

Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen – eine Übersicht

Crop Production in Living Mulches – a Review

B. Feil, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

M. Liedgens, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich

Zusammenfassung

Lebendmulchsysteme stellen eine Form des Mischfruchtanbaus dar, bei der ein Mischungspartner über einen längeren Zeitraum während der Vegetation der Hauptfrucht vornehmlich als lebender Bodendecker fungiert. Die vorliegende Literaturübersicht befasst sich mit folgenden Punkten: Definition des Lebendmulchkonzepts, Anforderungen an die Bodendecker, Hauptfrüchte und Bodendecker in Lebendmulchsystemen, Effekte von Lebendmulchen auf Krankheiten, Schädlinge und Bodenlebewelt, Unkrautbekämpfung mit Lebendmulchen, Konkurrenz in Lebendmulchsystemen, Regulation des Wachstums des Bodendeckers. Lebende Mulche können unter anderem diese Vorteile bieten: wirksamer Erosionsschutz, Verringerung der Nitratauswaschung, bessere Bodenstruktur, Unterdrückung von Unkräutern, Förderung der Selbstregulation von Krankheiten und Schädlingen. In Lebendmulchsystemen erreichen die Hauptfrüchte jedoch häufig nicht das Ertragsniveau, welches mit anderen Anbauverfahren erzielt wird. Der Grund dafür ist zumeist, dass Bodendecker und Hauptfrucht um Wachstumsfaktoren (Stickstoff, Wasser, Licht) konkurrieren. Das Lebendmulchkonzept wurde bisher hauptsächlich bei typischen Reihenfrüchten, z. B. Mais (*Zea mays* L.), Soja (*Glycine max* (L.) Merr.), Kopfkohl (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), Spargel (*Asparagus officinalis* L.), Erdbeeren (*Fragaria × ananassa* Duch.), mit zum Teil sehr großen Reihenabständen erprobt. Zahlreiche Arten und Artenmischungen wurden auf ihre Eignung als Bodendecker hin untersucht. Dabei standen Leguminosen im Vordergrund; die meisten Erfahrungen wurden mit Weißklee (*Trifolium repens* L.) und Erdklee (*T. subterraneum* L.) gesammelt. Da die Zahl der möglichen Kombinationen zwischen Hauptfrüchten, Bodendeckern und Regulationsmethoden sehr groß ist, bieten Lebendmulchsysteme ein weites Feld für interdisziplinäre Forschungsaktivitäten.

Schlüsselworte: Lebendmulch, Bodendecker, Nachhaltige Landwirtschaft, Reihenfrüchte, Feldgemüse

Summary

A living mulch system is a mixed cropping system in which one partner acts chiefly as a live soil cover for a considerable part of the life cycle of the main crop. This paper deals with the following: definition of the living mulch concept, demands placed on cover crops, main and cover crop species in living mulch systems, effects of living mulches on diseases, pests, and soil organisms, use of living mulches for weed control, competition in living mulch systems, regulation of the growth of the cover crop.

Advantages of living mulches can include: efficient control of erosion, reduction of nitrate leaching, better soil structure, suppression of weeds, improved self-regulation of pests and diseases. In many instances, however, yields of the main crops are lower in living mulch systems than in other cropping systems. This is due mainly to the fact that main and cover crops compete for growth factors (nitrogen, water, light). Thus far, the living mulch concept has been tested with a number of typical row crops, e.g. maize (*Zea mays* L.), soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.), cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), asparagus (*Asparagus officinalis* L.), strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). Numerous species and mixtures of species have been investigated for their suitability as ground cover. Emphasis has been placed on legumes, especially white clover (*Trifolium repens* L.) and subterranean clover (*T. subterraneum* L.). Since there are many possible combinations of main crops, cover crops, and methods for regulating cover crops, living mulch systems provide numerous opportunities for interdisciplinary research.

Keywords: living mulch, cover crop, sustainable agriculture, row crops, field vegetable crops

Einleitung

Aus ökonomischen, aber auch aus ökologischen Gründen wächst das Interesse von Forschung und Praxis an den verschiedenen Formen der Mulchsaat (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Die Mulchauflage wird in der Regel von abgestorbenen Pflanzenresten gebildet (RÜEGG et al. 1998), jedoch können auch lebende Pflanzen den Boden bedecken. Obwohl dieses Konzept bereits seit einigen Jahrzehnten diskutiert wird und inzwischen bei zahlreichen Kulturpflanzen unter verschiedenen Klima- und Bodenverhältnissen erprobt wurde, ist die verfügbare Datenmenge noch recht klein im Vergleich zu anderen Mulchverfahren und den verschiedenen Formen des Mischfruchtanbaus. Dieser Beitrag verfolgt das Ziel, anhand der Literatur einen kulturarten- und fachgebietsübergreifenden Überblick über die Möglichkeiten und Probleme von Lebendmulchsystemen zu präsentieren. Es erschien uns zweckmäßig, alle Feldfrüchte einschließlich der Gemüsekulturen zu berücksichtigen, da es keine genetischen, morphologischen oder produktionstechnischen Kriterien gibt, mit denen sich die verschiedenen als Gemüse verwendeten Arten präzise von anderen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen abgrenzen lassen (VOGEL 1996). Dies lässt vermuten, dass weder die in Lebendmulchsystemen auftretenden Probleme noch die mit ihnen verbundenen Vorteile für die eine oder andere Kulturpflanzenkategorie spezifisch sind. Die frühesten (KURTZ et al. 1946, 1952,

ROBINSON & DUNHAM 1954) und auch viele der neueren (MASIUNAS 1998) wissenschaftlichen Arbeiten über Lebendmulchsysteme stammen aus den USA, während in Europa die Forschung zu dieser Thematik offenbar erst in neuerer Zeit aufgenommen wurde. Da zumindest ein Teil der außerhalb Europas im gemäßigten Klima gewonnenen Erkenntnisse auch aus mitteleuropäischer Sicht von Interesse sein dürfte, werden auch diese berücksichtigt.

Definition

HUGHES & SWEET (1979) definieren das Lebendmulchkonzept als ein Produktionssystem, in dem die Hauptfrüchte zusammen mit zum Zwecke der Bodenbedeckung angebauten Pflanzen bei reduzierter Bodenbearbeitung wachsen. Für AKBUNDU (1980; zitiert bei AKBUNDU & OKIGBO 1984) ist ein Lebendmulchsystem eine Anbaumethode „bei der eine zu Nahrungszwecken angebaute Hauptfrucht („food crop“) ohne Bodenbearbeitung in einen bereits etablierten, unzerstörten Bodendeckerbestand gepflanzt wird“. Nach COSTELLO (1994) werden in Lebendmulchsystemen annuelle Reihenfrüchte in einen vorhandenen Bodendeckerbestand gepflanzt. Wir halten die Definitionen von AKBUNDU & OKIGBO (1984) und COSTELLO (1994) für zu eng. Zum einen können auch zu Futterzwecken angebaute Früchte, z. B. Mais (*Zea mays* L.), mehrjährige Kulturen, z. B. Erdbeeren (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) und Spargel (*Asparagus officinalis* L.) und Nicht-Reihenfrüchte, z. B. Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Roggen (*Secale cereale* L.) in lebenden Mulchen produziert werden. Zudem wird der Bodendeckerbestand in einigen Lebendmulchsystemen streifenweise zerstört (NICHOLSON & WIEN 1983, GRUBINGER & MINOTTI 1990, GARIBAY et al. 1997). In der Literatur werden auch Anbauverfahren, in denen die Bodendecker gleichzeitig mit (BRANDSÆTER et al. 1998) oder sogar nach der Hauptfrucht (SCOTT et al. 1987) gesät wurden, von den Autoren als Lebendmulchsysteme bezeichnet. Auch TEASDALE (1996) verlangt nicht, dass der Bodendecker bereits vor der Saat der Hauptfrucht etabliert sein muss; TEASDALE (1996) versteht unter einem lebenden Mulch eine Bodenbedeckung, welche während eines Teiles oder der gesamten Vegetationsperiode der Hauptfrucht am Leben bleibt. Wegen der teilweise unterschiedlichen Interpretationen des Begriffs „Lebendmulch“ schlagen wir eine relativ weite Definition von Lebendmulchsystemen vor: Lebendmulchsysteme stellen eine Form des Mischfruchtanbaus dar, bei der ein Mischungspartner über einen längeren Zeitraum während der Vegetation der Hauptfrucht vornehmlich als lebender Bodendecker fungiert.

