

- Geringere Kosten für die Neuaussaat (5 % der Fläche) aufgrund von Erosionsschäden	5,6
- Geringere Kosten für den Bau von Konturdämmen	1,2
- Zusätzliche Produktion aufgrund der Reduzierung der Konturdämme und des dadurch bedingten Landverlustes	3,2

Bei einer Diskontierung der zukünftigen Leistungen (Erträge) mit 10 % pro Jahr könnte der Staat Paraná es sich leisten, pro Jahr US \$ 20 Mio zusätzlich an öffentlichen Mitteln in Forschung, Beratung und Erziehung auf dem Gebiet der Bodenkonservierung zu investieren, falls die Akzeptanzrate von integrierten Erosionsbekämpfungsmaßnahmen etwas mehr als verdoppelt werden könnte.

Traditionelle Bodenkonservierungsmaßnahmen zeigen einen Konflikt zwischen sofortigem Gewinn und langfristiger Erhaltung der Fruchtbarkeit und der Ertragsstabilität der Böden. Dagegen zeichnen sich die dargestellten pflanzenbaulichen Maßnahmen des Erosionsschutzes sowohl durch ihre kurzfristigen wirtschaftlichen Vorteile für den einzelnen Landwirt und für die Volkswirtschaft als auch durch ihre positiven Wirkungen auf die langfristige Erhaltung des landwirtschaftlichen Produktionspotentials aus.

9.0 Kombination von Direktsaat, Gründüngung und Fruchtfolge in der Praxis

Auf die Bedeutung der Bedeckung des Bodens zur Reduzierung von Erosionsschäden wurde in dieser Arbeit mehrmals hingewiesen (siehe Abschnitte 3.0, 5.4 und 6.3). Die Direktsaat bietet als einziges Anbauverfahren die Möglichkeit, den Boden ganzjährig und ununterbrochen mit wachsenden Pflanzen oder Pflanzenrückständen bedeckt zu halten (Abb. 9.1). Monokulturen mit Winterbrache, wie sie in Paraná weit verbreitet sind, führen dazu, daß der im allgemeinen spärliche Unkrautbewuchs in den Wintermonaten keine ausreichende Bodenbedeckung bietet, aber die Vermehrung der Unkräuter doch ermöglicht. Die nicht ausreichende Bodenbedeckung führt dann zu Erosionsschäden und Nährstoffauswaschung. Auch der weitverbreitete Anbau der Folge Sojabohnen/Weizen gewährt im allgemeinen keinen ausreichenden Schutz, es sei denn, es kommen massenwüchsige Sorten mit langen Wachstumszyklen zur Verwendung. In den letzten Jahren haben sich jedoch insbesondere bei Sojabohnen immer mehr Sorten mit kurzer Vegetationszeit und relativ geringem Masseertrag durchgesetzt.



Abb. 9.1: Mais wurde im Direktsaatverfahren in eine dicke Mulchschicht aus Mais- und Roggenstroh eingesät. Die Pflanzenreste bieten auch nach der Aussaat ausreichend Erosionsschutz.

(Photo: R. Derpsch)

Eine ausreichende Bodenbedeckung kann im allgemeinen nur über die Fruchtfolge und den Einsatz von massenwüchsigen Gründüngungspflanzen erreicht werden. Der Mais ist dabei eine wichtige Feldfrucht in der Fruchtfolge, da nach der Ernte eine große Masse an Pflanzenrückständen (4 bis 8 t/ha) den Boden gut schützt. Versuche in Paraná haben gezeigt, daß bei Maisanbau der Boden auch aufgrund der Verteilung der Niederschläge und der frühen Aussaatzeit weniger erosionsgefährdet ist als bei Anbau von Sojabohnen. Unter den Winter-Gründüngungsarten sind insbesondere Örettich, Schwarzhafer, Weidelgras, Roggen und Lupinen durch die Erzeugung ausreichender Pflanzenmassen und wegen ihrer Vorfruchtwirkung von Bedeutung (Abschnitt 6.2). Alle Gründüngungspflanzen halten bei günstigen Witterungsbedingungen den Boden während der Vegetationszeit (mit Ausnahme der ersten Wochen nach der Aussaat) gut bedeckt und bieten einen effizienten Erosionsschutz. Daneben ist die Anwendung von Gründüngungsarten für die Unkrautunterdrückung von Bedeutung und kann wesentlich zur Einsparung an Unkrautbekämpfungsmitteln beitragen. Dies trägt entscheidend zur Wirtschaftlichkeit der Direktsaat bei (Abschnitt 8.2.). Einige Gründüngungsarten haben eine sehr gute Vorfruchtwirkung auf die wichtigsten Sommerkulturen gezeigt (Abschnitt 6.4), so daß ihr Einsatz wirtschaftlicher war als der Anbau der Verkaufsfrucht Weizen.

Die positiven Wechselwirkungen des Einsatzes von Direktsaat, Fruchtfolge und Gründüngung wurden in Paraná von Forschung und Praxis bestätigt. Maximaler Bodenschutz, höhere Erträge, reduzierter Pflanzenschutzmitteleinsatz und bessere Wirtschaftlichkeit können nachweislich durch Kombination dieser drei Techniken erreicht werden.

9.1 Entwicklung der Direktsaat in Brasilien

Die weltweite Entwicklung der Direktsaattechnik unter Verzicht auf die Unkrautbekämpfung durch Bodenbearbeitung wurde erst in den 50iger Jahren möglich, nachdem geeignete Herbizide verfügbar waren. Frühere Versuche hatten bereits gezeigt, daß die Bodenbearbeitung für die Pflanzenproduktion nicht unbedingt erforderlich ist, die praktische Durchführung scheiterte jedoch an der unzureichenden Unkrautunterdrückung.

Die ersten Direktsaatversuche wurden in Paraná in den Jahren 1971 und 1972 eingeleitet. Diese Versuche zeigten gleiche oder höhere Erträge der Direktsaat im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung, insbesondere in Trockenjahren (Derpsch, 1984). Die ersten Direktsaatversuche regten den Landwirt Herbert Bartz aus Rolândia an, 1972 als erster diese Technik auf einem Teil seines Betriebes anzuwenden. Die Initiative dieses Landwirts und die gleichzeitig einsetzende Beratungstätigkeit der Pflanzenschutzmittelhersteller führten dazu, daß immer mehr Landwirte sich für das neue Anbauverfahren entschieden. Vier Jahre später hatten mehr als 500 Landwirte die Direktsaattechnik auf etwa 57.000 ha eingesetzt. (Tabelle 9.1).

Tabelle 9.1 Entwicklung der Direktsaat in Brasilien

Jahr	Anzahl der Landwirte	Fläche (ha)
1972	2	100
1973	10	1.000
1974	89	8.000
1975	212	25.000
1976	538	57.000
1977	500	49.000
1978	519	54.000
1979	*	121.000
1980	*	205.000
1981	*	220.000
1982	*	260.000
1983	*	400.000**

* Keine Information

** David Hayward, 1984 (persönliche Mitteilung)
(Guedes, 1983)

In den Jahren 1977/78 stagnierte die Ausbreitung der Direktsaat. Dies war auf unzureichende Kenntnisse über das Direktsaatsystem sowie auf einen Mangel an geeigneten Maschinen und auf die geringe Auswahl geeigneter Herbizide zurückzuführen. Die langjährige Erforschung und praktische Erprobung führte zu einer Weiterentwicklung des Direktsaatsystems, so daß sich dieses bis Ende 1984 auf ca. 300.000 ha in Paraná (5 % der Ackerbaufläche) und 1985 auf schätzungsweise 800.000 ha in Südbrasilien ausbreitete.

Eine im Jahr 1984 in 161 Betrieben unterschiedlicher Größe in vier repräsentativen Gebieten Paraná durchgeführte Befragung ergab, daß rund ein Viertel der Landwirte das Direktsaatsystem als bodenschonendes Bearbeitungsverfahren zur Reduzierung der Erosion anwendeten (Kronen, 1986). 63 % der Befragten zählten zu den mittleren Betrieben mit rund 50 — 250 ha, 29 % der Betriebe waren größer als 250 ha und 8 % kleiner als 50 ha.

Weltweit kam 1984 die Direktsaat auf über 7 Mio Hektar zur Anwendung (Tabelle 9.2). In den USA, wo die Direktsaatfläche bis 1984 auf 5,7 Mio ha gestiegen war, wird damit gerechnet, daß im Jahre 2010 etwa 55 % der Ackerbaufläche im Direktsaat-Verfahren bestellt werden und die konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug auf etwa 5 % zurückgehen wird (USDA, 1985).

Tabelle 9.2 Verbreitung der Direktsaat weltweit

Länder	Direktsaatanbaufläche (1.000 ha)	
	1973/74 ¹⁾	1983/84 ²⁾
USA	2.200	5.695*
Kanada	—	100**
England	200	275
Frankreich	50	50
Holland	2	5
Japan/Malaysia/Sri Lanka	200	250
Australien	100	400
Neuseeland	75	75
Brasilien	1	400

Die Zahlen beziehen sich auf Direktsaat (no-tillage) nach oben aufgeführter Definition ohne andere Formen der konservierenden Bodenbearbeitung

¹⁾ Wiles und Guedes, 1975

²⁾ David Hayward, persönliche Mitteilung, 1984

* National Association of Conservation Districts, 1985 National Survey of Conservation Tillage in 1984

** C. W. Lindwall, persönliche Mitteilung, 1985

9.2 Voraussetzungen für die Direktsaat

Drei Grundvoraussetzungen machen die Anwendung der Direktsaat möglich:

1. Der Anwendung muß eine standortspezifische Versuchstätigkeit vorausgegangen sein, um die Eignung der Böden und den zu erwartenden Schädlingsbefall im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Systems zu ermitteln, da nicht alle Standorte für das Verfahren gleichermaßen geeignet sind.
2. Geeignete Sämaschinen, mit denen eine dichte Mulchschicht durchschnitten und das Saatgut in den nicht gelockerten Boden abgelegt werden kann, müssen zur Verfügung stehen.
3. Kostengünstige Herbizide, die ein breites Unkrautspektrum in den anzubauenden Kulturen erfassen, müssen am Markt erhältlich sein.

Diese Grundvoraussetzungen sind im allgemeinen in Südbrasilien erfüllt.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von weiteren standort- und betriebsbedingten Voraussetzungen, die beachtet werden müssen:

- Der Landwirt muß eine ausreichende **Qualifikation** besitzen und alle Phasen des Anbausystems beherrschen. Arbeitskräfte und Traktorfahrer müssen ausgezeichnete Kenntnisse in der Anwendungstechnik haben.
- Die **Böden** müssen für die Direktsaat geeignet sein (keine feuchten und schlecht drainierten Standorte). Die ungeeigneten Böden machen in Paraná nur einen geringen Prozentsatz aus.

