bzw. mit Gerste und Klee (28 kg/ha) bestellten Boden.
Die Zwischenfrucht hat zu einer beachtlichen Verminderung des über Winter auswaschungsgefährdeten mineralischen Stickstoffs geführt.

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.28(a)/29(b)

Allgemeine Angaben

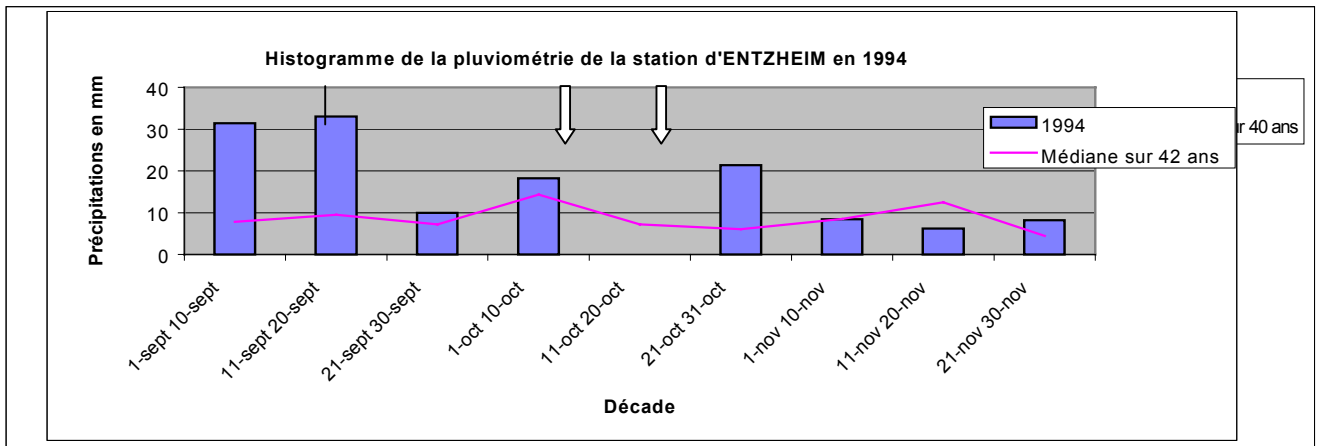
Versuchsanlage : *Rumersheim*
Jahr : 1994

Angaben zum Boden

Bodentyp : *Hardt, tiefgründiger Boden*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr.

Witterungsdaten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1.Dez.).



Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zum Abfrieren: kein nennenswerter Frost vor dem 1.12. (645°C).
Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode. (< 0°C).

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Arten :

a - *Rettich+Senf*

b - *Gerste+ Klee*

Aussaat Bodenbedecker :

27 September

Oberird. Biomasse (t/ha) :

a) 0.69 b) 0.37

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)

* z. Maisernte: *n. gemess.*

* zum Winteranfang (28/11)

- unbewachsen : 71

- m. ZwiFru: a) 37 b) 85

N-Bindg. d. ZwiFru kg/ha

a) 27.5 b) 16.5

→Bodenbearbeitungsgang

zur ZwiFru-Aussaat nach
Maisernte

Bearbeitungsgang : *ja*
(keine Angaben)

Generelle Schlußfolgerung

Trotz der hohen Saatgutmengen (doppelte Aufwandmenge) ist die produzierte TM gering.

a) Sie beträgt für Senf + Rettich 0,69 t/ha, was einem Stickstoffentzug von 27,5 kg/ha entspricht.

b) Sie beträgt für Gerste + Klee 0,37 t/ha, was einem Stickstoffentzug von 16,5 kg/ha entspricht.

Die Zwischenkulturen zeigten aufgrund ihres durch späte Aussaat zu schwachen Wachstums keine Leistung. Eine frühe Kälteperiode im Oktober (zehn Tage nach Aussaat) hat die Entwicklung der Zwischenkulturen gravierend gebremst, was im November nicht mehr aufzuholen gewesen ist.

Der Gerste-Klee-Bestand weist mit 85 kg/ha den Höchstwert an Bodennährstoffen auf. Der infolge der Bodenbearbeitung mineralisierte Stickstoff konnte von der Pflanzendecke ihrer geringen Entwicklung wegen nicht festgelegt werden.