Die Grenzen zu verwandten Produktionsmethoden sind fließend. Untersaaten (LÜTKE ENTRUP et al. 1993, STE-MANN et al. 1993) und Lebendmulche beruhen auf dem gleichen Grundprinzip (Einsatz von lebenden Begleitpflanzen) und verfolgen zum Teil ähnliche Ziele (Erosionsschutz, Vermeidung von Nitratauswaschung, Unkrautunterdrückung). Im Unterschied zu typischen lebenden Mulchen manifestieren sich die positiven Effekte von Untersaaten jedoch sehr spät, nämlich in der Abreifephase der Hauptfrucht oder erst nach deren Ernte. Es ist ebenfalls schwierig, Lebendmulchsysteme klar von Verfahren abzugrenzen, in denen Gründüngungspflanzen zusammen mit einer Hauptfrucht angebaut werden, um die Bodenstruktur und die Stickstoffverfügbarkeit für die Folgekulturen zu verbessern (FISCHLER et al. 1999). Obwohl in solchen Mischkulturssystemen geeignete Gründüngungspflanzen durchaus einige der weiter unten beschriebenen Aufgaben

eines lebenden Bodendeckers übernehmen können, wird man die Gründüngungspflanzen in der Regel nicht als lebenden Mulch betrachten, weil dessen primäre Aufgabe definitionsgemäß die Bedeckung des Bodens während der Vegetation der Hauptfrucht ist. Unter anderem wegen der schwierigen Abgrenzung von Lebendmulchsystemen zu verwandten Verfahren sind Arbeiten über Lebendmulche unter verschiedenen Stichwörtern zu finden, z. B. Begleitpflanzen, Beisat, Beipflanzen, Bodendecker, Lebendmulche, companion crops, cover crops, intercropping, live mulch, living mulch, mixed cropping, polyculture, bicropping.

Anforderungen an den lebenden Mulch

THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980), ENACHE & ILNICKI (1990), MÜLLER-SCHÄRER & POTTER (1991) und THEUNISSEN et al. (1995) führen einige Anforderungen an Begleitfrüchte in Mischkulturen auf, welche die Grundlage für die nun folgende Liste bilden. Der ideale Lebendmulch besitzt diese Eigenschaften: (1) Er übt wenig Konkurrenz auf die Hauptfrucht aus, (2) er verhindert Bodenerosion und Abschwemmung von Agrochemikalien, (3) er reduziert die Auswaschung von Nitrat, (4) er minimiert den Einsatz von Pestiziden, indem er Schadorganismen (Unkräuter, Ungräser, Krankheiten, Schädlinge) verlässlich und wirksam unterdrückt, (5) er ist sicher etablierbar und regulierbar, (6) das Saatgut ist preiswert und jederzeit in ausreichenden Mengen im Handel verfügbar, (7) er kann problemlos in die Fruchtfolge integriert werden (kein zu früher Saattermin, keine Förderung von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen), (8) er trägt zur Verbesserung der Bodenstruktur und zur Verhinderung von Bodenverdichtungen bei, (9) er ist zur biologischen Stickstofffixierung befähigt, (10) er erzeugt große Mengen an qualitativ hochwertigem Futter (nur wichtig für viehhaltende Betriebe), (11) er schafft einen Lebensraum für Kleintiere, Vögel und Insekten. Darüber hinaus vermögen Lebendmulche extreme Temperaturschwankungen abzumildern (TEASDALE & DAUGHTRY 1993) und empfindliche Hauptfrüchte vor Wind zu schützen (NEWENHOUSE & DANA 1989).

Hauptfrüchte und Bodendecker in Lebendmulchsystemen

Bodendecker sind besonders vorteilhaft in Kulturen mit weiten Reihenabständen und langsamer Jugendentwicklung (ZINK & HURLE 1990). Dies erklärt, weshalb das Lebendmulchkonzept schwerpunktmässig bei Mais (ADAMS et al. 1970, BENNETT et al. 1976, ROBERTSON et al. 1976, ELKINS et al. 1979, BOX et al. 1980, WERNER 1985, HEYLAND & WERNER 1988, HALL & HARTWIG 1990, KUMWENDA et al. 1993, DE HAAN et al. 1994, 1997, BIGLER et al. 1995a, FEIL et al. 1997, GARIBAY et al. 1997, ABDIN et al. 1997, 2000, MARTIN et al. 1999) erprobt wurde. Bei anderen großflächig angebauten Reihenfrüchten wie Soja (*Glycine max* (L.) Merr.; ROBINSON & DUNHAM 1954, ELKINS et al. 1983, ILNICKI & ENACHE 1992, MOORE et al. 1994, ATEH & DOLL 1996) und Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.; HABERLAND 1996) war das Interesse an Lebendmulchsystemen bislang deutlich geringer. Weizen ist keine typische Reihenfrucht, kann aber als solche betrachtet werden, wenn streifenweise gesät wird; die Fläche zwischen den Weizenstreifen kann mit einem Bodendecker begrünt werden (SCHULZ-MARQUARDT et al.

1995, WEBER et al. 1995, KÖPKE & WEBER 1996, GERMEIER 1998). Verschiedentlich wurden kleinkörnige Getreidearten zusammen mit Futterleguminosen bei normalen Reihenabständen angebaut (LYND et al. 1984, SCHUMANN & HEYLAND 1990), wobei das Getreide die Funktion des unkrautunterdrückenden Bodendeckers übernehmen kann (NIELSEN et al. 1981). Im Gemüsebau wurden Lebendmulchsysteme vorwiegend bei Zuckermais (*Zea mays saccharata* Koern.; VRABEL et al. 1981, NICHOLSON & WIEN 1983, FISCHER 1988, LANINI et al. 1989, GRUBINGER 1989, GRUBINGER & MINOTTI 1990, MOHLER 1991, ILNICKI & ENACHE 1992) und verschiedenen Kohl-Arten, insbesondere Kopfkohl (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.; RYAN et al. 1980, NICHOLSON & WIEN 1983, ILNICKI & ENACHE 1992, THEUNISSEN et al. 1995, BOOIJ et al. 1997, BOTTENBERG et al. 1997, LOTZ et al. 1997, MASIUNAS et al. 1997, BRANDSÆTER et al. 1998) und Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck; KLOEN & ALTIERI 1990, COSTELLO 1994, COSTELLO & Altieri 1994, 1995, INFANTE & MORSE 1996, ARMSTRONG & MCKINLEY 1997), erprobt. Weil beim Anbau von Spargel und Erdbeeren sehr große Reihenabstände üblich sind, könnte das Lebendmulchkonzept insbesondere bei diesen Arten Vorteile bringen (NEWHOUSE & DANA 1989, PAINE et al. 1995, WARMAN 1996, MUSTER & TRÄNKLE 1997). Des Weiteren wurden Karotten (*Daucus carota* L.; RÄMERT 1993, 1996), Rosenkohl (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* DC; THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, VIDAL 1997), Kopfsalat (*Lactuca sativa* L.; LANINI et al. 1989), Tomaten (*Lycopersicon esculentum* Mill.; ILNICKI & ENACHE 1992), Kürbis (*Cucurbita pepo* L.; ILNICKI & ENACHE 1992), Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.; LINDGREN & ASHLEY 1986, ILNICKI & ENACHE 1992, MASIUNAS et al. 1997), Lauch (*Allium porrum* L.; MÜLLER-SCHÄRER 1996) und Pak Choi (*Brassica rapa chinensis* (L.) Hanelt; WILES et al. 1989) in lebenden Mulchen produziert.

Zahlreiche Arten und Artenmischungen wurden auf ihre Eignung als lebender Mulch hin überprüft. Es gibt jedoch nur wenige Arbeiten, in denen eine größere Zahl von Sorten verglichen wurde (NICHOLSON & WIEN 1983). Klimatische Bedingungen, Bodenfaktoren, Betriebstyp und Hauptfrucht bestimmen, welche Arten als Lebendmulch in Frage kommen. Häufig wurden Leguminosen als Bodendecker eingesetzt, insbesondere Weißklee (*Trifolium repens* L.; KURTZ et al. 1952, RYAN et al. 1980, NICHOLSON & WIEN 1983, GRUBINGER & MINOTTI 1990, WARMAN 1990, MOHLER 1991, WHITE & SCOTT 1991, COSTELLO & ALTIERI 1995, THEUNISSEN et al. 1995, INFANTE & MORSE 1996, LOTZ et al. 1997, NEUWEILER & FEIL 1997, BRANDSÆTER et al. 1998) und Erdklee (*T. subterraneum* L.; LANINI et al. 1989, ENACHE & ILNICKI 1990, ZINK & HURLE 1990, ILNICKI & ENACHE 1992, THEUNISSEN et al. 1995, LOTZ et al. 1997, ABDIN et al. 1997, 2000, BRANDSÆTER et al. 1998). In vielen Fällen geschah dies sicherlich in der Erwartung, dass die Leguminosen einen substantiellen Beitrag zur Stickstoffernährung der Hauptfrucht liefern (HARTWIG 1983). Weitere Vorteile von Klee und anderen Futterleguminosen sind ihr niedriger Wuchs und das aufgrund ihres dichten Blätterdachs gut entwickelte Unkrautunterdrückungsvermögen (WESTON 1996). Manche der als Bodendecker verwendeten Leguminosen sind mehrjährig, z. B. Bunte Kronwicke (*Coronilla varia* L.), Hornklee (*Lotus corniculatus* L.), Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Weißklee, andere einjährig, z. B. Erdklee und Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum* L.). Mit mehrjährigen Arten lassen sich permanente Legumino-