- Saure Böden müssen vor der Einführung der Direktsaat ausreichend **gekalkt** werden. Freies Aluminium sollte in der Krume nicht vorliegen. Bei Auftreten hoher Al-Werte im Unterboden muß eine Neutralisierung durch Ausbringen von Gips in Erwägung gezogen werden.
- Vor Anwendung der Direktsaat sollte eine ausreichende **Nährstoffversorgung** des Bodens gesichert sein. Insbesondere bei mangelnder P-Versorgung sollte der Boden meliorativ den Bedürfnissen entsprechend aufgedüngt werden.
- Ertragsbegrenzende **Strukturschäden** und **Bodenverdichtungen**, die durch den Einsatz schwerer Schlepper, Maschinen und Transportfahrzeuge auf feuchtem Boden entstanden sind, müssen beseitigt werden. Meist reicht zur Beseitigung von Verdichtungen der Einsatz von Pflug oder Grubber. Diese Maßnahmen sind insbesondere nach langjährigem Einsatz der schweren Scheibenege erforderlich. In seltenen Fällen bedarf es einer Untergrundlockerung.
- Die **Einebnung** der Bodenoberfläche ist erforderlich. Radspuren und Erosionsrillen müssen beseitigt werden. Diese Maßnahme sollte sorgfältig durchgeführt werden, sonst können immer neu auftretende Erosionsrillen den erfolgreichen Beginn der Direktsaat hinauszögern. Eventuell kann die Einführung im Streifenanbau geschehen (Streifen zwischen zwei Konturdämmen werden alternierend konventionell und in Direktsaat bestellt).
- Die **Bedeckung** des Bodens mit einer Mulchauflage muß mindestens 50 % betragen. Pflanzenreste dürfen nicht verbrannt werden. Die erforderlichen Pflanzenrückstände sind durch Winter-Gründüngung zu erzeugen.
- Die Verwendung eines **Strohhäckslers** am Mähdrescher oder zumindest die gleichmäßige Verteilung der Pflanzenrückstände nach der Ernte ist unumgänglich. Im Schwad abgelegtes Stroh macht den Einsatz von Direktsaatmaschinen unmöglich.
- **Perennierende Wurzelunkräuter**, die das Wachstum und den Ertrag der Kulturpflanzen beeinträchtigen, müssen vorher beseitigt werden.
- Es sollten möglichst wenige **aggressive Unkräuter** vorkommen, da diese eine sehr kostspielige Beseitigung erfordern.
- Unkrautsamen und **Ausfallgetreide** müssen vor Aussaat der Kulturen ausreichende Keimungsbedingungen finden, um entsprechend bekämpft werden zu können, da die Beseitigung in der nachfolgenden Kulturpflanze problematisch sein kann.

Der **Übergang** zur Direktsaat sollte niemals schlagartig auf dem gesamten Betrieb gleichzeitig erfolgen. Es empfiehlt sich, im ersten Jahr nur 10 % und im zweiten Jahr 30 bis 50 % der Fläche in Direktsaat auszusäen. Erst nachdem der Landwirt das System (vor allem die Unkrautbekämpfung) beherrscht, sollte die Technik auf der gesamten Anbaufläche angewendet werden. Intensive **Beratung** durch erfahrene Fachleute sowie Erfahrungsaustausch mit anderen Landwirten ist vor allem in der Anfangsphase erforderlich.

9.3 Maschinen

Sämaschinen

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für das Gelingen der Direktsaat ist die Verfügbarkeit geeigneter Sämaschinen (Abb. 9.2). Genau wie im herkömmlichen Ackerbau ist es auch in der Direktsaat erforderlich, optimale Keimungs- und Aufgangsbedingungen für das Saatgut zu schaffen.

An eine Direktsaatmaschine müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

- Ausreichendes Gewicht, um Pflanzenreste zu schneiden bzw. den unbearbeiteten Boden aufreißen zu können
- Schneidvorrichtungen, die das Verstopfen durch Pflanzenreste verhindern
- Anbringung der Schneid-, Dünge- und Säelemente auf mehreren Balken (großer Durchgang)
- Ausreichende Saatbettbereitung in einem engen Streifen, um optimale Saatgutablage und Keimungsbedingungen zu ermöglichen
- Einstellmöglichkeiten für Reihenweite und Tiefenablage/Saatdichte, Saatgutgröße und -form
- Zustreicher/Druckrollen, um das Saatgut anzudrücken und mit dem Boden zu bedecken, um einen guten Kontakt zum Boden herzustellen und das Saatgut vor Austrocknung sowie Vögeln oder Nagetieren zu schützen.

Die erste Direktsaatmaschine, die in Brasilien um 1974/75 auf den Markt kam, basierte auf dem Prinzip der **Fräsrillensaart** (Abschnitt 4.7). Die durch die starre Achse und die Dreipunktaufhängung bedingte geringe Arbeitsbreite sowie die geringe Arbeitsgeschwindigkeit und Reparaturanfälligkeit dieser Maschine führten jedoch zu einer immer geringeren Nachfrage und nach ca. 10 Jahren zur Einstellung der Produktion, nachdem bessere und schlagkräftigere Geräte am Markt verfügbar waren.

Inzwischen haben sich **Dreischeiben-Drillgeräte** durchgesetzt (Abb. 9.3). Bei diesen durchschneidet ein (häufig gewelltes) Scheibensech die Pflanzenrückstände und öffnet den Boden, worauf ein nachlaufendes Paar V-förmig angestellter, meist feder-belasteter, glatter Scheiben folgt, das den geschlitzten Boden weiter öffnet und darin das Saatgut und den Dünger ablegt. Gefederte, meist gummiüberzogene Druckräder in unterschiedlicher Form und Ausführung (einzeln oder doppelt) sorgen für das Schließen der Rille und Andrücken des Saatgutes. In einigen Fällen wird zwischen Scheibensech und Doppelscheiben ein Grubberschar zur Lockerung und/oder Düngerausbringung angebracht. Tiefenbegrenzungsräder sorgen für die Einhaltung einer gleichmäßigen Saattiefe und arbeiten umso besser, je näher sie an die Säschare gesetzt werden. Davon abweichend gibt es verschiedene andere Systeme, bei denen eine schräggestellte Scheibe die Arbeit von drei Scheiben übernimmt oder wo die Düngung mit getrennten Scheiben ausgebracht wird.



Abb. 9.2: Direktsaat von Sojabohnen. Durch Hochhängen des 2., 4. und 6. Scharns kann diese Maschine schnell für die Maisaussaat umgerüstet werden.

(Photo: R. Derpsch)



Abb. 9.3: Hier sorgen ein glattes, gezahntes Scheibensech für das Durchschneiden der Strohsschicht und ein Doppelschar für die Saatgutablage, gefolgt von Tiefenbegrenzungsrädern und Druckrädern.

(Photo: R. Derpsch)

Direktsaatmaschinen in verschiedenen Ausführungen für die Aussaat mit engen Reihenabständen (15 bis 25 cm für Getreide, Zwischenfrüchte usw.), mittlere Reihenabstände (35 bis 60 cm für Sojabohne, Phaseolusbohne usw.) und weite Reihenabstände (75 bis 100 cm für Mais etc.) werden heute von verschiedenen Firmen in Brasilien hergestellt. Einige Modelle können für jeden beliebigen Reihenabstand und unterschiedliches Saatgut umgerüstet werden. Praktisch alle Fabrikate sind mit Düngerkästen ausgerüstet, einige Typen auch für gleichzeitige Kalkung. Die Bedienung findet vorwiegend über Fernhydraulik für das Ausheben der Schare am Feldende Anwendung. Es werden sowohl mechanische als auch pneumatische Sämeeinheiten verwendet. Neben den speziellen Direktsaatmaschinen werden häufig normale Sämaschinen von Spezialfirmen oder Werkstätten für Direktsaat umgebaut, womit erhebliche Investitionseinsparungen verbunden sind. Die Kosten für den Umbau einer Weizensämaschine sind 55 % und einer Mais/Sojasämaschine 64 % geringer als der Kauf einer neuen Maschine (Sorrenson und Montoya, 1984).

Da die Umrüstung der Maschinen von engen auf weite Reihenabstände sehr zeitaufwendig ist und Spezialmaschinen im allgemeinen eine bessere Arbeit leisten als Universalmaschinen, ziehen es die meisten Landwirte vor, zwei Sämaschinen für Direktsaat auf dem Betrieb zu halten, eine für Sojabohnen und Mais und die andere für Getreide und Zwischenfrüchte. Die Kosten einer Sämaschine für Sojabohnen (6 Reihen) und Mais (3 Reihen) betragen US \$ 4.700 bis 7.900. Diese Kosten liegen etwa dreimal so hoch wie die Kosten für normale Sämaschinen mit gleicher Anzahl Schare bzw. Arbeitsbreite. Die Entwicklung von Sämaschinen für Direktsaat kommt auch der reduzierten- oder Minimalbodenbearbeitung zugute, da mit ihnen eine optimierte Saatgutablage bei Hinterlassung großer Mengen von Pflanzenrückständen an der Oberfläche möglich ist. Das Fehlen dieser Maschinen war früher der wichtigste Faktor, der der Verbreitung der konservierenden Bodenbearbeitung (mehr als 30 % Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände nach der Aussaat) im Wege stand.

Die Namen und Anschriften der wichtigsten brasilianischen Firmen, die 1984/85 Direktsaatmaschinen in Brasilien herstellten, können Anhang D entnommen werden.

Spritzgerät (Feldspritze)

Neben den Sämaschinen gehört ein gut gepflegtes und stets einsatzbereites, einwandfrei arbeitendes Spritzgerät zu der in der Direktsaat erforderlichen Ausrüstung. Es können sowohl Anbau- als auch gezogene Geräte zur Anwendung kommen. Um Ausbringungsfehler zu vermeiden, sollte mindestens einmal pro Woche der Ausstoß aller Düsen geprüft werden. Die Präzisionsdüsen sind der wichtigste Teil des Spritzgerätes. Fabrikneue Düsen, die vor dem Einsatz bereits Abweichungen von mehr als 5 bis 10 % vom Mittel im Ausstoß aufweisen, müssen verworfen werden. Der hohe Preis einer Qualitätsdüse zahlt sich immer aus. Die Verwendung von einwandfreiem, unverschmutztem Wasser ist selbstver-

stündlich, da sonst ein Verstopfen der Düsen unvermeidlich ist. Der Spritzdruck sollte normalerweise 2 bis 3 bar betragen (Hinweise des Herbizidherstellers beachten). Detaillierte Angaben zur Einstellung des Spritzgerätes und zur Anwendungstechnik finden sich in Anhang D.

Mulchgerät

Als Mulchgerät wird in Paraná vorwiegend der Anbau-Sichelmäher (siehe Abb. Titelseite) verwendet. Neuerdings findet die Messerwalze für das Einmulchen von Gründüngung immer stärkere Verbreitung (siehe Abb. 6.16). Einzelheiten über die Geräte wurden bereits in Abschnitt 6.5 erläutert.

Schlepper

Da in der Direktsaat die zugkraftaufwendige Bodenbearbeitung entfällt, sind kleinere Schlepper als bei der konventionellen Bodenbearbeitung möglich (30 bis 50 % geringere Zugleistung). Direktsaatfarmer in Brasilien setzen in der Regel Schlepper mit bis zu 90 PS (SAE) auf ihren Betrieben ein, mit denen Sägeräte für Sojabohnen und Mais mit 8 Reihen gezogen werden können. Sämaschinen mit einer Arbeitsbreite von mehr als 4 m finden in Paraná kaum Verwendung, da die Feldgrößen und -formen (hügelige Oberflächengestaltung, Konturdämme) sowie Zufahrtswege den Einsatz solcher Maschinen schwierig machen. Kleinere Sämaschinen können mit 35 bis 40 PS-Schleppern gezogen werden (Abb. 9.4). Ein Hydrauliksystem mit ausreichender Hubkraft, zum Ausheben der Maschinen am Feldende, ist erforderlich und stellt oft den limitierenden Faktor beim Schlepper dar.

Mähdrescher

Für die Direktsaat ist es erforderlich, die Pflanzenrückstände an der Oberfläche zu hinterlassen (Erosionsschutz, Bodenfeuchtigkeit, -temperatur, Unkrautunterdrückung). Deshalb muß der Mähdrescher das Häckseln bzw. gleichmäßige Verteilen des gedroschenen Pflanzenmaterials auf der vollen Schnittbreite sicherstellen (Abb. 9.5).