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.32

Allgemeine Angaben

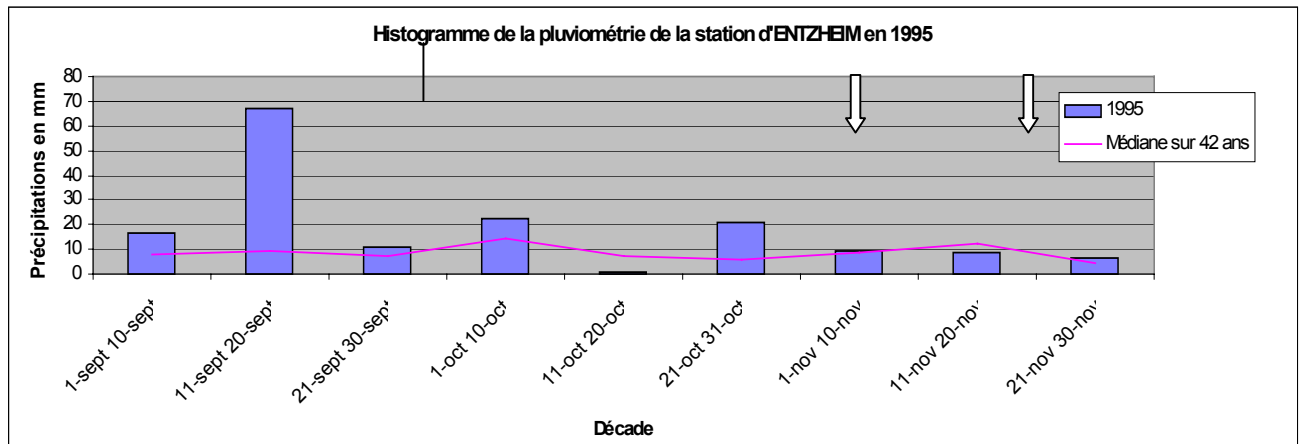
Versuchsanlage : *Obernai*
Jahr : 1995

Angaben zum Boden

Bodentyp : *Löß*
Geringe Nitratauswaschungsgefahr.

Wetterkundliche Daten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1.Dez.).



Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zu ihrem Absterben : *489 °C am 5 November (Frost)*
Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode (< 0°C).

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art : Rettich+Senf
Aussaat Zwifru: 27.9.
Abfrieren Zwifru: 5.11.
Oberird. Biomasse (t/ha) :
a) 0.3

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte : 25
* zum Winteranfang (30/11)
- unbewachsen : 41
- mit ZwiFru : 58
N-Bindung d. ZwiFru :
12 kg/ha

→Bodenbearbeitungsgang zur ZwiFru-Aussaat nach Maisernte

Bearbeitungsgang : *ja*
(keine Angaben)

Generelle Schlußfolgerung

Nach der Maisernte ist der Gehalt an mineralischem Stickstoff sehr gering. Ein Auswaschungsrisiko erscheint uns angesichts der geringen Herbstniederschläge und insbesondere aufgrund des kaum zum Austrag neigenden Bodens nicht gegeben zu sein. Der Anstieg der Nährstoffgehalte zwischen dem Zeitpunkt der Ernte und dem Winterbeginn liegt vermutlich in der Mineralisierung begründet. Die Wirkung der Zwischenkulturen ist einesteils wegen ihrer nach Frosteinbruch Anfang November geringen Entwicklung, andernteils wegen der limitierenden Stickstoffverfügbarkeit nur von bescheidenem Ausmaß gewesen. Der Unterschied im zu Winteranfang ermittelten Stickstoffgehalt wäre dadurch zu erklären, daß auf der Kontrollparzelle (unbewachsen) keine Bodenbearbeitung sowie eine schwächere Mineralisierung als auf der eingesäten Parzelle stattgefunden hat.

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.35(a)/36(b)

Allgemeine Angaben

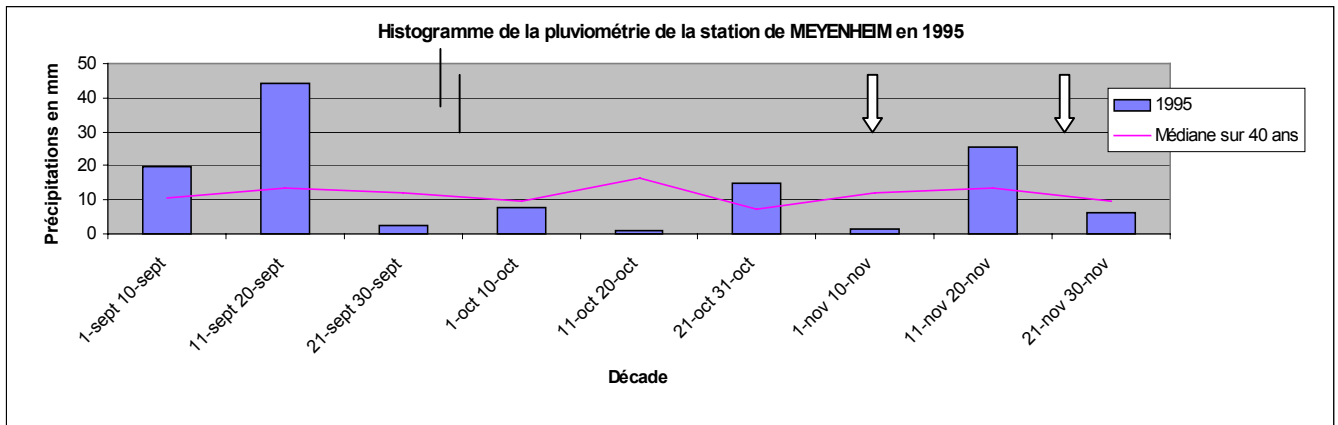
Versuchsanlage : *Oberhergheim*
Jahr : 1995