senmulche etablieren (AMMON et al. 1994). Da Erdklee und Inkarnatklee sich selbst aussäen können, sind auch mit diesen Arten ausdauernde lebende Mulche realisierbar (ILNICKI & ENACHE 1992, KUMWENDA et al. 1993). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Lebenszeit von Leguminosenmulchen durch Auswinterung (BRANDSÆTER & NETLAND 1999, BRANDSÆTER et al. 2000) und Krankheiten begrenzt werden kann. So können zahlreiche als Lebendmulch einsetzbare Arten, z. B. Rotklee, Weißklee, Hornklee vom Kleekrebs (*Sclerotinia trifoliorum* Erikss.) befallen werden (GUJER 1999). Die Verwendung von Sorten, welche gegen Kleekrebs resistent sind, kann daher von Vorteil sein (CLEMMENTS 1995). Der Anbau von Schnecken-resistenten Kleesorten verhindert zwar die Ausdünnung des Bodendeckerbestandes durch Schneckenfraß, könnte aber dazu führen, dass die Hauptfrucht vermehrt von Schnecken attackiert wird (CLEMMENTS 1995). Ein Nachteil der Bunten Kronwicke ist, dass sie sich sehr langsam entwickelt und somit die Verunkrautung fördert (AMMON et al. 1994). In Pennsylvanien dauert es etwa zwei bis vier Jahre, bis sich ein kräftiger Kronwickebestand gebildet hat. Um dennoch schnell eine gute Bodenbedeckung zu erhalten, wird empfohlen, die Bunte Kronwicke zusammen mit Hornklee auszusäen; nach ca. drei bis fünf Jahren hat sich die Bunte Kronwicke gegenüber ihrem Mischungspartner durchgesetzt (N. L. HARTWIG, Pennsylvania State University, persönliche Mitteilung). Für viehhaltende Betriebe kann bedeutsam sein, dass manche der als Bodendecker einsetzbaren Leguminosen aufgrund des Geschmacks oder giftiger Inhaltsstoffe für die Verfütterung nicht oder wenig brauchbar sind, z. B. Bunte Kronwicke, Gelber Steinklee (*Melilotus officinalis* L. Pall.) und Hornklee. Andere Arten wie z. B. Weißklee und Luzerne gelten zwar als wertvolle Futterpflanzen, sind jedoch nicht als alleiniges Grundfutter geeignet (WEISSBACH 1993). Für viehhaltende Betriebe liegt es also nahe, Gras-Leguminosen-Mischungen als Bodendecker zu wählen. Solche Mischungen können ihre Zusammensetzung mit der Zeit verändern. So berichten BIGLER et al. (1995a), dass von den ursprünglich sechs Komponenten einer Gras-Leguminosen-Mischung bereits nach dem ersten Versuchsjahr nur noch das Knautgras (*Dactylis glomerata* L.) vorhanden war. Hauptfrüchte können so viel Konkurrenz ausüben, dass der lebende Mulch fast oder sogar ganz abstirbt (MOHLER 1991, GARIBAY 1996). Knautgras und Gemeines Rispengras (*Poa trivialis* L.) gelten als relativ schattentolerant (AMMON & SCHERRER 1994) und sind daher möglicherweise besser als andere Gräser geeignet, einen permanenten lebenden Mulch aufzubauen. Wüchsige Gräser wie das Italienische Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *italicum*) können hohe Erträge erzeugen, wenn sie im Herbst und im Frühjahr vor der Saat der Hauptfrucht geschnitten werden (GARIBAY et al. 1997); die Flächen können nach der Ernte der Hauptfrucht als Herbstweide genutzt werden. Manche der als Bodendecker verwendbaren Spezies, z. B. Gelber Steinklee, Hafer (*Avena sativa* L.), Roggen, Rotklee, Weißklee, und Weizen sollen durch die Freisetzung von Allelochemikalien Unkräuter unterdrücken können (WESTON 1996, MASIUNAS 1998).

Wirkung von Lebendmulchen auf Krankheiten, Schädlinge und Bodenleben

In zahlreichen Arbeiten wird berichtet, dass Lebendmulche das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen beeinflussen können (RYAN et al. 1980, THEUNISSEN & DEN

OUDEM 1980, ANDOW et al. 1986, GRUBINGER & MINOTTI 1990, KLOEN & ALTIERI 1990, RÄMERT 1993, 1996, COSTELLO 1994, BIGLER et al. 1995b, SOLEIMANI et al. 1995, COSTELLO & ALTIERI 1995, THEUNISSEN et al. 1995, MÜLLER-SCHÄRER 1996, MASIUNAS et al. 1997, VIDAL 1997, BRANDSÆTER et al. 1998). Im folgenden sollen solche Effekte und ihre Ursachen anhand einiger Fallbeispiele vorgestellt werden.

In der Schweiz wurden vier Maisanbauverfahren in einem vierjährigen Versuch verglichen (BIGLER et al. 1995a). Im Vergleich zu der konventionellen Kontrollvariante, in der gepflügt wurde und der Boden unbedeckt blieb, senkte das Verfahren „Streifenfrässaat in einem lebenden, mechanisch regulierten Klee-gras-mulch“ den Befall des Maises mit Beulenbrand (*Ustilago maydis* (DC) Corda), Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* Hübner) und Blattläusen (*Aphidae*) um mehr als 50%; dagegen gab es bei Fritfliegen (*Oscinella frit* L.), Erdschnakenlarven (*Tipula* spp.) und Drahtwürmern (*Agriotes* spp.) keine Unterschiede (BIGLER et al. 1995b). Die Begrünung erhöhte die Zahl der Laufkäfer (*Carabidae*), Kurzflügler (*Staphylinidae*), Spinnen (*Araneae*) und Ameisen (*Formicidae*) drastisch, reduzierte aber die Populationen der Marienkäfer (*Coccinellidae*) und Schwebfliegen (*Syrphidae*). BIGLER et al. (1995b) vermuten, dass die Infektion mit Maisbeulenbrand im Lebendmulchsystem geringer war, weil die Menge der vom Boden in die Luft gelangenden Brandsporen durch die Gründedecke reduziert wurde. Beobachtungen der Maiszünslerpopulation zeigten, dass die Eigelegedichte pro Pflanze in den Verfahren gleich war. Der lebende Mulch muss somit die Fraßleistung räuberischer Insekten und Spinnen erhöht haben (BIGLER et al. 1995b, c). Die kleineren Schwebfliegen- und Marienkäferpopulationen im Lebendmulchsystem dürften im Zusammenhang mit der geringen Blattlausdichte stehen. BIGLER et al. (1995b) präsentieren zwei Erklärungen für den relativ geringen Blattlausbesatz im Lebendmulch: Zum einen sei der Mais vergleichsweise wenig von geflügelten Blattläusen besiedelt worden, weil diese ihn wegen der Begrünung schlecht lokalisieren konnten; zum anderen sei die Relation zwischen natürlichen Feinden und Blattläusen relativ höher als im Pflugverfahren gewesen. Wir vermuten, dass sich die Blattläuse auch wegen des nachweislich schlechteren Stickstoffstatus der Maispflanzen (SCHUBIGER et al. 1995) weniger gut vermehren konnten.

In einem in England durchgeführten Experiment untersuchten SOLEIMANI et al. (1995) den Einfluss eines lebenden Weißkleemulchs auf den Befall von Weizen mit *Septoria*- und *Fusarium*-Arten sowie Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton). Im Weißkleemulch wurden gleich viele Weizenpflanzen wie in der gepflügten Variante mit Halmbruch befallen, jedoch waren die Symptome weniger stark ausgeprägt. Die Infektion mit *Fusarium* spp. wurde nur bei hoher Produktionsintensität durch den lebenden Mulch signifikant verringert. Der Kleemulch senkte den Befall des Weizens mit *Septoria* spp.; insbesondere wurde der Befall mit Blattdürre (*S. tritici*) im Stadium EC45 reduziert. *Septoria*-Sporen werden vorzugsweise durch Regenspritzer vom Boden zu den unteren Blättern, von denen alle späteren Infektionen ausgehen, transportiert. Die Wanderung der Sporen vom Boden nach oben dürfte durch zwei Mechanismen behindert worden sein: Zum einen wurde ein Teil der kinetischen Energie der Regentropfen durch den Kleemulch vernichtet, zum anderen wurden die unteren Weizenblätter vom infektiösen Boden abgeschirmt. Modellversuche, in denen die Saatstärke und Bestandeshöhe der Bodendecker und die Regenfallintensität variiert wurden, lassen vermu-

ten, dass die Verbreitung von Krankheiten durch Regenspritzer von der Struktur des Bodendecker-Bestandes beeinflusst wird (NTAHIMPERA et al. 1998). CLEMENTS et al. (1995) beobachteten, dass der Weizen im Lebendmulch weitaus weniger von Blattläusen besiedelt wurde als in der gepflügten Variante.