Die **Mindestausrüstung** für das Direktsaat-Anbausystem eines 150 ha-Betriebes bei Anbau von Sojabohnen und Weizen besteht aus:

- 1 Schlepper 70 bis 90 PS (SAE)
- 1 Schlepper 40 bis 60 PS (SAE)
- 1 Direktsaat-Sämaschine für Sojabohnen (7reihig), Leistung ca. 15 ha/Tag bei 6 km/h (auch 4reihig für Mais verwendbar)
- 1 Direktsaat-Sämaschine für Weizen (2,5 m Arbeitsbreite), Leistung ca. 10 ha/Tag bei 6 km/h (auch für Gründüngung verwendbar)
- 1 Spritzgerät 10 m Arbeitsbreite (500 l Behälter)
- 1 Spritzgerät für Unterblattspritzung (eventuell entbehrlich)
- 1 Sichelmäher (oder Messerwalze)



Abb. 9.4: Eine alte Fräse wurde kostengünstig in eine zweireihige Mais-Direktsaatmaschine umgewandelt. Zugkraftbedarf 35 bis 40 PS. (Photo: R. Derpsch)



Abb. 9.5: Das gleichmäßige Verteilen des Stroh durch den Mähdrescher ist eine wichtige Voraussetzung für das Direktsaatsystem. (Photo: R. Derpsch)

- 1 Schleuder-Düngerstreuer
- 1 Kalkstreuer
- 1 Mähdrescher (etwa 3,6 m Schnittbreite), ausgerüstet mit einem Strohhäcksler oder -verteiler
- 2 Anhänger für je 4.000 kg Erntegut (lose)
- 2 Getreidesilos mit je 80 t Lagerkapazität und Vorreinigung zur Lagerung der Tagesernte
- 1 Maschinenschuppen mit 250 m² Fläche
- 1 Werkstatt

Der kleine Schlepper wird nur ca. 60 % ausgelastet. Die Weizenaussaat muß in Nordparaná schlagkräftig erfolgen (Ausnutzung von 2 Niederschlägen vom 1. bis 20. April). Deshalb wäre hier eine zweite Sämaschine für Weizen angebracht. Auch ist ein 2 — 4.000 l-Faß für den Wassertransport beim Spritzen empfehlenswert.

Es wird vorausgesetzt, daß Lastwagenunternehmen zur Ernte zur Verfügung stehen und daß das gedroschene Erntegut täglich in die Genossenschaft gefahren werden kann, wo es getrocknet wird. Die aufgeführte Ausrüstung ist erforderlich für die Soja/Weizen-Folge. Bei einer vielfältigen Fruchtfolge mit Mais und Gründüngung kann dieselbe Ausrüstung auf einer wesentlich größeren Fläche zur Anwendung kommen. Für die N-Düngung von Mais ist lediglich ein Reihendüngerstreuer und für den Maisdrusch eine vierreihige Maispflückvorrichtung zusätzlich erforderlich.

Da bei der Direktsaat Strukturschäden vermieden werden müssen, sollten alle Maßnahmen zur Reduzierung des Bodendruckes (leichte Schlepper und Transportfahrzeuge, niedriger Luftdruck, Zwillingreifen) und das Befahren bei möglichst trockenem Boden angestrebt werden.

9.4 Unkrautkontrolle

Im Direktsaatsystem erfolgt die Unkrautbekämpfung mit Herbiziden und Zwischenfrüchten. Gelingt es nicht, die Unkräuter ausreichend zu unterdrücken, so ist mit Ertragseinbußen zu rechnen. Die erfolgreiche Unkrautbekämpfung gehört zu den wichtigsten Voraussetzungen, um die Direktsaat in der Praxis durchführen zu können. Die Unkrautkontrolle ist im Direktsaatsystem schwieriger durchzuführen als bei herkömmlicher Bodenbearbeitung. Deshalb müssen alle möglichen Maßnahmen der Unkrautunterdrückung durch die Fruchtfolge und den Einsatz von Zwischenfrüchten genutzt werden (siehe Abschnitt 6.2). Solche Maßnahmen wirken sich nicht nur auf die Reduzierung des Unkrautbesatzes und die Konkurrenz mit der angebauten Kultur aus, sondern sie haben durch die Einsparung von Herbiziden auch maßgeblichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Systems. Die Vielfalt der nutzbaren Pflanzenarten bietet Möglichkeiten, die in vie-

len Teilen der Welt und in Paraná noch nicht ausgeschöpft worden sind. Allelopathische Wirkungen, die von wachsenden Pflanzen, aber auch von Pflanzenresten ausgehen, können genutzt werden.

Am IAPAR konnte nachgewiesen werden, daß die Aussaat von Mais nach Weidelgras eine Anwendung von Herbiziden überflüssig machte. Dies ist aber nicht in jedem Jahr und nur unter bestimmten Witterungsbedingungen zu erreichen. „Der Einsatz von Herbiziden sollte nicht dogmatisch ausgeschlossen werden: die rechtzeitige Vernichtung von Unkrautbewuchs kann entscheidend Wasser sparen; zudem ist eine mit Herbiziden behandelte Fläche weniger erosionsanfällig als ein mit der Hacke bearbeiteter Bestand“ (Rehm, 1983). Dennoch sollte aus wirtschaftlichen und ökologischen Erwägungen mit Pflanzenschutzmitteln so sparsam wie möglich umgegangen werden.

Drei wichtige Voraussetzungen müssen für den effizienten Herbizideinsatz erfüllt sein:

1. Sichere Identifizierung der Unkräuter zur Auswahl der geeigneten Herbizide (oder anderer Bekämpfungsmaßnahmen).
2. Genaue Kenntnisse über Eigenschaften, Wirkungsweise und Ausbringungsmenge der Präparate
3. Präzise Ausbringungstechnik.

Wissenslücken auf einem dieser Gebiete können ertragsmindernd und verlustbringend wirken.

Um Landwirten und Beratern die Identifizierung der Unkräuter und die richtige Wahl der Bekämpfungsmaßnahmen zu erleichtern, wurden im Rahmen des Projektes zwei Schriften veröffentlicht. In einer Unkrautfibrel werden die 100 am meisten verbreiteten Unkräuter kurz beschrieben („Manual de identificação e controle de plantas daninhas — plantio direto e convencional“, Lorenzi, 1984). Jedes Unkraut kann aufgrund von Abbildungen des Keimlings und der entwickelten Pflanze leicht identifiziert werden. Gleichzeitig werden alle in Brasilien verfügbaren Herbizide aufgelistet und es wird darauf hingewiesen, in welchem Grade die Unkräuter auf die einzelnen Herbizide reagieren.

Weiterhin wurde eine Herbizidfibrel veröffentlicht („Guia de herbicidas, contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional“, Almeida und Rodrigues, 1985). Darin sind die 182 verfügbaren Unkrautbekämpfungsmittel und deren sachgemäße Anwendung beschrieben. Darüber hinaus wurden der Direktsaat und der biologischen Unkrautunterdrückung ein ausführliches Kapitel gewidmet.

Bei der Herbizidspritzung kann das Heranfahren von großen Wassermengen zu einem logistischen Problem werden. Es werden deshalb in der Praxis geringe

Ausbringungsmengen bevorzugt. Neue Spritzverfahren (z. B. CDA-Controlled Droplet Applicator) erlauben es, die Wassermenge bei manchen Produkten auf 25 bis 50 l/ha zu reduzieren, ohne die Wirkung der Herbizide zu beeinträchtigen.

Es wird auch ständig versucht, die Aufwandmengen an Herbiziden im Direktsaatverfahren zu reduzieren. Die Mischung von einigen Präparaten mit Harnstoff, Ammonsulfat oder anderen Zusatzstoffen kann zu Einsparungen an Unkrautbekämpfungsmitteln führen.

Einige Produkte (zum Beispiel 2,4-D) müssen mindestens 12 bis 14 Tage vor der Aussaat zur Anwendung kommen. Der Wirkstoff muß weitgehend abgebaut sein, da sonst Schäden an den Kulturpflanzen entstehen können. Andere Produkte können Nachbauschäden bei später in der Fruchtfolge eingesetzten Kulturen verursachen. Beispielsweise können zu hohe Mengen von Atrazin zu Mais bei dem darauffolgenden Hafer zu Schäden führen. Deshalb sollten die Anweisungen der Hersteller genau beachtet werden. Die Herbizidfibrel (Almeida und Rodrigues, 1985) sowie die einschlägige Literatur sollten als Ratgeber hinzugezogen werden.

Die Festlegung von wirtschaftlichen Schadensschwellen des Unkrautbesatzes sollte künftig ins Auge gefaßt werden. Nicht jedes Unkraut muß beseitigt werden. Der Landwirt muß lernen, mit einigen Unkräutern zu leben. Saubere und unkrautfreie Felder mögen optisch schöner wirken, Ästhetik sollte jedoch nie mit überflüssigen Kosten verbunden sein. Zudem kann in Brasilien mit relativ geringem Lohnniveau immer die Möglichkeit genutzt werden, einzelne hartnäckige Unkräuter oder Unkrautinseln mit der Handhacke oder Rückenspritze zu beseitigen. Dies ist ökologisch sinnvoll, ist auch auf Großbetrieben möglich (und üblich) und hilft, die Arbeitslosigkeit zu lindern.

Die Winterbrache wird in Paraná auf 80 % der Ackerbaufläche, das heißt rund 5 Mio ha, praktiziert. Sie fördert die Verbreitung und Vermehrung der Unkräuter und muß im Direktsaatssystem unbedingt vermieden werden. Unkrautunterdrückende Gründungsarten sollten zur Anwendung kommen. Weiterhin sollte die in Paraná weitverbreitete Monokultur durch standortgerechte Fruchtfolgen (siehe Abschnitt 7.5) ersetzt werden.

9.5 Direktsaat und Fruchtfolge in der praktischen Durchführung

Folgende Kulturen werden in Paraná im Direktsaatverfahren angebaut:

- Sommerkulturen: Sojabohnen, Mais, Phaseolusbohnen, Reis, Baumwolle, Sorghum, Sonnenblumen
- Winterkulturen: Weizen, Roggen, Hafer, Gerste
- Gründungsarten: Schwarzhäfer, Roggen, Weidelgras, Lupinen, Wicken, Serradella, Örettich, Raps, Sonnenblumen, Ackerspörgel.

Dabei ist die Direktsaat von Sojabohnen im Sommer und von Weizen im Winter am meisten verbreitet. Geeignete Fruchtfolgen für die Praxis wurden bereits in Abschnitt 7.5 detaillierter behandelt.

Wegen der guten Unkrautunterdrückung und der nachgewiesenen Ertragssteigerung auf die nachfolgende Sojabohne ist es vorteilhaft, die Direktsaat mit Schwarzhäfer als Gründüngung anzufangen. Die Fortführung kann nach dem Muster der Abbildung 9.6 erfolgen.