Angaben zum Boden

Bodentyp : *Hardt, tiefgründiger Boden*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1.Dez.).



Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zum Abfrieren: kein nennenswerter Frost vor dem 1.12. (612°C).
Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode (< 0°C).

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Arten :

a - *Rettich+Senf*

b - *Gerste+ Klee*

Aussaat Zwifru: 29.09.

Abfrieren Zwifru: 5.11.

Oberird. Biomasse (t/ha) :

a) 1.69

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)

* zur Maisernte : 80

* zum Winteranfang (27/11)

- unbewachsen : 59

- m. ZwiFru: a) 87 b) 72

N-Bindung d. ZwiFru

(kg/ha) : a) 40

→Bodenbearbeitungsgang

zur ZwiFru-Aussaat nach
Maisernte

Bearbeitungsgang : ja
(keine Angaben)

Generelle Schlußfolgerung

Der Gehalt des Bodens an mineralischem Stickstoff nach der Maisernte ist hoch. Das Aufkommen stärkerer Regenfälle Mitte November legt die Vermutung einer Stickstoffauswaschung während dieser Periode nahe. Auf den unbewachsenen Flächen ist keine Bodenbearbeitung vGerstenommen worden. Die Abnahme des mineralischen Stickstoffs im Boden von 80 auf 59 kg/ha zwischen dem 29. September und dem 27. November könnte mit der Tiefenverlagerung der Nitrate und der geringen Mineralisierung im Boden (der nicht bearbeitet worden ist) zu erklären sein. Bei den Zwischenkulturen variieren die Bodennährstoffgehalte schwach. Indem sie den Boden bedecken, haben sie die Stickstoffauswaschung unterbunden. Von der Rettich-Senf-Mischung sind 40 kg N/ha gebunden worden.

Der Wert der Bodennährstoffe ist bei Rettich + Senf am Winteranfang leicht höher als nach der Ernte. Ganz sicher ist dies die Folge mehrerer Phänomene: -der Entwicklungsrückstand der Vegetation aufgrund von Frost zu Anfang November,- die Mineralisierung im Herbst ist intensiver als in einem unbearbeiteten Boden,- keine Auswaschung im November (die Kruzifere hat den Boden ausgetrocknet).