In den Niederlanden untersuchten THEUNISSEN et al. (1995) den Effekt von lebenden Weiß- und Erdkleemulchen auf den Schädlingsbefall von Kopfkohlbeständen, in denen keine Insektizide eingesetzt wurden. In den beiden Lebendmulchsystemen legten Kohlfiegen (*Delia brassicae* Bouche, *D. radicum* L.) deutlich weniger Eier ab als in der Kohlmonokultur. Die Zahl der Läuse (Mehlige Kohlblattlaus – *Brevicoryne brassicae* L.) und der Kohleulen-Raupen (*Mamestra brassicae* L.) war signifikant höher in der Monokultur als in den beiden Lebendmulch-Varianten; in den Lebendmulch-Parzellen war der Anteil der parasitierten Blattläuse auffällig hoch. Ein Teil der Anbausystemeffekte lässt sich möglicherweise durch die hohe Zahl von Kurzflüglern und Laufkäfern in den Lebendmulchen erklären. Der Bruttoertrag war bei Kohlmonokultur eindeutig höher als in den Lebendmulchsystemen. Von den in Monokultur erzeugten Kohlköpfen waren aber nur 41% vermarktbar, während der Anteil der vermarktbaren Köpfe in den beiden Mulchverfahren bei 75 bzw. 77% lag. Wegen der höheren Nettoerträge waren die Lebendmulchsysteme profitabler als die Kohl-Monokultur.

Die Produktion von Pflanzen in permanenten lebenden Mulchen hat zum Teil beträchtliche Auswirkungen auf bodenbiologische Parameter (HÖGGER 1995, JÄGGI et al. 1995). Unter anderem wurde eine starke Erhöhung der Regenwurmbiomasse (*Lumbricidae*) und der Collembolen (*Collembola* spp.)-Population beobachtet (JÄGGI et al. 1995). Dennoch verfügen Lebendmulchsysteme selbst nach mehreren Jahren nicht zwangsläufig über ein im Vergleich zum Pflugverfahren größeres Gesamtporenvolumen und eine höhere Infiltrationskapazität (WEISSKOPF et al. 1995).

Unkrautbekämpfung durch Bodendecker

Bereits 1954 schlugen ROBINSON & DUNHAM vor, Begleitfrüchte zwischen die Reihen von Sojabohnen zu säen, um den Unkrautwuchs zu regulieren. Die Grundidee dieses Verfahrens ist, dass Unkräuter besser reguliert werden können, wenn statt einer vielfältigen, in ihrer Zusammensetzung variablen und teilweise aggressiven Unkrautflora nur ein einziges gut bekämpfbares „Unkraut“, nämlich der Bodendecker, reguliert werden muss (PAINE & HARRISON 1993, AMMON 1996, TEASDALE 1996). MOORE et al. (1994) führen mehrere Mechanismen auf, welche an der unkrautunterdrückenden Wirkung von Mulchen beteiligt sein können: Konkurrenz um Wachstumsfaktoren durch den Bodendecker, Bildung einer physikalischen Barriere für das Unkrautwachstum, Ausscheidung allelopathisch wirkender Substanzen, erhöhter Fraß von Unkrautsamen, Veränderung des Mikroklimas und der Qualität des Lichts in der Keimzone der Unkrautsamen. Die Effekte lebender Bodendecker auf den Unkrautbesatz wurden in zahlreichen Arbeiten untersucht (u. a. von LANINI et al. 1989, NEWENHOUSE & DANA 1989, ENACHE & ILNICKI 1990, ZINK & HURLE 1990, MOHLER 1991, WHITE & SCOTT 1991, ILNICKI & ENACHE 1992, MOORE et al. 1994, PAINE et al. 1995, ATEH & DOLL 1996, HABERLAND 1996, ABDIN et al. 1997, 2000, ARMSTRONG & MCKINLAY 1997, BOTTENBERG et al. 1997, MASIUNAS et al. 1997, BRANDSÆTER et al. 1998). Grundsätzlich kann unterschieden werden

zwischen Verfahren, in denen die Hauptfrucht in einen schon länger existierenden, eventuell mehrjährigen Bodendeckerbestand gesät wird (ENACHE & ILNICKI 1990, AMMON et al. 1995) und Verfahren, in denen der Bodendecker zusammen mit der Hauptfrucht (ZINK & HURLE 1990, DE HAAN et al. 1994, HABERLAND 1996) oder später (ABDIN et al. 2000) ausgesät wird. In einigen Studien wurde völlig auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet (ENACHE & ILNICKI 1990, ILNICKI & ENACHE 1992, BRANDSÆTER et al. 1998). Aus der Fülle der Resultate sollen einige Beispiele präsentiert werden:

AMMON et al. (1995) säten Mais mittels Streifenfrässaat in einen permanenten lebenden Mulch (eine Leguminosen-Gras-Mischung). Die 30 cm breiten Frästreifen wurden mit Voraufbauherbiziden behandelt; der Reihenabstand betrug 75 cm. Die Begrünung zwischen den Reihen wurde je nach Bedarf zwei- bis dreimal mit einer speziell dafür konstruierten Maschine gemulcht; bis auf einige Hirsepflanzen (*Digitaria sanguinalis* L. und *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) fand die einjährige Mais-Unkrautflora keine Entwicklungsmöglichkeiten.

ENACHE & ILNICKI (1990) bauten Mais in lebenden Erdkleemulchen an. Im Vergleich zu den anderen Verfahren lieferte der nicht regulierte Lebendmulch eine hervorragende Unkrautregulation. Die Unkrautbiomasse im Lebendmulch nahm im Laufe der drei Versuchsjahre deutlich ab. Die Erträge im Lebendmulch unterschieden sich nicht von denen im konventionellen Kontrollverfahren (Pflug plus Herbizideinsatz, kein Mulch). Weitere Versuche, in denen Buschbohnen, Kürbis, Kopfkohl, Soja, Tomaten und Zuckermais in Erdkleemulchen produziert wurden, zeigten ebenfalls eine gute Unkrautregulierung ohne Ertragseinbußen (ILNICKI & ENACHE 1992).

ZINK & HURLE (1990) untersuchten die gleichzeitig mit Mais ausgesäten Bodendecker Erdklee, Phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), Winterraps (*Brassica napus* L.) und Senf (vermutlich *Sinapis alba* L.) auf ihre Eignung zur Unkrautregulierung. Der Erdklee unterdrückte das Unkraut nur schwach, während Phacelia und insbesondere Senf weit bessere Ergebnisse brachten. Eine starke Wirkung auf das Unkraut trat jedoch erst zu einem Zeitpunkt ein, an dem die Bodendecker mit dem Mais konkurrierten. Die Bodendecker verursachten unabhängig vom Abtötungszeitpunkt zumeist deutliche Ertragseinbußen. Durch die Anwendung eines Wachstumsregulators wurde der unkrautunterdrückende Effekt des Senfs weiter gesteigert, jedoch konnte das Wachstum des Bodendeckers nicht dauerhaft gestoppt werden. Dies hatte einen massiven Ertragsverlust zur Folge. Trotz aller Schwierigkeiten sind ZINK & HURLE (1990) der Auffassung, dass das Bodendeckerkonzept es ermöglichen könnte, Unkräuter in einem umweltverträglichen Maisanbausystem zu regulieren.

Konkurrenz um Wachstumsfaktoren

Lebendmulchsysteme können für das Pflanzenwachstum relevante Bodeneigenschaften (Humusversorgung, Aggregatstabilität, Bodendichte) positiv beeinflussen (NEWENHOUSE & DANA 1989, KUMWENDA et al. 1993). Häufig erreichen die Hauptfrüchte in Lebendmulchsystemen dennoch nicht das mit anderen Anbauverfahren erzielte Ertragsniveau (ADAMS et al. 1970, ROBERTSON et al. 1976, BOX et al. 1980, ECHTENKAMP & MOOMAW 1989, KLOCKE et al. 1989, ZINK & HURLE 1990, MOHLER 1991, CLEMENTS et al. 1995, PAINE et al. 1995, ATEH & DOLL 1996, HABERLAND 1996, RÄMERT 1996, FEIL et al. 1997, GARIBAY et al. 1997, LOTZ et al. 1997, MUSTER &