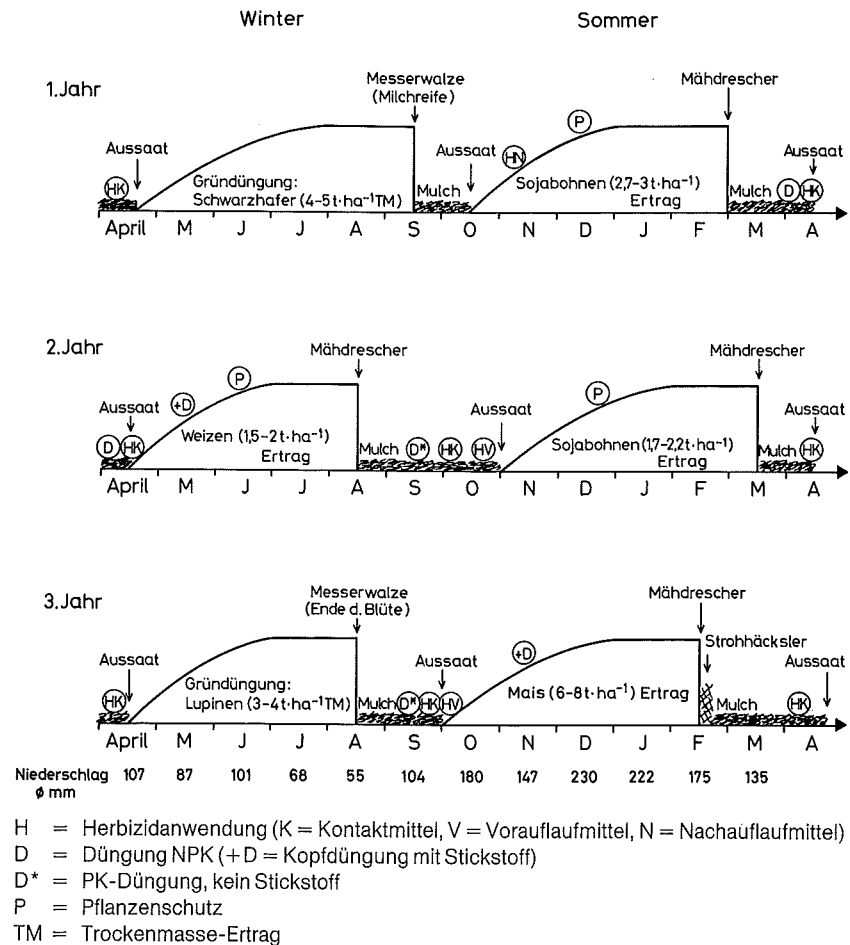


Abb. 9.6: Direktsaat-Anbausystem in der praktischen Durchführung bei 3jähriger Fruchtfolge in Nordparaná, auf Böden mit guter Nährstoffversorgung.

Der Dünger kann auf gut versorgten Böden breitwürfig vor der Saat ausgebracht werden. Dadurch kann die Düngung in den Brachezeiten erfolgen, wenn ohnehin keine Arbeitsspitzen anfallen. Die Aussaat kann dann ca. 35 % schneller durchgeführt werden. Eine hohe Schlagkraft ist unter den Witterungsbedingungen Paranás immer von Vorteil.

Detaillierte Angaben über die Anwendung der Direktsaat in der Praxis können auch den Ausführungen eines der Pionierlandwirte in Südparaná, Frank Dijkstra (1984), entnommen werden, der das System seit 1976 anwendet. Das vom IAPAR herausgegebene Handbuch über Direktsaat in Paraná enthält ebenfalls zahlreiche Informationen (Plantio Direto no Estado do Paraná, IAPAR, 1981).

9.6 Eignung für Kleinbetriebe

Die Direktsaat wurde von Kleinbauern in Brasilien und anderswo in der Welt bereits angewendet, lange bevor das System weltweite Beachtung fand. Im Wanderhackbau wurde und wird nach Schneiden und Brennen des Buschwerks das Maissaatgut mit dem Grabstock oder mit einer einfachen Handsämaschine in den unbearbeiteten Boden abgelegt (Abb. 2.12). Auch heute noch werden in Paraná jedes Jahr etwa 200.000 ha Mais mit der Handsämaschine ausgesät.

Eine Verbesserung dieses Anbausystems wurde am IAPAR entwickelt. Vor Mais wurden weiße Lupinen ausgesät, die nach 96 Tagen einen Grünmasseertrag von 33 t/ha erbrachten. Die Lupinen wurden geschnitten und der Mulch einen Monat liegen gelassen. Dann wurde Mais mit dem Handsägerät ohne Düngung direkt ausgesät. Die Unkrautbekämpfung erfolgte über Herbizide. Der Körnermaisertrag betrug 6,5 t/ha (Derpsch, 1981).

Die Schwierigkeit bei dem Ersatz des Feuers durch Herbizide liegt jedoch in einer sachgerechten Ausbringung der Chemikalien. Die Unkrautbekämpfungsmittel müssen in geringsten Mengen gleichmäßig auf der ganzen Fläche verteilt werden. Soll das mit einer Rückenspritze geschehen, so muß auf die Einhaltung einer einheitlichen Geschwindigkeit beim Gehen und einer ständig gleichen Höhe der Spritzdüse über dem Unkrautbewuchs geachtet werden. Darüber hinaus sollte die Düse stets waagrecht geführt und eine gleichmäßige Spritzbreite eingehalten werden. Hierfür werden zweckmäßigerweise Schnüre in entsprechenden Abständen (üblicherweise 1 m) gespannt und als Markierung benutzt. Bei einem Meter Spritzbreite treten auf 1 ha (100 x 100 m) einhundert Überlappungen auf. Jede Abweichung bedeutet, daß entweder das Unkraut nicht erreicht oder doppelt gespritzt wird, was sich bei einigen Produkten phytotoxisch auf die nachfolgende Kultur auswirken kann. Sollen die Reihen den Höhen-schichtlinien folgen, tritt ein weiterer Schwierigkeitsgrad auf.

Diese Schwierigkeiten haben sicherlich dazu beigetragen, daß die am IITA entwickelte Direktsaat für Kleinlandwirte mit chemischer Unkrautbekämpfung und

Einsatz von Rückenspritzen einen nur sehr geringen Eingang in die Praxis gefunden hat. Die Ausbringung von Herbiziden sollte, wenn möglich, immer mit einem schleppergetriebenen Spritzbalken durchgeführt werden, weil Geschwindigkeit, Spritzhöhe und Spritzbreite besser eingehalten werden können und weniger Überlappungsfehler auftreten. Gegebenenfalls sollte das Spritzen im überbetrieblichen Maschineneinsatz oder durch Lohnunternehmer erfolgen.

Diese Ausführungen zeigen, daß die Anwendung von Herbiziden in Kleinbetrieben auf erhebliche technische Schwierigkeiten stößt. Selbst wenn diese Probleme gelöst werden, dürften letztendlich die hohen Kosten der Herbizide eine Anwendung in Kleinbetrieben mit ihren beschränkten finanziellen Möglichkeiten verbieten.

Trotzdem ist eine Direktsaat mit tierischer Anspannung und/oder Handsämaschine auf diesen Betrieben möglich. Voraussetzung ist der Einsatz von mulchproduzierenden Kulturen und Gründungsarten, die durch dichte Mulchdecken eine ausreichende Unkrautunterdrückung erreichen. Solche Systeme sind im Staat Santa Catarina bereits für Kleinlandwirte entwickelt und in die Praxis eingeführt worden (Monegat, 1985). Eine gute Unkrautunterdrückung wird mit Schwarzhafer (vor Phaseolusbohnen) oder Saatwicke (vor Mais) erreicht. Zum Mulchen kann in diesem Fall eine Messerwalze für tierische Anspannung, wie sie im IAPAR weiterentwickelt und getestet wurde, verwendet werden. Weitere Faktoren, wie zum Beispiel Vorfruchtwert, müssen in der Wahl der Fruchtfolge berücksichtigt werden.

Einzelne Unkräuter, die dennoch auftreten, können wirksam mit der Handhacke beseitigt werden, was ohnehin in diesen Betrieben eine weitverbreitete Praxis ist. Die Aussaat in die Mulchdecke kann mit der heute noch häufig benutzten Handsämaschine (Matraca oder Saraquá) erfolgen. Diese Maschine ermöglicht Pflanzleistungen von 0,5 bis 2 ha pro AK und Tag bei Mais. Um die Pflanzleistung zu erhöhen, wurden Direktsaatmaschinen für tierische Anspannung entwickelt. 1983 wurde in Castro, Paraná, eine solche Maschine gebaut (Abb. 9.7) und 1984 im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit zur Erprobung an das Forschungszentrum für Kleinbetriebe der EMPASC, geliefert. Es ist zu erwarten, daß nach Prüfung und Verbesserung des Prototyps die industrielle Fertigung in größerer Serie erfolgen wird. Weitere Maschinen für Direktsaat mit tierischer Anspannung wurden von der Universität in Curitiba und von Landwirten in den Staaten Santa Catarina und Rio Grande do Sul entworfen.

Direktsaatmaschinen für kleine Schlepper von 35 bis 40 PS wurden am IAPAR in Londrina entwickelt (Abb. 9.4). Diese Maschinen können mit wenig Kapitaleinsatz aus einer Fräse umgebaut und mit 2 Drillscharen für Mais ausgestattet werden. Die vom IAPAR seit 1976 durchgeführten Direktsaatversuche mit Mais wurden stets mit solch einer Maschine angelegt. Dieses Fräsrillengerät ist für die Aussaat von Mais auf Betrieben bis zu 50 ha sehr gut geeignet.



Abb. 9.7: Demonstration einer in Paraná entwickelten Direktsaatmaschine für tierische Anspannung. (Photo: R. Derpsch)

Für eine erfolgreiche Direktsaat sind der Kenntnisstand und die Ausbildung des Landwirtes wichtiger als die Größe des Betriebes.

9.7 Vor- und Nachteile der Direktsaat

Die hier aufgeführten Vor- und Nachteile gegenüber der üblichen Aussaat mit Bodenbearbeitung beziehen sich auf die in Abschnitt 4.7 definierte Direktsaat, bei der nur ein sehr schmaler Streifen gelockert und das Saatgut darin abgelegt wird.

Vorteile:

Wirksamste Erosionsbekämpfung, wenn ganzjährig eine ausreichende Bodenbedeckung gewährleistet wird. Die Bodenverluste können durch Direktsaat auf 20 bis 1 % gegenüber der herkömmlichen Bodenbearbeitung reduziert werden.

Evaporation und größere Wasserspeicherung im Boden führen unter den Bedingungen in Paraná zu einer besseren Keimung und zu einem gleichmäßigeren Aufgang der Saat. Die Aussaat ist 6 bis 12 Tage nach einem Regen möglich (3 bis 6 Tage bei konventioneller Bearbeitung). Dadurch wird das Anbaurisiko reduziert und eine höhere Produktion ist in Trockenjahren möglich.

Erhaltung der günstigen physikalischen Eigenschaften von Oxisolen und Alfisoln. Erhöhung der Aggregatstabilität und Infiltration.

Verringerung der extrem hohen Bodentemperaturen und der Temperaturamplitude verhindert Schäden an Saatgut und Wurzeln.

Erhaltung und Erhöhung des C-Gehaltes im Boden. Dies ist bei Oxisolen wegen der geringen Kationenaustauschkapazität von besonderer Bedeutung.

Erhöhte Mengen an pflanzenverfügbarem Phosphor können bis zu einer 50 %igen Einsparung von Phosphordünger führen.

Erhöhung der biologischen Bodenaktivität, insbesondere Regenwürmer, Arthropoden, Bakterien usw. aufgrund der Reduzierung von Höchsttemperaturen und Temperaturschwankungen.

Langfristige Erhaltung und auch Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und Einsparung an Dünger, da keine Erosionsverluste ausgeglichen werden müssen.

Reduzierung von Arbeitsgängen. Dies führt zu einer Einsparung von Schlepperstunden, Kraftstoffverbrauch, Zeit sowie zu einer längeren Lebensdauer der Maschinen. Der Maschinenbedarf kann reduziert oder eine größere Fläche mit gleichem Maschinensatz angebaut werden.