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.62

Allgemeine Angaben

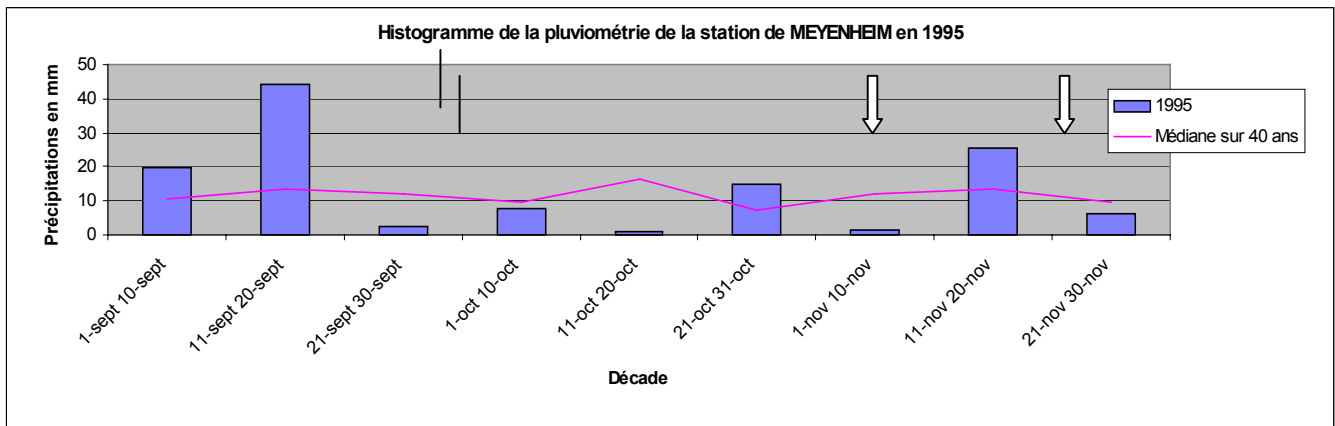
Versuchsanlage : *Rouffach*
Jahr : 1997

Angaben zum Boden

Bodentyp : *tonig-lehmiger Sand*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1.Dez.).



Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zu ihrem Absterben : **596 °C am 10 Dezember**

Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode (< 0°C).

Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art : *Roggen*
Aussaat ZwiFru: 24.09.
Abfrieren ZwiFru: 10.12.

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte : 33
* zum Winteranfang :
- unbewachsen: 32
- mit ZwiFru : 27

N-Bindung d. ZwiFru :
nicht meßbar

→Bodenbearbeitungsgang zur ZwiFru-Aussaat nach Maisernte

Bearbeitungsgang :
Schwergrubber

Generelle Schlußfolgerung

Die Pflanzendecke war sehr schwach entwickelt, dabei unregelmäßig und wahllos gewachsen.

Die Trockenheit nach der Maisernte hat der Kultur zugesetzt.

Die Zeitspanne zwischen Maisernte und Pflugfurche scheint zu kurz für den verwendeten Bodenbedecker (Roggen) zu sein, als daß er sich wesentlich entwickeln könnte. Vielleicht verlangt er aber auch besonders günstige Bedingungen in dieser Phase (feucht-warmer Herbst). Plausibel erscheint des Fehlen größerer Unterschiede der Nährstoffgehalte unbewachsenen bzw. mit der Zwischenfrucht bestellten Bodens: Angesichts der schwachen Entwicklung des Roggens ist der sich von der Ernte bis zum Winterbeginn ergebende Saldo von Mineralisation und Auswaschung für beide Fälle identisch.

STOPPELSAAT-ZWISCHENFRUCHT NACH KÖRNERMAIS, VERSUCH NR.68

Allgemeine Angaben

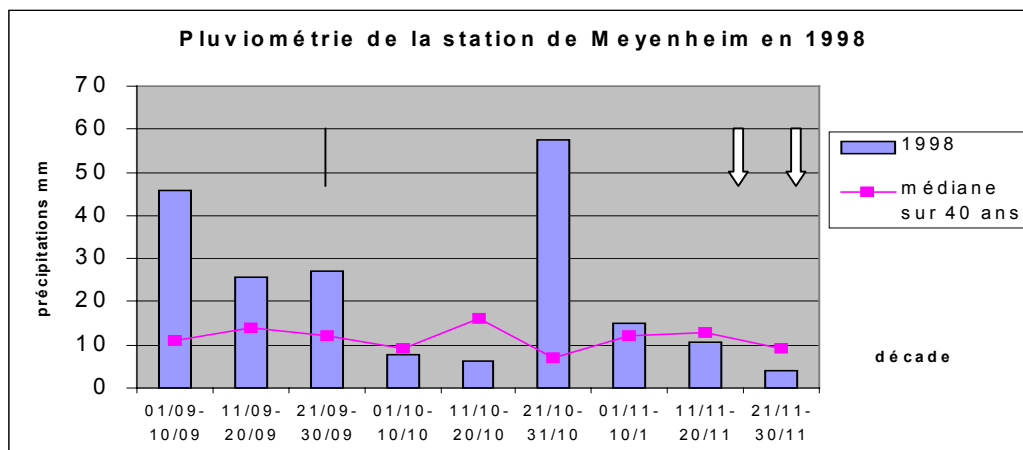
Versuchsanlage : *Rouffach*
Jahr : 1998

Angaben zum Boden

Bodentyp : *tonig-sandiger Lehm*
Mittlere Nitratauswaschungsgefahr

Witterungsdaten

Niederschläge von Aufgang der Zwischenfrucht bis zum Vegetationsende (am 1. Dez.). Temperatursumme ab ZwiFru-Aussaat bis zu ihrem Absterben :
Der schwarze Pfeil markiert den Moment der Zwischenfruchtaussaat, der weiße eine Frostperiode (< -4°C).