TRÄNKLE 1997, NEUWEILER & FEIL 1997, MARTIN et al. 1999). Dies kann mehrere Ursachen haben. Bei hoher Bodenfeuchte während des Schnitts und der Abfuhr des Bodendeckeraufwuchses vor der Saat der Hauptfrucht oder auch während der mechanischen Regulation der Zwischenreihenbegrünung kann es zu Bodenverdichtungen kommen (AMMON & BOHREN 1994, BOTTENBERG et al. 1997, MASIUNAS 1998). Bei der Streifenfrässaat können Fräsohlen entstehen. Mulche können die Bodentemperatur senken (ADAMS et al. 1970, NEWENHOUSE & DANA 1989) und allelopathisch wirkende Substanzen produzieren (NIELSEN et al. 1981). In den meisten Fällen jedoch dürften die Hauptfruchterträge in Lebendmulchsystemen niedriger sein, weil Hauptfrucht und Bodendecker um Wachstumsfaktoren, vornehmlich Stickstoff (KURTZ et al. 1952, CARREKER et al. 1972, PAINE et al. 1995, FEIL et al. 1997, GARIBAY et al. 1997), Wasser (ADAMS et al. 1970, CARREKER et al. 1972, BOX et al. 1980, NICHOLSON & WIEN 1983, EBERLEIN et al. 1992, BOTTENBERG et al. 1997) und Licht (MUSTER & TRÄNKLE 1997, NEUWEILER & FEIL 1997), konkurrieren. Vor der Hauptfrucht gesäte Bodendecker können dem Boden größere Mengen Stickstoff entziehen. Dies führt zu niedrigen N_{\min} -Gehalten im Boden unmittelbar vor der Saat der Hauptfrucht (GARIBAY et al. 1997, FEIL et al. 1997), was die Gefahr der Nitratauswaschung reduziert. Andererseits sinkt die Stickstoffverfügbarkeit für die Hauptfrucht. Selbst wenn der geringe N_{\min} -Gehalt des Bodens durch zusätzliche Stickstoffdüngung kompensiert wird, kann die Hauptfrucht bereits in frühen Wachstumsstadien unter Stickstoffmangel leiden (FEIL et al. 1997). FEIL et al. (1997) geben drei Gründe für den relativ schlechten Stickstoffstatus von Mais bei Streifenfrässaat in Italienischem Weidelgras an: (1) Verringerte Stickstofffreisetzung infolge reduzierter Bodenbearbeitung, (2) Netto-Immobilisation von Stickstoff in den Frästreifen aufgrund des weiten C/N-Verhältnisses der Grasreste und (3) Aufnahme von Stickstoff durch den lebenden Mulch während der Maisvegetation. Daher wurde vorgeschlagen, bevorzugt Leguminosen oder Gras-Leguminosen-Mischungen als Bodendecker zu verwenden (GARIBAY et al. 1997). Es gibt Hinweise, dass Leguminosen über verschiedene Mechanismen (CHALK 1996, FUJITA & OFOSU-BUDU 1996) Stickstoff an assoziierte Nicht-Leguminosen zu liefern vermögen (BOLLER & NÖSBERGER 1987, BURITY et al. 1989). Nach Auswertung einer Vielzahl von Arbeiten zu diesem Thema zog CHALK (1996) jedoch den Schluss, dass der Stickstofftransfer von Leguminosen zu Nichtleguminosen in Mischkulturen quantitativ unbedeutend ist. Allerdings dürfte eine mechanische Regulation der legumen Zwischenreihenbegrünung den Umfang der Stickstofflieferung erhöhen, insbesondere wenn der Leguminosenaufwuchs gehäckselt im Hauptfruchtstreifen abgelegt wird (KÖPKE & WEBER 1996). Die Bodenbedeckung durch die Mulchauflage wirkt zudem unkrautunterdrückend (KÖPKE & WEBER 1996). Bei streifenweiser Abtötung von Leguminosen-Bodendeckern vor oder während der Saat der Hauptfrucht kann es in den Hauptfruchtstreifen zu einer Netto-Mineralisierung von Stickstoff kommen (MOHLER 1991, GARIBAY 1996). Es ist denkbar, dass legume Bodendecker aufgrund ihres guten Phosphoraufschlussvermögens (VAN RAY & VAN DIEST 1979, HORST & WASCHKIES 1987) die Verfügbarkeit von Phosphor für nichtlegume Hauptfrüchte verbessern können.

Wenn in einem Lebendmulchsystem Hauptfrucht und Bodendecker stark um Stickstoff konkurrieren, kann die Ertragsdifferenz zwischen herkömmlichen Anbauverfahren und Lebendmulchsystemen durch eine höhere Stickstoffdüngung (GARIBAY et al. 1997, FEIL et al. 1997) und

durch die Platzierung des Stickstoffdüngers in den Reihen der Hauptfrucht (GARIBAY et al. 1997) reduziert werden. Ein Teil des zusätzlich applizierten Stickstoffs wird mit dem Erntegut vom Feld abgefahren (GARIBAY et al. 1997), ein anderer in die organische Masse des Bodens eingebaut. Nach deren Mineralisation wird der Stickstoff teilweise wieder pflanzenverfügbar. Möglicherweise erhöht sich in permanenten Lebendmulchsystemen mit der Zeit die Fähigkeit des Bodens Stickstoff nachzuliefern, so dass die Stickstoffdüngung reduziert werden kann. Der Umbruch eines lebenden Mulchs stimuliert die Freisetzung von mineralischem Stickstoff. Dies birgt das Risiko, dass signifikante Mengen Nitrat ausgewaschen werden (RÄMERT 1996, GARIBAY et al. 1997). RÄMERT (1996) empfiehlt daher, den lebenden Mulch möglichst spät im Herbst oder sogar erst im Frühjahr unterzupflügen.

In vielen Regionen dürfte die Verfügbarkeit von Wasser die Produktivität von Lebendmulchsystemen limitieren. Der Bodendecker kann den Bodenwassergehalt bereits vor der Saat bzw. Pflanzung der Hauptfrucht senken (CORAK et al. 1991). In den Versuchen von EBERLEIN et al. (1992) brachte Mais in einem lebenden Luzerne-Mulch ohne Bewässerung weitaus geringere Erträge als Mais auf gepflügten Parzellen, während bei reichlicher Bewässerung keine Unterschiede zwischen den Verfahren gefunden wurden. Die Streifenfrässaat von Mais in lebenden Gras- bzw. Klee-grasmulchen, in der Schweiz „Maiswiese“ genannt, stellt sehr hohe Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit. Bei Niederschlägen von über 1200 mm/Jahr und guter Verteilung des Regens im Sommer ist es ausreichend, wenn das Wachstum der Zwischenreihenbegrünung durch zweimaliges Mulchen reguliert wird. Bei geringeren Niederschlägen wird jedoch eine stärkere und frühere Regulation des Aufwuchses für notwendig erachtet (AMMON & BOHREN 1994).

Regulation des Bodendeckers

Ein Lebendmulch, der die Unkräuter wirksam unterdrückt und Bodenerosion verhindert, wird in der Regel auch starke Konkurrenz gegen die Hauptfrucht ausüben (TEASDALE 1996). In diesem Fall ist es erforderlich, den Bodendecker zu regulieren. Dabei ist zu vermeiden, dass der Lebendmulch abstirbt. Folgende Ansätze wurden mehr oder minder erfolgreich erprobt:

- Nicht-letale Herbizidapplikationen auf der gesamten Fläche (ELKINS et al. 1979, 1983, ECHTENKAMP & MOOMAW 1989, EBERLEIN et al. 1992).
- Für den Bodendecker letal wirkende Bandapplikationen von Herbiziden über den Hauptfruchtzeilen mit oder ohne Regulation der verbleibenden Bodendeckerstreifen (ELKINS et al. 1979, 1983, EBERLEIN et al. 1992, KUMWENDA et al. 1993, MARTIN et al. 1999). So töteten KUMWENDA et al. (1993) Inkarnatklée in den Maisreihen ab, wobei je nach Verfahren 5 bis 75% der Bodenbedeckung erhalten blieben. Bei 20 bis 40% Restbegrünung verursachte der Lebendmulch im Vergleich zum Kontrollverfahren (= vollständige Abtötung des Bodendeckers) keine Mindererträge, und der als Dauermulch konzipierte Inkarnatkléebestand konnte genügend Saat für die nächste Saison erzeugen.
- Streifenweise Bodenbearbeitung in den Hauptfruchtzeilen vor deren Saat oder Pflanzung. Die noch intakten Bodendeckerstreifen wurden entweder nicht reguliert (NICHOLSON & WIEN 1983, THEUNISSEN et al. 1995, MARTIN et al. 1999), durch Applikation von Herbiziden im Wuchs gehemmt (KLOCKE et al. 1989, GARIBAY

et al. 1997) oder mechanisch reguliert (GRUBINGER & MINOTTI 1990, COSTELLO & ALTIERI 1994, FEIL et al. 1997, GARIBAY et al. 1997). Bei den für die Streifenfrässaat eingesetzten Spezialmaschinen wird die Bildung einer Frässhohle verhindert, indem vor der Fräse ein spaltenreissender Grubber installiert wird. Der Grubberzahn lockert den Boden bis in 20–25 cm Tiefe (AMMON et al. 1990, 1992).

- Pflanzung der Hauptfrucht auf einem Streifen gelochter, lichtundurchlässiger Folie; der Lebendmulch wird durch Herbizide reguliert (NEUWEILER & FEIL 1997). Dieses Verfahren kann im Erdbeeranbau zur Anwendung kommen, insbesondere bei Dammkultur.
- Einsatz von Bodendecker-Spezies, deren Seneszenz entwicklungsbedingt einsetzt, bevor die Konkurrenz gegen die Hauptfrucht kritisch wird. Geeignet sind Inkarnatklée und Erdklée (ENACHE & ILNICKI 1990, KUMWENDA et al. 1993).