Reduzierung der erforderlichen Schleppergröße (PS-Zahl), da die Bodenbearbeitung praktisch die einzige Feldarbeit im Ackerbau ist, die zugstarke Maschinen notwendig macht.

Zeitersparnis, so daß eine größere Fläche zum richtigen Zeitpunkt (Aussaattermin, Bodenfeuchte) ausgesät werden kann. Außerdem kann sofort nach der Ernte die nachfolgende Kultur ausgesät werden.

Verbesserte Befahrbarkeit der Flächen für Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte.

Reduzierter Bruch und geringere Ernteverluste bei Mähdreschern, die auf glatten, nicht von Erosionsrinnen durchzogenen Flächen arbeiten.

Vermeidung der Neuaussaat auf erosionsgeschädigten Flächen nach Starkregen kurz nach der Aussaat. Dies führt zur Einsparung von Saatgut, Kraftstoff, Zeit und Kosten.

Höherer Ertrag bei Sojabohnen, Weizen und Phaseolusbohnen.

Höhere Ertragsstabilität durch Erhaltung und Aufbau der Bodenfruchtbarkeit.

Alle diese Vorteile führen zu einer höheren Wirtschaftlichkeit.

Durch Erosionsschutz Reduzierung der ökologischen Schäden außerhalb der landwirtschaftlichen Betriebe (Verlandung von Flüssen, Stauseen, Seen, Häfen, Überschwemmungen, Eutrophierung von Gewässern sowie Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung und Erholungsmöglichkeiten).

Nachteile:

Erhöhte Frostschäden bei Winterkulturen durch Mulchaufgabe.

Höhere Maschinenkosten.

Höhere Kosten aufgrund der Herbizidanwendung.

Schwierige Unkrautbekämpfung. Besondere Kenntnisse über die Unkrautflora des Betriebes sind erforderlich. Die einzelnen Unkräuter müssen (zur effizienten Bekämpfung mit geeigneten Herbiziden) bekannt sein.

Vermehrte Verwendung giftiger Herbizide. Besondere Kenntnisse über die Wirkung, Aufwandmenge und das Unkrautpektrum der anzuwendenden Herbizide sind erforderlich. Die Verwendung von Herbiziden kann sich bei unsachgemäßer Handhabung negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken.

Größere Krankheitsanfälligkeit der Kulturpflanzen.

Spritztechnik. Die Berechnung von sehr geringen Ausbringmengen der Unkrautbekämpfungsmittel erfordert besondere Kenntnisse. Erhöhte Aufwandmengen können zu Schäden bei den angebauten Kulturen führen, während Unterdosierung eine schlechte Bekämpfung zur Folge hat.

Insgesamt kompliziertere Technik und höhere Anforderungen an das Management.

9.8 Zusammenfassung

Die Direktsaat bietet als einziges Anbauverfahren die Möglichkeit, den Boden ununterbrochen mit wachsenden Pflanzen oder Pflanzenrückständen bedeckt zu halten und vor dem Aufprall der Regentropfen und der damit verbundenen Erosion zu schützen. Eine ausreichende Bodenbedeckung kann im allgemeinen nur über eine geeignete Fruchtfolge und den Einsatz von massenwüchsigen Gründüngungspflanzen erreicht werden.

Die Direktsaat wird in Brasilien seit 1972 in der Praxis durchgeführt. Nach anfänglichen Schwierigkeiten, die 1977/78 sogar zu einem Rückgang der Anbaufläche führten, sind nun

die wichtigsten Hemmnisse, die einer raschen Ausdehnung im Wege standen, beseitigt. Ende 1985 betrug die Anbaufläche schätzungsweise 800.000 ha. Nach den USA (mit 5,7 Mio ha Direktsaat im Jahre 1984) weist Brasilien die größte Ausdehnung der Direktsaatfläche auf.

Das System der Direktsaat sollte nur dann angewendet werden, wenn auf einem Betrieb die Voraussetzungen dafür erfüllt sind. Geeignete Maschinen, kostengünstige Herbizide und know-how müssen vorhanden sein, um den Erfolg zu sichern. Auch der Boden muß in sachgerechter Weise vorbereitet und behandelt werden. Ausreichend Mulch muß vorhanden sein, um für gute Bodenbedeckung zu sorgen. Schwer zu bekämpfende Unkräuter müssen beseitigt werden.

Die Maschinenausstattung eines Betriebes für die Direktsaat umfaßt neben der Spezialsämaschine insbesondere ein exakt eingestelltes Spritzgerät sowie ein Mulchgerät.

Ein reichliches Angebot an geeigneten Herbiziden, die jederzeit erhältlich sind, bietet dem Landwirt die Möglichkeit einer effizienten chemischen Unkrautbekämpfung. Zur sachgerechten Anwendung der Herbizide muß der Landwirt genaue Kenntnisse über Eigenschaften, Wirkungsweise und Ausbringungsmenge der Unkrautbekämpfungsmittel haben, er muß die Unkräuter auf seinem Acker sicher identifizieren und die Ausbringungstechnik von Pflanzenschutzmitteln beherrschen. Wissenslücken auf einem dieser Gebiete können sich ertragsmindernd auswirken. Alle Möglichkeiten der Reduzierung der Herbizidanwendung sollten ausgeschöpft werden. Die unkrautunterdrückende und ertragssteigernde Wirkung von Gründüngung und Fruchtfolge sollte genutzt werden.

Direktsaat ist gleichermaßen für Groß- als auch für Kleinbetriebe geeignet. In Kleinbetrieben muß die Unkrautbekämpfung verstärkt über geeignete Gründüngungsarten und Fruchtfolgen (dicke Mulchdecken) sowie Beseitigung mit der Handhacke erfolgen. Praxisreife Systeme sind im Staat Santa Catarina bei Anwendung der tierischen Anspannung und einer Handsämaschine entwickelt worden. Wichtiger als die Betriebsgröße sind der Kenntnisstand und die Ausbildung des Landwirts. Hohe Anforderungen werden im Direktsaatsystem an die Betriebsführung gestellt.

Die wichtigsten Vorteile der Direktsaat sind eine wirksame Erosionsbekämpfung, eine größere Wasserspeicherung im Boden, Verringerung der Bodentemperatur, Erhöhung der biologischen Bodenaktivität, langfristige Erhaltung sowie auch Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Reduzierung von Arbeitsgängen, Reduzierung der erforderlichen Schleppergröße, höhere Erträge und Ertragsstabilität sowie höhere Wirtschaftlichkeit.

Zu den Nachteilen zählen erhöhte Frostschäden, höhere Kosten für Maschinen und Aussaat, schwierigere Unkrautbekämpfung, größere Krankheitsanfälligkeit der Kulturpflanzen und höhere Anforderungen an das Management. Diese Nachteile werden jedoch durch höhere Erlöse kompensiert.

10.0 Integrierte Erosionskontrolle

Unter integrierter Erosionskontrolle wird die gleichzeitige Anwendung aller bewährten Erosionsbekämpfungsmaßnahmen verstanden. Die Einführung des Terminus »Integrierte Erosionsbekämpfung« in Paraná sollte vor allem deutlich machen, daß Bodenkonservierung mehr ist als alleine der Konturdammbau (Abb. 10.1). Auch pflanzenbauliche Maßnahmen der Erosionsbekämpfung können nur dann erfolgreich sein, wenn sie in ein System integriert sind. Werden zum Beispiel bei Starkregen große Wassermassen von Nachbarbetrieben oder Zufahrtsstraßen in landwirtschaftlich genutzte Flächen geleitet, dann bleiben auch bei idealer Bodenbedeckung Erosionsschäden nicht aus.

Um die integrierte Erosionsbekämpfung auf Betriebsebene einzuführen, muß ein **Bodenkonservierungsplan** entworfen werden. Nach diesem Plan müssen standortgerechte Lösungsansätze für ein umfassendes Erosionsbekämpfungskonzept erarbeitet werden. Dafür sind folgende Maßnahmen notwendig:

Landnutzungsplanung Kartierung und Einteilung in Nutzungsklassen

Die Landnutzungsplanung hat das Ziel, eine standortgerechte Nutzung der Flächen unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften, Hangneigung, Niederschlagsintensität und Anbausysteme zu gewährleisten. Hierzu sollten nach Möglichkeit Luftbildaufnahmen, Bodenkarten und spezialisiertes Personal herangezogen werden. Als erstes wird eine Betriebskartierung erstellt, in der die derzeitige Nutzung, Straßen, Zäune, Bodenkonservierung und Erosionsschäden, Entwässerungssystem, Schlaggröße usw. eingetragen werden. Diese Karte dient als Grundlage für eine zweite Karte, in der die Flächen des Betriebes in Nutzungsklassen eingeteilt werden. Für die Einteilung in die verschiedenen Nutzungsklassen kann auf das vom USDA in Nordamerika erarbeitete und weitgehend verwendete System zurückgegriffen werden (Klingebiel und Montgomery, 1961; Hudson, 1971). Eine Anpassung an die Verhältnisse in Brasilien ist von der Sociedade brasileira de Ciencia do Solo in Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftsministerium erarbeitet worden (Bellinazzi et al., 1983). Danach sind die Klassen I bis III für den Ackerbau geeignet, die Klasse IV ist nur für gelegentliche Ackernutzung (alle 4 bis 6 Jahre) und vorwiegend für Grünland geeignet. Die Klassen V bis VII sind für Grünland und/oder Forstwirtschaft geeignet, während die Klasse VIII nicht genutzt werden darf. Aus der Bodenkonservierungskartierung muß ersichtlich werden, welche Flächen für den Ackerbau oder für Grünland geeignet sind und welche Flächen aufgeforstet werden müssen.

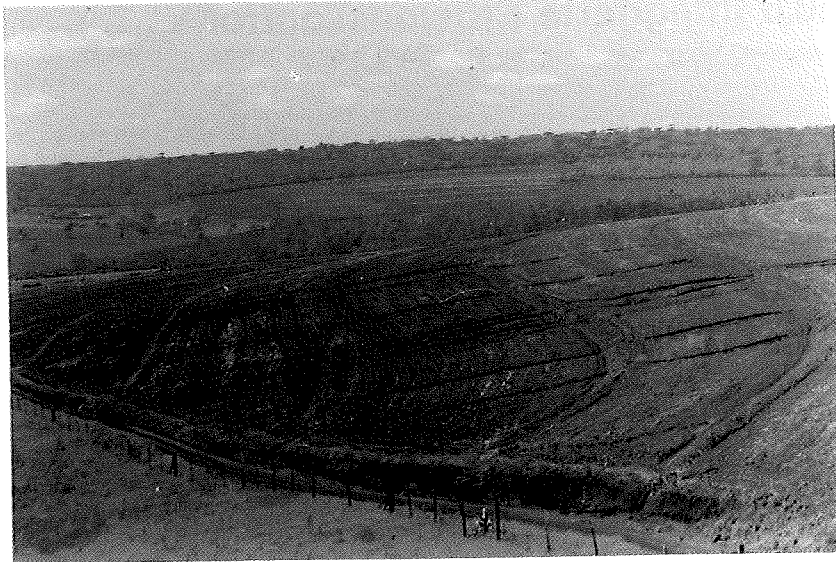


Abb. 10.1: Wird die traditionelle Bodenbearbeitung fortgeführt, wird auch der großdimensionierte Konturdamm durch eingeschwemmtes Bodenmaterial eingeebnet und es kommt zu erheblichen Erosionsschäden. (Photo: R. Derpsch)

In Paraná sollte der **Ackerbau** im allgemeinen nur auf Flächen mit **maximal 12 % bis 15 % Hangneigung** erfolgen. Auf sandigen, erosionsanfälligen Standorten muß die Obergrenze der maximalen Hangneigung für die traditionelle ackerbauliche Nutzung sehr viel niedriger angesetzt werden. Andererseits kann bei Hinterlassung von großen Mengen an Pflanzenrückständen an der Oberfläche (4 bis 6 t/ha) und Anwendung der Direktsaat der Anbau von einjährigen Kulturen bis zu einer Hangneigung von etwa 20 % durchgeführt werden. Auf steileren Flächen und flachgründigen Böden sollte **Grünland** angelegt werden. Einer gemischten Acker- und Tierproduktion ist auch aus anderen Gründen der Vorzug zu geben.