Landwirtschaftliche Daten zum

→ Bodenbedecker

Art : Senf
Aussaat Bodenbedecker
am 25 September
Absterben des
Bodenbedeckers am
22/23 November
durch Frost à -8 à -10 °C

→ Stickstoff

Nmin-Gehalt (kg/ha)
* zur Maisernte : 21
* z. Winteranf: 2/11 **04/12**
- unbewachsen : 32 **16**
- mit ZwiFru : 17 **33**
N-Bind. ZwiFru: 7 kg/ha

→ Bodenbearbeitungsgang zur ZwiFru-Aussaat nach Maisernte

Bearbeitungsgang :
Schwergrubber

Generelle Schlußfolgerung

Die reichlichen Niederschläge im September ermöglichen ein gutes Auflaufen. Am 27. Oktober ist zum größten Teil das Vier- bis Fünfblattstadium erreicht, doch befinden sich einige Pflanzen noch im Keimblattstadium. Dort wo Erntereste den Boden bedecken, ist der Senf schlecht aufgegangen.

Am 18. November, also wenige Tage vor dem Abfrieren, ist der Senf im Sechs- bis Achtblattstadium und ca. 15 bis 20 cm. hoch. Die Messung vom 8. Dezember ergibt ein bescheidenes Wachstum von 180 kg/ha oberirdische Trockenmasse. Das entspricht bei weitem nicht dem Wert der Modellberechnungen (540 kg/ha) auf Basis der zwischen dem Auflaufen und dem Abfrieren empfangenen Temperatursumme. Gleichwohl zeigt die Bodennährstoff-Analyse, daß vom Senf eine gewisse Wirkung ausgegangen ist: Es ist ihm gelungen, im Herbst Nitrate zu binden. Augenscheinlich sind sie mit Beginn des Winters wieder freigesetzt worden (Analyse vom 4. Dez.), was lediglich eine zeitliche Verzögerung der Auswaschung und nicht unbedingt eine Lösung des Problems bedeutet. Die Frostzerstörung des Senfs Mitte November tritt im Elsaß relativ wahrscheinlich auf. Demnach ist die Stoppelsaat nach Mais ein zu riskantes Verfahren, als daß ihm attestiert werden dürfte, es erlaube ein ausreichendes Wachstum und eine sichere Verringerung des Nitrat-Auswaschungsrisikos.

**ANHANG 8 : Herbizidwirkstoffe,
mit Verwendung in den Untersaatversuchen
und ihre Wirkungsintensität im Bezug auf Weidelgras**

Handelsname	Wirkstoff	Wirkstoffkonzentration (g/l)	Aufwandmenge Mais (g/ha)	Wirkungsdauer	Schadwirkung auf Weidelgras
Lasso, etc	Alachlor	480	2400	/	sehr phytotoxisch
Gésaprimé	Atrazin	500	1000	2 bis 6 Monate	sehr phytotoxisch
Bellater	Atrazin +	250	750	2 bis 6 Monate	phytotoxisch
	Cyanazin	250	750	mittel	
Sabre	Bromoxynil	250	600	schneller Abbau	nicht phytotoxisch
Instant (Bropry) = Duogranol (D)	Bromoxynil +	100	300	schneller Abbau	nicht phytotoxisch
	Pyridat	300	900	60 Tage	
Banvel	Dicamba	480	288	/	nicht phytotoxisch
Frontière	Dimethenamid	900	1440	3 Monate	mäßig phytotoxisch
Duelor S	Métolachlore +	930	3072	3 bis 4 Monate	sehr phytotoxisch
	Beoxacor	31	103		
Gardoprim plus (D)	Meolachlor +	333	1998	60 Tage	phytotoxisch
	Terbuthylazin	167	1002	60 Tage	
Milagro	Nicosulfuron	40	60	gering	phytotoxisch *
Lentagran	Pyridat	450	900	60 Tage	nicht phytotoxisch
Titus / Cato (D)	Rimsulfuron	250	15	gering	phytotoxisch *
Mikado	Sulcotrion	300	450	/	nicht phytotoxisch **

Anmerkungen:

(D) deutscher Handelsname.

* außer wenn bis zur Weidelgrasaussaat eine ausreichend lange Frist eingehalten wird (2 bis 3 Wochen)

** Produkt anerkannt zur Unkrautbekämpfung im Deutschen Weidelgras bis zu einer Dosis von 0,75 l/ha

Quellen : Index phytosanitaire
1998

Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis
1997

Leitfaden zur Unkrautbekämpfung im Mais: "Empfindlichkeit der wichtigsten Unkräuter gegenüber Herbiziden" Hrsg.: AGPM
Informationen des service technique der FNAMS (Screening zur Unkrautbekämpfung bei Grasvermehrungsbeständen)