In einigen Fällen wurde völlig auf Herbizide verzichtet (ENACHE & ILNICKI 1990, THEUNISSEN et al. 1995, BRANDSÆTER et al. 1998). TEASDALE (1996) ist der Meinung, dass in den meisten Lebendmulchsystemen der Einsatz von Herbiziden unumgänglich sei; dennoch werde wegen des besseren Erosionsschutzes und der höheren Bodenfruchtbarkeit ein wichtiger Beitrag zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft geleistet. Wegen der reduzierten Abschwemmung können Mulchsaaten dazu beitragen, die Kontaminierung von Oberflächengewässern mit Agrochemikalien zu minimieren (HALL et al. 1984). Jedoch ist zu beachten, dass die Gefahr der Auswaschung von Herbiziden aufgrund der erhöhten Wasserinfiltration zunimmt (HALL & HARTWIG 1990, BYERS et al. 1995).

Schlussfolgerungen

Lebendmulchsysteme können einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft leisten. Die wichtigsten Vorteile sind besserer Erosionsschutz, Reduktion der Nitratauswaschung und Förderung der Selbstregulation von Krankheiten und Schädlingen. Dagegen kann offenbar nur in Ausnahmefällen auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet werden. In Lebendmulchsystemen erreichen die Hauptfrüchte häufig nicht das Ertragsniveau, welches mit anderen Anbauverfahren erzielt wird. Der Grund dafür ist zumeist, dass Bodendecker und Hauptfrucht um Wachstumsfaktoren (Stickstoff, Wasser, Licht) konkurrieren. Durch eine bessere Produktionstechnik (Wahl einer weniger kompetitiven Bodendeckerspezies, stärkere Regulation der Begrünung, höhere Stickstoffdüngung, Platzierung des Stickstoffdüngers in den Hauptfruchtzeilen, Bewässerung) lassen sich jedoch nicht selten deutliche Ertragssteigerungen erreichen. Dennoch ist nicht zu erwarten, dass Lebendmulchsysteme ohne Subventionen eine größere Verbreitung in der Praxis finden werden. Jedoch könnte das Lebendmulchkonzept eine gewisse Bedeutung im ökologischen Gemüsebau erlangen, da Mischkulturen dem Aufbau von großen Schädlingspopulationen entgegenwirken. Wenn der vermarktete Ertrag infolge des geringeren Insektenbefalls gesteigert werden kann, lassen sich mit Lebendmulchsystemen höhere Gewinne als mit herkömmlichen Anbausystemen realisieren. Da es viele mögliche Kombinationen zwischen Hauptfrüchten und Bodendeckern gibt, das Wachstum der Bodendecker auf unterschiedliche Weise kontrolliert werden kann und sehr wenig über Langzeiteffekte von Lebendmulchsystemen bekannt ist, bietet sich ein weites Feld für zukünftige interdisziplinäre Forschungsaktivitäten.

Literatur

- ABDIN, O. A., B. E. COULMAN, D. C. CLOUTIER, M. A. FARIS & D. L. SMITH, 1997: Establishment, development and yield of forage legumes and grasses as cover crops in grain corn in eastern Canada. *J. Agron. Crop Sci.* **179**, 19–27.
- ABDIN, O. A., X. M. ZHOU, D. C. CLOUTIER, B. E. COULMAN, M. A. FARIS & D. L. SMITH, 2000: Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). *Eur. J. Agron.* **12**, 93–102.
- ADAMS, W. E., J. E. PALLAS Jr. & R. N. DAWSON, 1970: Tillage methods for corn-sod systems in the Southern Piedmont. *Agron. J.* **62**, 646–649.
- AKOBUNDU, I. O. & B. N. OKIGBO, 1984: Preliminary evaluation of ground covers for use as live mulch in maize production. *Field Crops Res.* **8**, 177–186.
- AMMON, H. U., 1996: Concepts of ecologically improved cropping systems with genetically-modified herbicide-resistant crops. *Second Int. Weed Control Congr., Copenhagen*, 499–504.
- AMMON, H. U. & C. BOHREN, 1994: Maiswiese. Streifenfrässaat im Vormarsch. *Landfreund* **14**, 14–17.
- AMMON, H. U. & C. SCHERRER, 1994: Untersaaten in Mais zur Begrünung nach der Ernte. *Z. PflKrh. PflSchutz, Sonderh.* **XIV**, 421–428.
- AMMON, H. U., C. BOHREN & T. ANKEN, 1990: Breitband-Fräsaaat von Mais in Wiesen- und Gründungsbestände mit Mulch-Schnitt zwischen den Reihen. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XII**, 229–235.
- AMMON, H. U., C. BOHREN & T. ANKEN, 1992: Bandfräsaaaten von Mais in grüne Pflanzenbestände mit mechanischer oder chemischer Regulation der Grünbedeckung. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XIII**, 647–656.
- AMMON, H. U., C. BOHREN & N. L. Hartwig, 1994: Kronwicke (*Coronilla varia*) zur Grünbedeckung in Mais im Vergleich mit Zwischenkulturen. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XIV**, 429–435.
- AMMON, H. U., C. SCHERRER & J.-P. MAYOR, 1995: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Unkrautentwicklung und Bodenbedeckung. *Agrarforsch.* **2**, 369–372.
- ANDOW, D. A., A. G. NICHOLSON, H. C. WIEN & H. R. WILLSON, 1986: Insect populations on cabbage grown with living mulches. *Environm. Entom.* **15**, 293–299.
- ARMSTRONG, G. & R. G. MCKINLAY, 1997: The effect of under-sowing cabbages with clover on the activity of carabid beetles. *Biol. Agric. Hortic.* **15**, 269–277.
- ATEH, C. M. & J. D. DOLL, 1996: Spring-planted winter rye (*Secale cereale*) as a living mulch to control weeds in soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.* **10**, 347–353.
- BENNETT, O. L., E. L. MATHIAS & C. B. SPEROW, 1976: Double cropping for hay and no-tillage corn production as affected by sod species with rates of atrazine and nitrogen. *Agron. J.* **68**, 250–254.
- BIGLER, F., M. WALDBURGER & H. U. AMMON, 1995a: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Die Verfahren im Vergleich. *Agrarforsch.* **2**, 353–356.
- BIGLER, F., M. WALDBURGER & G. FREI, 1995b: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Krankheiten und Schädlinge. *Agrarforsch.* **2**, 380–382.
- BIGLER, F., M. WALDBURGER & G. FREI, 1995c: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Insekten und Nützlinge. *Agrarforsch.* **2**, 383–386.
- BOLLER, B. C. & J. NÖSBERGER, 1987: Symbiontically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrass at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant Soil* **104**, 219–226.
- BOOI, C. J. H., J. NOORLANDER & J. THEUNISSEN, 1997: Intercropping cabbage with clover: effects on ground beetles. *Biol. Agric. Hortic.* **15**, 261–268.
- BOTTENBERG, H., J. MASIUNAS, C. EASTMAN & D. EASTBURN, 1997: Yield and quality of cabbage planted in rye mulch. *Biol. Agric. Hortic.* **24**, 323–342.
- BOX, Jr., J. E., S. R. WILKINSON, R. N. DAWSON & J. KOZACHYN, 1980: Soil water effects on no-till corn production in strip and completely killed mulches. *Agron. J.* **72**, 797–802.
- BRANDSÆTER, L. O. & J. NETLAND, 1999: Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: I. Field experiments. *Crop Sci.* **39**, 1369–1379.
- BRANDSÆTER, L. O., J. NETLAND & R. MAEDOW, 1998: Yields, weeds, pests and soil nitrogen in a white cabbage living mulch system. *Biol. Agric. Hortic.* **16**, 291–309.
- BRANDSÆTER, L. O., T. SMEBY, A. M. TRONSMO & J. NETLAND, 2000: Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: II. Frost resistance studies. *Crop Sci.* **40**, 175–181.
- BURITY, H. A., T. C. TA, M. A. FARIS & B. E. COULMAN, 1989: Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant Soil* **114**, 249–255.
- BYERS, M. E., D. TYESS, G. F. ANTONIOUS, D. HILBORN & L. JARRET, 1995: Monitoring herbicide leaching in sustainable vegetable culture using tension lysimeters. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* **54**, 848–854.
- CARREKER, J. R., J. E. BOX Jr. & R. N. Dawson, 1972: No-till corn in fescuegrass. *Agron. J.* **64**, 500–503.
- CHALK, P. M., 1996: Nitrogen transfer from legumes to cereals in intercropping. In: ITO, O., C. JOHANSEN, J. J. ADU-GYAMFI, K. KATAYAMA, J. V. D. K. KUMAR RAO & T. J. REGO (Hrsg.) *Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-arid Tropics*. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 351–374.
- CLEMENTS, R. O., 1995: Bi-croppers do it in pairs. *New Farmer & Grower*, Spring 1995, 28–29.
- CLEMENTS, R. O., D. A. KENDALL, G. PURVIS, T. THOMAS & N. KOEFOED, 1995: Clover: cereal bi-cropping. *BCPC Symp. Proc. No. 63: Integrated Crop Protection: Towards Sustainability?* 143–150.
- CORAK, S. J., W. W. FRYE & M. S. SMITH, 1991: Legume mulch and nitrogen fertilizer effects on soil water and corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **55**, 1395–1400.
- COSTELLO, M. J., 1994: Broccoli growth, yield and level of aphid infestation in leguminous living mulches. *Biol. Agric. Hortic.* **10**, 207–222.
- COSTELLO, M. J. & M. A. ALTIERI, 1994: Living mulches suppress aphids in broccoli. *California Agric.* **48**, 24–28.
- COSTELLO, M. J. & M. A. ALTIERI, 1995: Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agric. Ecosyst. Environm.* **52**, 187–196.
- DE HAAN, R. L., D. L. WYSE, N. J. EHLKE, B. D. MAXWELL & D. H. PUTNAM, 1994: Simulation of spring-seeded smother plants for weed control in corn (*Zea mays*). *Weed Sci.* **42**, 35–43.
- DE HAAN, R. L., C. C. SHEAFFER & D. K. BARNES, 1997: Effect of annual medic smother plants on weed control and yield in corn. *Agron. J.* **89**, 813–821.
- EBERLEIN, C. V., C. C. SHEAFFER & V. F. OLIVEIRA, 1992: Corn growth in an alfalfa living mulch system. *J. Prod. Agric.* **5**, 332–339.
- ECHTENKAMP, G. W. & R. S. MOOMAW, 1989: No-till corn production in a living mulch system. *Weed Technol.* **3**, 261–266.
- ELKINS, D. M., J. W. VANDEVENTER, G. KAPUSTA & M. R. ANDERSON, 1979: No-tillage maize production in chemically suppressed grass sod. *Agron. J.* **71**, 101–105.
- ELKINS, D., D. FREDERKING, R. MARASHI & B. MCVAY, 1983: Living mulch for no-till corn and soybeans. *J. Soil Water Conserv.* **38**, 431–433.
- ENACHE, A. J. & R. D. ILNICKI, 1990: Weed control by subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) used as a living mulch. *Weed Technol.* **4**, 534–538.
- FEIL, B., S. V. GARIBAY, H. U. Ammon & P. STAMP, 1997: Production of silage maize in a grass mulch system – seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *Eur. J. Agron.* **7**, 171–179.
- FISCHER, A. J., 1988: Intra- and interspecific interference between sweet corn (*Zea mays* L.) and a living mulch of white clover (*Trifolium repens* L.). *Diss. Oregon State University*.
- FISCHLER, M., C. WORTMANN & B. FEIL, 1999: *Crotalaria* (*C. ochroleuca* G. Don.) as a green manure in maize-bean cropping systems in East Africa. *Field Crops Res.* **61**, 97–107.