Auf Steilhängen sowie auf sehr flachgründigen und steinigen Böden sollte eine **Aufforstung** oder Anpflanzung mit perennierenden Kulturen vorgenommen werden, die für eine permanente Bodenbedeckung sorgen. In Paraná stehen für die Aufforstung einheimische und schnellwachsende exotische Arten (*Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. usw.) zur Verfügung. Die sachkundige Beratung eines Forstwirts ist für eine geeignete Auswahl erforderlich. Wenn möglich, sollte Mischwald angestrebt werden. Laut Gesetz muß jeder landwirtschaftliche Betrieb eine Wald- oder Aufforstungsfläche von mindestens 20 % aufweisen. Für die Einhaltung des Gesetzes wurde jedoch in der Praxis bisher nicht gesorgt.

Auch **Dauerkulturen** (insbesondere bei Verzicht auf eine Bodenlockerung und bei Zwischenpflanzung mit Gräsern oder Leguminosen, die den Boden vor dem Aufprall der Regentropfen schützen) führen hier zu einer guten Erosionskontrolle.

Aufbau einer Infrastruktur der Bodenkonservierung

Sind die Nutzungsformen der verschiedenen Flächen festgelegt, so muß die Infrastruktur für eine geeignete Bodenkonservierung aufgebaut bzw. dem neuen Plan angepaßt werden.

Darunter versteht man die kulturtechnischen und mechanischen Maßnahmen, die als Grundlage für eine dauerhafte Erosionsbekämpfung erforderlich sind (Mazuchowski und Derpsch, 1984):

- Verlegung von Einfahrtsstraßen und internen Verkehrswegen, soweit wie möglich den Höhenlinien folgend. Wird bei Starkregen überschüssiges Wasser an hängigen Straßen gesammelt, so darf dieses nicht in die Felder geleitet werden, sondern muß so in das Tal geführt werden, daß keine Schäden entstehen.
- Anlage von Wasserauffanggruben am Wegrand (falls es nicht zu vermeiden ist, Zufahrtsstraßen in Richtung des Gefälles zu bauen).
- Anlage von begrasten Wasserabzugsbahnen (grassed waterways) durch Anpflanzung oder Aussaat kurzwachsender, fest verankerter Gräser, um über-



Abb. 10.2: Begraste Wasserabzugsbahnen gehören zur Infrastruktur der Bodenkonservierung. (Photo: R. Derpsch)

schüssiges Wasser, welches von Nachbarbetrieben, Verkehrswegen oder befestigten Hofflächen gesammelt wird, frei von Erosionsschäden in das Tal zu leiten (Abb. 10.2).

- Einebnung tiefer Erosionsgräben, nachdem sichergestellt ist, daß das Wasser nicht wieder an derselben Stelle abfließt (sonst zum Beispiel Umwandlung in begraste Wasserabzugsbahnen).

Auch die **Anlage von Konturdämmen** gehört zur Infrastruktur der Bodenkonservierung. Aufgabe der Konturdämme ist es, die Abflußgeschwindigkeit des Wassers zu verringern, nicht infiltriertes Niederschlagswasser aufzuhalten und es seitlich über begraste Wasserabzugsbahnen abzuleiten. Durch Verkürzung der Hanglänge wird eine Verlangsamung der Abflußgeschwindigkeit sowie eine Erhöhung der Wasserinfiltration am Damm erreicht. Wird Erde vor dem Damm abgelagert, dann hat es an zusätzlichen Maßnahmen der Erosionskontrolle gefehlt. Ein weiterer Vorteil der Konturdämme ist, daß sie zum Konturanbau zwingen, das heißt, daß alle Feldarbeiten quer zum Hang durchgeführt werden müssen.

Zwei Arten von Konturdämmen haben in Brasilien Eingang in die Praxis gefunden:

- Konturdämme mit engem Querschnitt (Abb. 10.3)
- Konturdämme mit breitem Querschnitt (Abb. 10.4)

Konturdämme mit engem Querschnitt sollten möglichst mit Dauervegetation bewachsen sein, wenn dadurch nicht die Vermehrung von Feldratten begünstigt wird. Konturdämme mit breitem Querschnitt werden bearbeitet und normal eingesät, sollten aber nur bis ca. 6 % Gefälle angelegt werden. Bei mehr als 6 % Geländeneigung müssen beide Arten von Höhendämmen mit 0,5 % Gefälle angelegt werden und in begrasten Wasserabzugsbahnen münden (Maximallänge der Dämme 600 m).

Für den Bau der Konturdämme wird häufig der Pflug eingesetzt. Nachdem die Höhenschichtlinien mit Pflöcken markiert sind, kann nach dem in Abbildung 10.3 und 10.4 gezeigten Schema vorgegangen werden, wobei jede Zahl eine Fahrt mit einem Drei- bis Vier-Scheibenpflug bedeutet. Schneller geht die Anlage von Konturdämmen bei Verwendung von Planierraupen oder Straßenplaniermaschinen.

Die für Paraná empfohlenen vertikalen und horizontalen Abstände zwischen Konturdämmen in Abhängigkeit von der Hangneigung sind Tabelle 10.1 zu entnehmen. Abstände zwischen Konturdämmen von weniger als 15 m gestalten den Ackerbau schwierig. Auf solchen Flächen sollte auf eine ackerbauliche Nutzung verzichtet werden.

In Verbindung mit anderen Erosionsbekämpfungsmaßnahmen (reduzierte Bodenbearbeitung, Hinterlassung von Pflanzenrückständen an der Oberfläche)

haben die Konturdämme eine gute Wirkung zur Reduzierung von Erosion gezeigt. Als alleinige Bodenkonservierungsmaßnahme, wie sie jahrelang in Paraná mit Kreditvergabe gefördert wurde, bieten Konturdämme, insbesondere unter Beibehaltung der traditionellen und konventionellen Bodenbearbeitung, einen unzureichenden Erosionsschutz.

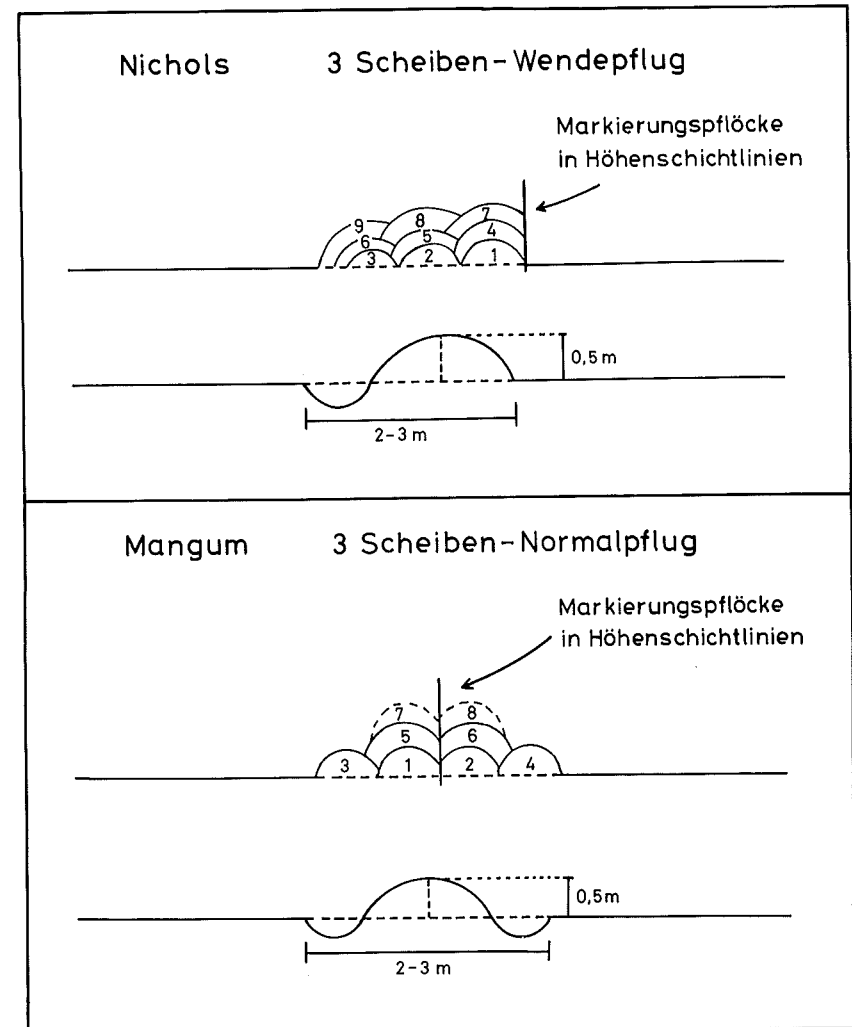


Abb. 10.3: Anlage eines Konturdammes mit engem Querschnitt. Die Zahlen zeigen die Reihenfolge der Fahrten mit dem Pflug an. (Mondardo et al., 1977)

Die Abnahme der Wirksamkeit von Konturdämmen aufgrund fortschreitender Bodendegradierung, die insbesondere auf nicht standortangepaßte Bodenbearbeitung zurückzuführen ist, hat in Paraná zur Entwicklung der großdimensionierten Konturdämme (Murunduns) geführt, die bis 2 m Höhe erreichen. Der Bau dieser sehr kostspieligen Dämme hat auch ökologische Nachteile, da auf einer

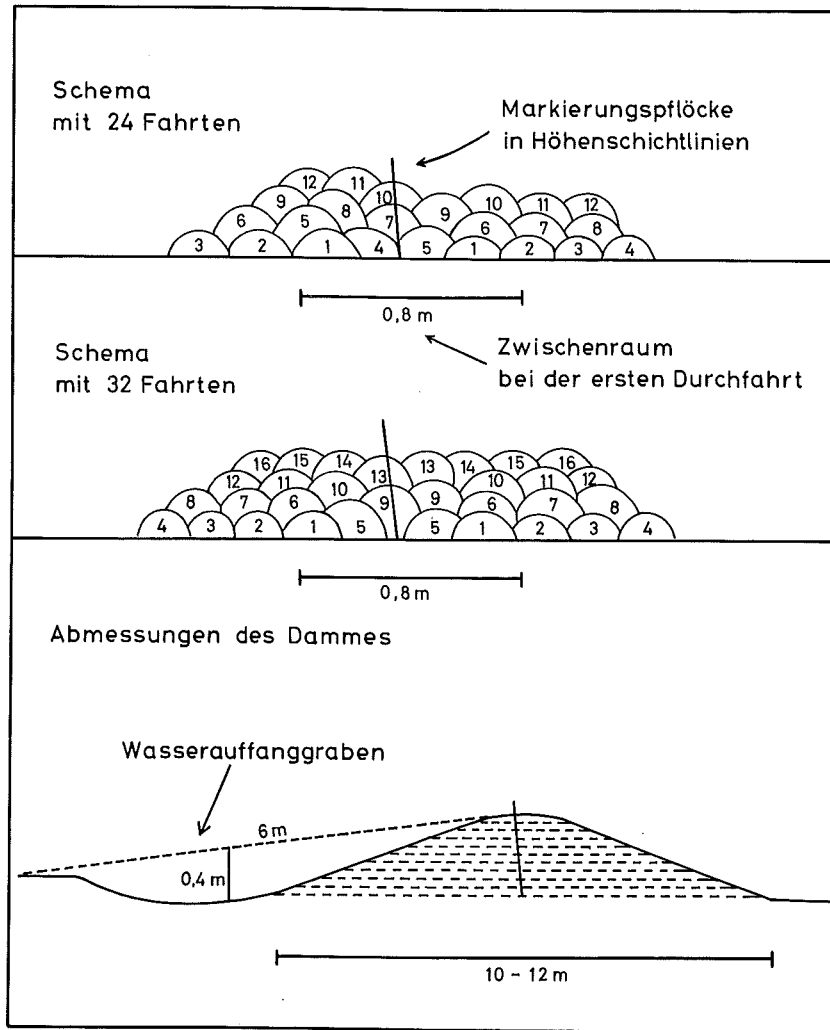


Abb. 10.4: Anlage eines Konturdammes mit breitem Querschnitt. Die Zahlen zeigen die Reihenfolge der Fahrten mit dem Pflug an. (Mondardo et al., 1977)

Tabelle 10.1 Vertikale und horizontale Entfernung zwischen Konturdämmen je nach Hangneigung

Gefälle %	Sandige Böden Entfernung		Tonböden Entfernung	
	Vertikal m	Horizontal m	Vertikal m	Horizontal m
1	0,38	37,75	0,75	54,75
2	0,56	28,20	0,82	40,95
3	0,71	23,20	1,04	34,55
4	0,84	21,10	1,22	30,60
5	0,96	19,20	1,39	27,85
6	1,07	17,80	1,55	25,80
7	1,17	16,75	1,69	24,20
8	1,26	15,75	1,83	22,85
9	1,35	15,00	1,96	21,75
10	1,43	14,35	2,08	20,80
11	1,52	13,80	2,20	20,00
12	1,60	13,30	2,32	19,30
13	1,69	13,00	2,42	18,60
14	1,74	12,45	2,53	18,05
15	1,83	12,20	2,63	17,50

(Mondardo et al., 1977)

relativ großen Fläche der Mutterboden abgetragen wird und dort angehäuft wird, wo keine Kulturen angebaut werden. Der freigelegte Unterboden führt zu Ertragsdepressionen oder zusätzlichen Kosten für Kalkung, Düngung mit Mineraldünger und mit Stallmist, um das ursprüngliche Ertragsniveau wiederherstellen zu können. Der Bau von überdimensionierten Konturdämmen verursacht darüber hinaus bodenbiologische Schäden und geht einher mit negativen Effekten auf das Bodengefüge (Verdichtung, Verschmierung). Werden die Grundlagen der Erosionsbekämpfung berücksichtigt (Abschnitt 3.0), dann wird deutlich, daß es sich um eine verfehlte Maßnahme handelt. Obwohl der Bau überdimensionierter Konturdämme von der Forschung in Südbrasilien generell abgelehnt wird, bildet ihre Errichtung das tragende Glied einer sogenannten „integrierten Erosionsbekämpfung“ in weiten Teilen von Westparaná und wird zum Teil aus kommerziellen Gründen als wichtigste Maßnahme zur Erosionsbekämpfung für weite Teile Brasiliens propagiert.

Konturanbau

Die Konturbodenbearbeitung, die Konturaussaat und die Durchführung aller Feldarbeiten quer zum Hang, den Höhenlinien folgend, ist eine wichtige Grundregel für eine erfolgreiche Erosionsbekämpfung. Die quer zum Hang verlaufenden Bearbeitungsspuren und Saatrillen bilden Barrieren gegen den Wasserabfluß. Auch Schlepperspuren mit niedrigeren Wasserinfiltrationsraten sind bei Ver-

lauf quer zum Hang weitaus weniger erosionsanfällig als in Gefällerrichtung. Wird der Boden hangauf und -ab bearbeitet oder ausgesät, dann wird das überschüssige Wasser in den Geräte- oder Radspuren kanalisiert und die Erosion wird hier ausgelöst.

Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung kann entscheidend zum Erosionsproblem beitragen. Werden durch Bodenbearbeitung alle Pflanzenreste vergraben und zu viele Bearbeitungsgänge für die Einebnung, Unkrautbekämpfung und das Einarbeiten von Herbiziden eingesetzt (dies ist meistens in Paraná der Fall), dann nutzen andere Maßnahmen der Erosionsbekämpfung wenig, um Erosionsschäden einzudämmen.

Durch Verzicht auf die Bodenbearbeitung und Einsatz von Direktsaat-Mulchsystemen können die Bodenverluste durch Erosion auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Die Auswahl der Sämaschine ist ausschlaggebend für die anzuwendende Bodenbearbeitung. Entscheidet sich ein Landwirt zum Beispiel für eine Sämaschine mit Schuh- oder Grubberscharen, so ist eine Verstopfung bei entsprechender Mulchauflage unvermeidlich.

Bodenbedeckung

Bodenerosion ist eine Funktion der Wasserinfiltration und diese wiederum eine Funktion der Bodenbedeckung. Eine totale Bodenbedeckung mit Pflanzenresten ermöglicht eine vollständige Wasserinfiltration (Abschnitte 5.4 und 6.3). Hierin liegt die hohe Wirksamkeit aller Anbausysteme, die den Boden ganzjährig mit wachsenden Pflanzen oder Pflanzenresten bedeckt halten. Auch durch reduzierte Bodenbearbeitung und Anwendung des Grubbers kann eine große Menge an Pflanzenrückständen an der Oberfläche hinterlassen werden. Falls zu wenig Pflanzenmaterial vorhanden ist, müssen massenwüchsige Gründünpflanzen angebaut werden, die den Boden während der Vegetationsperiode und nach dem Schnitt vor dem Aufprall der Regentropfen schützen (Kapitel 6). Die **Direktsaat** ist das einzige Anbausystem im Ackerbau, das eine ganzjährige Bodenbedeckung ermöglicht. Es sollte dabei eine Trockenmasseproduktion von mindestens 6 t pro ha und Jahr angestrebt werden, um eine gute Bodenbedeckung zu erreichen.

Fruchtfolge

Die Fruchtfolge kann einen entscheidenden Einfluß auf die Wasserinfiltration haben und dadurch den Erosionsprozeß beeinflussen. Die niedrigsten Infiltrationsraten wurden auf einem Oxisol unter Monokultur gemessen (Abschnitt 7.4). Beim Anbau der Sojabohnen/Weizen-Folge werden im allgemeinen zu geringe Strohmenge produziert, um den Boden ausreichend vor Erosion zu schützen. Die Einschaltung einer zweckmäßigen Fruchtfolge mit Gründüngung ist erforder-

lich, um einen ausreichenden Bodenschutz zu gewährleisten. Mit der Fruchtfolge Lupine/Mais/Schwarzhafer/Sojabohne/Weizen/Sojabohne können bei mittleren Erträgen durchschnittlich über 6,5 t Trockenmasse pro ha produziert werden. Die Vorteile der Kombination von Gründüngung und Fruchtfolge machen sich bei der Direktsaat besonders günstig bemerkbar.

Andere Maßnahmen

Neben den bereits erwähnten Maßnahmen zur integrierten Erosionsbekämpfung können viele andere bewährte Techniken zum Bodenschutz beitragen:

Durch **Düngung** gut ernährte Pflanzen wachsen schneller und bilden eine größere Blattmasse. Die dadurch erzielte schnellere und höhere Bodenbedeckung führt zu einem besseren Erosionsschutz.

Im **Mischanbau** (zum Beispiel Mais und *Dolichos lab-lab*) kann die Gründüngung mit der Handsämaschine (Abb. 2.12) etwa 70 bis 100 Tage nach der Aussaat von Mais in den Bestand hineingesät werden. Nach der Maisernte entwickelt sich Lab-Lab, bedeckt und schützt den Boden und liefert aufgrund der Stickstofffixierung eine gute Vorfruchtwirkung. Aber auch der Mischanbau von Verkaufsrüchten führt zu besserem Erosionsschutz (Steiner, 1984).

Auf bearbeitetem Boden kann ein verbesserter Bodenschutz durch Anwendung der Fruchtfolgen in Verbindung mit dem **Streifenanbau** erreicht werden. Durch Verschiebung der Saatzeiten (zum Beispiel bei Mais und Sojabohnen) kann auch die Bodenbearbeitung zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf benachbarten Streifen, zwischen zwei Konturdämmen, durchgeführt werden. Mais kann im September ausgesät werden und bietet zur Sojabohnenaussaat im Oktober/November dann schon einen gewissen Bodenschutz. Damit ist nicht der gesamte Hang gleichzeitig unbedeckt dem Starkregen ausgesetzt. Im Winter können dann Streifen mit Lupinen und Weizen oder Hafer etc. angebaut werden (Abb. 7.6 und 7.7).

Ein weiterer Schutz wird durch die Anlage von Hecken oder Anpflanzung von Strauchkulturen quer zum Hang erreicht.

Auch das **Unkrauthacken in Streifen** wirkt sich erosionshemmend aus. Statt auf der gesamten Fläche (manuell, durch Zugtier- oder Schleppereinsatz) gleichzeitig zu hacken, wird hierbei das Unkraut streifenweise, entlang der Höhenlinien, gehackt. Voraussetzung für den Erfolg dieser Maßnahme ist der Konturanbau.

Das durchgehende **Anhäufeln** (ridges), wie vom Kartoffelanbau bekannt, oder das unterbrochene Anhäufeln (tied ridges) führt zu einem guten Erosionsschutz, weil das Wasser aufgrund der Vielzahl der kleinen, in Höhenlinien angelegten Dämme an Ort und Stelle infiltrieren kann. Diese Maßnahmen sind nur bei Bearbeitung des Bodens möglich.

Erosionsbekämpfung in kleinen Wassereinzugsgebieten (Microbasias)

Unter Wassereinzugsgebieten (watersheds) versteht man Regionen mit gemeinsamer Wasserscheide und gemeinsamem Entwässerungssystem. Kleine Wassereinzugsgebiete können je nach Landschaftsgestaltung weniger als 100 ha bis über 1.000 ha Flächenausdehnung haben.

Die Erosionsbekämpfung in kleinen Wassereinzugsgebieten wurde in Paraná durch den Beratungsdienst eingeführt und basiert auf der gleichzeitigen Einbeziehung mehrerer benachbarter Betriebe in die Erosionsschutzmaßnahmen.

Leiten zum Beispiel alle Landwirte die überschüssigen Wassermassen über Konturdämme und Wege an die Betriebsgrenze, dann müssen hier tiefe Erosionsgräben entstehen, wie sie in vielen Teilen von Paraná beobachtet werden können (Abb. 10.5). Unter solchen Bedingungen kann sich die Erosionsbekämpfung nicht auf einzelne Betriebe konzentrieren, sondern muß eine Vielzahl von Betrieben umfassen. Ein Verbund der Konturdämme der jeweils benachbarten Betriebe muß sichergestellt werden.