- FUJITA, K. & K. G. OFOSU-BUDU, 1996: Significance of legumes in intercropping systems. In: ITO, O., C. JOHANSEN, J. J. ADU-GYAMFI, K. KATAYAMA, J. V. D. K. KUMAR RAO & T. J. REGO (Hrsg.) Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-arid Tropics. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 19–40.
- GARIBAY, S. V. 1996: Maize production in living mulches in a humid temperate climate. Diss. ETH Zürich No. 11655.
- GARIBAY, S. V., P. STAMP, H. U. AMMON & B. FEIL, 1997: Yield and quality components of silage maize in killed and live cover crop sods. *Eur. J. Agron.* **6**, 179–190.
- GERMEIER, C. U., 1998: Weite Reihe und Lebendmulch – neue Anbaukonzepte für eine ökologische Qualitätsweizenproduktion? *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **11**, 109–110.
- GRUBINGER, V. P., 1989: Augmenting a low rate of nitrogen fertilizer for sweet corn production with strip-rototilled white clover living mulch. Diss. Cornell University.
- GRUBINGER, V. P. & P. L. MINOTTI, 1990: Managing white clover living mulch for sweet corn production with partial rototilling. *Am. J. Altern. Agric.* **5**, 4–12.
- GUJER, H., 1999: Futterleguminosen. In: KELLER, E. R. H. HANUS & K.-U. HEYLAND (Hrsg.) *Handbuch des Pflanzenbaues*, Band 3, Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 859–902.
- HABERLAND, R., 1996: Auswirkungen einer Beisat von Klee auf Verunkrautung und Ertrag von Zuckerrüben. *Gesunde Pflanzen* **48**, 199–204.
- HALL, J. K. & N. L. HARTWIG, 1990: Triazine herbicide fate in a no-tillage corn (*Zea mays* L.) – crownvetch (*Coronilla varia* L.) “living mulch” system. *Agric. Ecosyst. Environm.* **30**, 281–293.
- HALL, J. K., N. L. HARTWIG & L. D. HOFFMAN, 1984: Cyanazine losses in runoff from no-tillage corn “living” and dead mulches vs. unmulched, conventional tillage. *J. Environm. Qual.* **13**, 105–110.
- HARTWIG, N. L., 1983: Crownvetch – a perennial legume “living mulch” for no-tillage crop production. *Northeast. Weed Sci. Soc.*, Supplement, 28–38.
- HEYLAND, K.-U. & A. WERNER, 1988: Ertragsbildung und Veränderung von Systemzuständen in Mischkulturen sowie deren mathematische Beschreibung am Beispiel von Beständen aus Mais und Beipflanzen. *Bodenkultur* **39**, 233–250.
- HÖGGER, C., 1995: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Arten und Anzahl Nematoden. *Agrarforsch.* **2**, 387–388.
- HORST, W. J. & C. H. WASCHKIES, 1987: Phosphatversorgung von Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) in Mischkultur mit Weißer Lupine (*Lupinus albus* L.). *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **150**, 1–8.
- HUGHES, B. J. & R. D. SWEET, 1979: Living mulch: a preliminary report on grassy cover crops interplanted with vegetables. *Proc. Northeast. Weed Sci. Soc.*, Vol. **33**, 109.
- ILNICKI, R. D. & A. J. ENACHE, 1992: Subterranean clover living mulch: an alternative method of weed control. *Agric. Ecosyst. Environm.* **40**, 249–264.
- INFANTE, M. L. & R. D. MORSE, 1996: Integration of no-tillage and overseeded legume living mulches for transplanted broccoli production. *HortScience* **31**, 376–380.
- JÄGGI, W., H.-R. OBERHOLZER & M. WALDBURGER, 1995: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Auswirkungen auf das Bodenleben. *Agrarforsch.* **2**, 361–464.
- KLOCKE, N. L., J. T. NICHOLS, P. H. GRABOUSKI & R. TODD, 1989: Intercropping corn in perennial cool-season grass on irrigated sandy soil. *J. Prod. Agric.* **2**, 42–46.
- KLOEN, H. & M. A. ALTIERI, 1990: Effect of mustard (*Brassica hirta*) as a non-crop plant on competition and insect pests in broccoli (*Brassica oleracea*). *Crop Prot.* **9**, 90–96.
- KÖPKE, U. & M. WEBER, 1996: Qualitäts-Backweizen aus Organischem Landbau durch Streifenanbau mit Futterleguminosen: phytopathologische und herbolgische Einflußfaktoren. Forschungsbericht Heft Nr. **37**, Universität Bonn.
- KUMWENDA, J. D. T., D. E. RADCLIFFE, W. L. HARGROVE & D. C. BRIDGES, 1993: Reseeding of crimson clover and corn grain yield in a living mulch system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**, 517–523.
- KURTZ, T., M. D. APPLEMAN & R. H. BRAY, 1946: Preliminary trials with intercropping of corn and clover. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **11**, 349–355.
- KURTZ, T., S. W. MELSTED & R. H. BRAY, 1952: The importance of nitrogen and water in reducing competition between intercrops and corn. *Agron. J.* **44**, 13–17.
- LANINI, W. T., D. R. PITTINGER, W. L. GRAVES, F. MUÑOZ & H. S. AGAMALIAN, 1989: Subclovers as living mulches for managing weeds in vegetables. *Calif. Agric.* **43**, 25–27.
- LINDGREN, C. B. & R. A. ASHLEY, 1986: No-till snap bean management system in a white clover sod. *Proc. Northeast. Weed Sci. Soc.*, Vol. **40**, 93–97.
- LOTZ, L. A. P., R. M. W. GROENEVELD, J. THEUNISSEN & R. C. F. M. VAN DEN BROEK, 1997: Yield losses of white cabbage caused by competition with clovers as cover crop. *Neth. J. Agric. Sci.* **45**, 393–405.
- LÜTKE ENTRUP, N., F.-F. GRÖBLINGSHOFF & G. STEMANN, 1993: Untersuchungen zur Effizienz von Gras-Untersaaten in Ackerbohnen. *Gesunde Pflanzen* **45**, 178–181.
- LYND, J. Q., E. A. HANLON JR. & G. V. ODELL JR., 1984: Soil fertility and defoliation effects with arrowleaf clover and nitrogen fertilizer equivalence of crimson-arrowleaf clover combinations. *Agron. J.* **76**, 13–16.
- MARTIN, R. C., P. R. GREYSON & R. GORDON, 1999: Competition between corn and living mulch. *Can. J. Plant Sci.* **79**, 579–586.
- MASIUNAS, J. B., 1998: Production of vegetables using cover crop and living mulches – a review. *J. Veget. Crop Prod.* **4**, 11–31.
- MASIUNAS, J. B., D. M. EASTBURN, V. N. MWAJA & C. E. EASTMAN, 1997: The impact of living and cover crop mulch systems on pests and yields of snap beans and cabbage. *J. Sust. Agric.* **9**, 61–89.
- MOHLER, C. L., 1991: Effects of tillage and mulch on weed biomass and sweet corn yield. *Weed Technol.* **5**, 545–552.
- MOORE M. J., T. J. GILLESPIE & C. J. SWANTON, 1994: Effects of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (*Glycine max*) development. *Weed Technol.* **8**, 512–518.
- MÜLLER-SCHÄRER, H., 1996: Interplanting ryegrass in winter leek: effect on weed control, crop yield and allocation of N-fertiliser. *Crop Prot.* **15**, 641–648.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & C. A. POTTER, 1991: Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. *Brighton Crop Prot. Conf. – Weeds – 1991*, 599–604.
- MUSTER, G. & L. TRÄNKLE, 1997: Reduced nitrogen-losses from strawberry fields by less fertilization and cover plants. In: VAN DER SCHEER, H. A. T., F. LIETEN & J. DIJKSTRA (Hrsg.) *Proc. Third Int. Strawberry Symp. Acta Hort.* **439**, Vol. 2, 763–767.
- NEUWEILER, R. & B. FEIL, 1997: Mulchverfahren im Erdbeeranbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **10**, 235–236.
- NEWENHOUSE, A. C. & M. N. DANA, 1989: Grass living mulch for strawberries. *Am. Soc. Hortic. Sci.* **114**, 859–862.
- NICHOLSON, A. G. & H. C. WIEN, 1983: Screening of turfgrass and clovers for use as living mulches in sweet corn and cabbage. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **108**, 1071–1076.
- NIELSEN, R. L., D. D. STUTHMAN & D. K. BARNES, 1981: Interference between oats and alfalfa in mixed seedings. *Agron. J.* **73**, 635–638.
- NTAHIMPERA, N., M. A. ELLIS, L. L. WILSON & L. V. MADDEN, 1998: Effects of a cover crop on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* conidia. *Phytopathology* **88**, 536–543.
- PAINE, L. K. & H. HARRISON, 1993: The historical roots of living mulch and related practices. *HortTechnol.* **3**, 137–142.
- PAINE, L., H. HARRISON & A. NEWENHOUSE, 1995: Establishment of asparagus with living mulch. *J. Prod. Agric.* **8**, 35–40.
- PEKRUN, C. & W. CLAUPEIN, 1998: Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: eine Literaturübersicht. *Pflanzenbauwiss.* **2**, 160–175.
- RÄMERT, B., 1993: Mulching with grass and bark and intercropping with *Medicago littoralis* against carrot fly (*Psila rosae* (F.)). *Biol. Agric. Hortic.* **9**, 125–135.
- RÄMERT, B., 1996: Intercropping as a strategy for reducing damage to carrots caused by the carrot fly, *Psila rosae* (F.). *Biol. Agric. Hortic.* **13**, 359–369.

- ROBERTSON, W. K., H. W. LUNDY, G. M. PRINE & W. L. CURREY, 1976: Planting corn in sod and small grain residues with minimum tillage. *Agron. J.* **68**, 271–274.
- ROBINSON, R. G. & R. S. DUNHAM, 1954: Companion crops for weed control in soybeans. *Agron. J.* **46**, 278–281.
- RÜEGG, W. T., W. RICHNER, P. STAMP, and B. FEIL, 1998: Accumulation of dry matter and nitrogen by minimum-tillage silage maize planted into cover crops. *Eur. J. Agron.* **8**, 59–69.
- RYAN, J., M. F. RYAN & F. MCNAEIDHE, 1980: The effect of interrow plant cover on populations of the cabbage root fly, *Delia brassicae* (Wiedemann). *J. Appl. Ecol.* **17**, 31–40.
- SCHUBIGER, F. X., M. WALDBURGER, F. BIGLER, B. GRAF & O. ROTH, 1995: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Entwicklung und Wachstum. *Agrarforsch.* **2**, 373–375.
- SCHULZ-MARQUARDT, J., M. WEBER & U. KÖPKE, 1995: Streifenanbau von Sommerweizen mit Futterleguminosen – Nutzung von Grünbrachemulch zur Steigerung der Backqualität von Sommerweizen im Organischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **8**, 57–60.
- SCHUMANN, H. & K.-U. HEYLAND, 1990: Zur Frage der Konkurrenzbeziehungen in Wintergerstenbeständen mit Begleitpflanzenwachstum. *Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz., Sonderheft* **12**, 293–306.
- SCOTT, T. W., J. MT. PLEASANT, R. F. BURT & D. J. OTIS, 1987: Contributions of ground cover, dry matter, and nitrogen from intercrops and cover crops in a polyculture system. *Agron. J.* **79**, 792–798.
- SOLEIMANI, M. J., M. L. DEADMAN, R. O. CLEMENTS & D. A. KENDALL, 1995: Cereal-clover bicropping, could it affect our fungicide dependency? BCPC Symp. Proc. No. **63**: Integrated Crop Protection: Towards Sustainability? 195–202.
- STEMANN, G., N. LÜTKE ENTRUP & F.-F. GRÖGLINGHOFF, 1993: Maisanbau mit Gras-Untersaat – ein Baustein zu mehr Umweltschutz. *Gesunde Pflanzen* **45**, 171–177.
- TEASDALE, J. R., 1996: Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *J. Prod. Agric.* **9**, 475–479.
- TEASDALE, J. R. & C. S. T. DAUGHTRY, 1993: Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Sci.* **41**, 207–212.
- THEUNISSEN, J. & H. DEN OUDEN, 1980: Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of brussels sprouts. *Entom. Experim. Applic.* **27**, 260–268.
- THEUNISSEN, J., C. J. H. BOOIJ & L. A. P. LOTZ, 1995: Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entom. Experim. Applic.* **74**, 7–16.
- VAN RAY, B. & VAN DIEST, A., 1979. Utilization of phosphate from different sources by six plant species. *Plant Soil* **51**, 577–589.
- VOGEL, G., 1996: Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- VRABEL, T. E., P. L. MINOTTI & R. D. SWEET, 1981: Legume sods as living mulches in sweet corn. *Proc. Northeast. Weed Sci. Soc.* **35**, 158–159.
- VIDAL, S., 1997: Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown brussels sprouts. *Biol. Agric. Hortic.* **15**, 285–295.
- WARMAN, P. R., 1990: Intercropping of asparagus with various legume species. *Scientia Hortic.* **44**, 1–7.
- WEBER, M., J. SCHULZ-MARQUARDT & U. KÖPKE, 1995: Streifenanbau von Sommerweizen mit Futterleguminosen – Wirkungen auf Unkrautentwicklung und Krankheitsbefall. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **8**, 61–64.
- WEISSBACH, F., 1993: Grünfütter und Grünfütterkonservate. In: JEROCH, H., G. FLACHOWSKY & F. WEISSBACH (Hrsg.) Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 74–154.
- WEISSKOPF, P., U. ZIHLMANN & M. WALDBURGER, 1995: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Bodenphysikalische Parameter. *Agrarforsch.* **2**, 357–360.
- WERNER, A., 1985: Die Nutzung zwischenpflanzlicher Konkurrenz in Form von Mischkultursystemen zur Biologischen Unkrautbekämpfung in Mais und der Einfluß der Beipflanzen auf die Ertragsbildung der Kulturpflanze. Diss. Universität Bonn.
- WESTON, L. A., 1996: Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agron. J.* **88**, 860–866.
- WHITE, J. G. & T. W. SCOTT, 1991: Effects of perennial forage-legume living mulches on no no-till winter wheat and rye. *Field Crops Res.* **28**, 135–148.
- WILES, L. J., R. D. WILLIAM, G. D. CRABTREE & S. R. RADOSEVICH, 1989: Analyzing competition between a living mulch and a vegetable crop in an interplanting system. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **114**, 1029–1034.
- ZINK, J. & K. HURLE, 1990: Wirkung von Bodendeckern auf die Verunkrautung in Mais. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XII**, 237–247.

Eingegangen am 08. Februar 2000;
angenommen am 22. Mai 2000

Anschriften der Verfasser:

PD Dr. B. Feil, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, D-06099 Halle/Saale; e-mail: boy.feil@ipw.agrl.ethz.ch
Dr. M. Liedgens, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETHZ, FEL Eschikon, CH-8315 Lindau (Schweiz); e-mail: markus.liedgens@ipw.agrl.ethz.ch.