Weiterhin gelangen oft überschüssiges Wasser und Sedimente von landwirtschaftlichen Flächen auf öffentliche Straßen, wo tiefe Erosionsgräben entstehen. Die abgelagerten Sedimente oder Erosionsgräben behindern den Verkehr und



Abb. 10.5: Wird überschüssiges Wasser mit Konturdämmen unkontrolliert an die Betriebsgrenze geleitet, dann entstehen hier tiefe Erosionsgräben. (Photo: R. Derpsch)

verursachen hohe Kosten für ihre Beseitigung. Umgekehrt wird überschüssiges Wasser von öffentlichen Straßen häufig in landwirtschaftliche Betriebe geleitet, wo dann entsprechende Erosionsschäden zu beobachten sind. Deshalb hat sich beim Erosionsschutz in Wassereinzugsgebieten in Paraná auch die Zusammenarbeit mit den jeweiligen Behörden von Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Ressourcenschutz, Straßenbau und Stadtverwaltung, mit dem Beratungsdienst, der Forschung, den Genossenschaften, der Privatinitiative, den Kreditanstalten usw. bewährt, die zusammen mit den Gemeinden und den Landwirten die Lösung der Erosionsprobleme anstreben. Diese Integration ermöglicht eine Bekämpfung der Bodenerosion auf Staats- bzw. Landesebene. Die Erfolge dieser Zusammenarbeit haben auch außerhalb von Paraná Beachtung gefunden, so daß viele Besucher das in Paraná entwickelte Konzept an Ort und Stelle kennenlernten, um es dann in ihren Regionen anzuwenden.

Gesetzgebung

In Brasilien gibt es eine Vielzahl von Gesetzen, die zur Unterstützung oder Durchsetzung von Erosionsbekämpfungsmaßnahmen geschaffen wurden. Bisher haben diese Gesetze jedoch wenig zur Lösung des Erosionsproblems beigetragen, weil sie nicht respektiert wurden.

Eine systematische Bewußtseinsbildung zur Schonung des Bodens und der Umwelt bei der gesamten Bevölkerung sowie das Engagement, die Motivation und das Interesse von Forschung, Beratung und Landwirten bilden eine bessere Basis für einen wirksamen Erosionsschutz.

10.1. Zusammenfassung

Eine erhöhte Wirksamkeit des Erosionsschutzes kann über eine integrierte Bekämpfung erreicht werden. Integrierte Erosionsbekämpfung bedeutet die konzentrierte Anwendung aller bewährten Erosionsbekämpfungsmaßnahmen.

Zunächst erfolgt auf der Basis einer Kartierung der gegenwärtigen Situation die Landnutzungsplanung. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungsklassen (Ackerbau, Grünland, Aufforstung) wird ein Plan für die zukünftige bodenschonende Nutzung entworfen und schrittweise zur Durchführung gebracht. Der Aufbau einer Infrastruktur der Bodenkonservierung beinhaltet mechanische und kulturtechnische Maßnahmen, die als Grundlage für eine dauerhafte Erosionsbekämpfung erforderlich sind. Die Anlage von Konturdämmen zwingt zum Konturanbau. Alle Feldarbeiten werden dabei quer zum Hang durchgeführt. Bei hügeliger Oberflächengestaltung und hohen Niederschlagsintensitäten wird es nicht gelingen, die Bodenerosion bei nackter Bodenoberfläche zu verhindern. Alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen müssen deshalb auf die Hinterlassung von hohen Mengen von Pflanzenrückständen an der Oberfläche ausgerichtet sein, um eine gute Bodenbedeckung zu gewährleisten. Geeignete Fruchtfolgen führen zu verbessertem Erosionsschutz. Durch Direktsaat kann eine ganzjährige Bedeckung des Bodens mit wachsenden Pflanzen oder deren Rückständen erreicht und ein guter Erosionsschutz erzielt werden.

Daneben kann der Erosionsschutz durch ausgeglichene Düngung, Mischanbau, Streifenanbau sowie durch Unkrauthacken in Intervallen und Streifen erhöht werden.

Das Konzept der Erosionsbekämpfung in kleinen Wassereinzugsgebieten verlangt eine betriebsübergreifende Erosionsbekämpfung. Die Integration von Behörden und Privatwirtschaft ermöglicht die großräumige Bekämpfung der Bodenerosion auf Staats- bzw. Landesebene. Eine Bewußtseinsbildung zur Schonung des Bodens sowie Engagement und Motivation bilden eine bessere Basis für einen wirksamen Erosionsschutz als eine Gesetzgebung, die nicht respektiert wird.

11.0 Künftige Forschungsschwerpunkte, Ausblick, Anwendungstransfer

Im Jahr 1984 betrug die Bevölkerung Brasiliens etwa 134,4 Mio Einwohner mit einer Wachstumsrate von 2,3 %. Bei gleichbleibender Wachstumsrate wird die Bevölkerung sich in nur 30 Jahren verdoppeln. Soll die Nahrungsmittelproduktion mit dieser Entwicklung Schritt halten, dann ist es erforderlich, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten und zu steigern. Die Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion durch Ausdehnung der Anbaufläche, wie es in der Vergangenheit der Fall war, wird in Zukunft bei gleichzeitiger Bodenerosion kaum möglich sein. Die Körnerproduktion Brasiliens (Sojabohne, Mais, Phaseolusbohne, Reis, Weizen usw.) stagnierte jahrelang bei 50 Mio Tonnen trotz Steigerung der Anbaufläche und des Produktionsmitteleinsatzes. Sicher sind neben der Bodenerosion auch andere Faktoren für diese Stagnation verantwortlich. Lagen aber die Kosten für Nahrungsmittelimporte Brasiliens 1970 bei US \$ 100 Mio, so stiegen sie bis 1980 auf mehr als US \$ 1,2 Mrd.

Die Erfolge, die bisher mit Mulchsystemen (Direktsaat in Verbindung mit Fruchtfolge und Gründüngung) erzielt wurden, lassen es möglich erscheinen, daß in Südbrasilien mittel- bis langfristig eine Akzeptanzrate des Verfahrens von 50 bis 60 % erreicht werden könnte. Die Zunahme der Akzeptanzrate wird dabei maßgeblich davon abhängen, inwieweit sich der Beratungsdienst mit diesem System der Erosionsbekämpfung identifiziert und welche Anstrengungen unternommen werden, um die bereits vorhandenen Ergebnisse in die Praxis umzusetzen. Eine schnellere Übertragung könnte auch erreicht werden, wenn die Regierung durch Kreditvergabe oder Subventionen Anreize für die Anwendung der Direktsaat bzw. der reduzierten Bodenbearbeitung (Grubbereinsatz) schaffen würde. Nach Sorrenson und Montoya (1984) würden sich diese Maßnahmen rasch amortisieren (siehe auch Kap. 8).

Für eine wirksame Beratungstätigkeit muß der Beratungsdienst verstärkt von den Forschungsinstitutionen unterstützt werden, indem noch offene und neu auftretende Probleme untersucht und angepaßte Lösungen entwickelt werden. Zukünftige **Forschungsschwerpunkte** sind insbesondere:

Direktsaat

Aluminium-Neutralisierung und Kalkung

Unter verschiedenen Boden- und Klimabedingungen muß für die Direktsaat untersucht werden, inwieweit oberflächige Kalkung für die Erhöhung des pH-Wertes ausreicht, ob Gips für die Neutralisierung von Aluminium bis ca. 1 m Tiefe ein-

gesetzt werden kann und ob die Verabreichung von Gips negative Auswirkungen wie zum Beispiel Förderung der Auswaschung anderer Nährstoffe hat.

Einfluß der Bodenverdichtung auf den Ertrag

Es ist nicht ausreichend bekannt, inwieweit Bodenverdichtungen bei Direktsaat Einfluß auf den Ertrag haben. Es muß deshalb auf den verschiedenen Bodentypen festgestellt werden, ob und wann Bodenverdichtungen ertragsmindernd wirken bzw. wie sie vermieden werden können. Sollten Bodenverdichtungen langfristig tatsächlich zu Ertragsdepressionen führen, muß untersucht werden, welche Maßnahmen am günstigsten zur Beseitigung der Verdichtungen eingesetzt werden können.

Stickstoff- und Nährstoffverluste

Eine höhere Wasserinfiltration bei Direktsaat könnte theoretisch zu einer erhöhten Verlagerung und Auswaschung von Stickstoff und anderen Nährstoffen führen. Die eingehende Untersuchung dieser Frage unter örtlichen Bedingungen und auf verschiedenen Böden ist dringend erforderlich.

Sortenversuche

Erste Versuche in Paraná zeigen, daß die Anbaueignung verschiedener Sorten für Direktsaat sehr unterschiedlich ist. Bisher wurden Sortenversuche stets auf bearbeitetem Boden durchgeführt. Dies kann zu einer Auslese von Sorten führen, die im bearbeiteten Boden besser wachsen als im dichter gelagerten unbearbeiteten Boden. Sortenversuche sollten deshalb auch im Direktsaatsystem durchgeführt werden.

Herbizide und Herbizidrückstände

Wie die Versuche am IAPAR gezeigt haben (Derpsch et al., 1986), zeigt die Anwendung chemischer Unkrautbekämpfungsmittel bisher keinen negativen Einfluß auf die Mikroorganismen im Boden. Trotzdem ist es erforderlich, Herbizidrückstände, insbesondere von neuen Produkten, ständig zu untersuchen, um eventuelle schädigende Wirkungen frühzeitig zu erkennen.

Die Wirkung von Herbiziden auf Menschen, Boden und Fauna sollte vor Einsatz der Präparate ausreichend bekannt sein. Modell-Ökosystem-Untersuchungen über den Einfluß von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt sind bereits entwickelt worden (Francis et al., 1985). Diese erleichtern qualitative und quantitative Aussagen über die Persistenz, Bioakkumulation und Degradierung der Produkte. Die Kosten für solche Untersuchungen sollten nicht gescheut werden, wenn neue Herbizide auf den Markt kommen. Ein ständiges Monitoring von unbeabsichtigten Nebeneffekten sollte sichergestellt werden.

Neben der chemischen Industrie sollte auch der Staat Untersuchungen über Aufwandmengen und Wirkung von Herbiziden durchführen, um dem Landwirt

zuverlässige und aktuelle Informationen zukommen zu lassen. Informationslücken auf diesem Gebiet können ökologische Probleme aufwerfen und einzelbetrieblich und volkswirtschaftlich zu erheblichen Schäden führen.

Anwendung in Kleinbetrieben

Damit auch Kleinlandwirte die Direktsaat sachgemäß einsetzen können, ist es erforderlich, dieses Anbausystem unter Verwendung von Handsämaschinen und Maschinen für tierische Anspannung oder für einfache motorgezogene Geräte weiterzuentwickeln.

Anwendbarkeit der Direktsaat auf den Cerrado-Böden

Die Cerrado-Böden mit einer Ausdehnung von etwa 180 Mio ha (21 % der Fläche Brasiliens), die sich von Mato Grosso über Goiás und Minas Gerais bis Piauí und Maranhão ausdehnen (Demattê, 1981), werden von vielen Wissenschaftlern als die zukünftigen Kornkammern Brasiliens angesehen. Im allgemeinen regnet es in diesen Gebieten im Winter nicht oder nur wenig. Spezielle Fruchtfolgen und Direktsaat-Mulchsysteme müssen für dieses Gebiet entwickelt werden, um die Fruchtbarkeit der Böden langfristig erhalten zu können. Werden die traditionellen Anbaumethoden beibehalten, die den Boden in Zeiten hoher Niederschlagsintensität offen lassen, was zu starken Erosionsschäden führt, kann es zur schnellen Zerstörung dieser relativ sandigen Böden kommen.

Fruchtfolge und Gründung

Vorfruchtwirkung der verschiedenen Kulturen

Standortgerechte Fruchtfolgen können nur dann entwickelt werden, wenn die Vorfruchtwirkung der verschiedenen Kulturarten und Gründungsarten bekannt ist. Erste Untersuchungen dazu wurden am IAPAR in Paraná vorgenommen und in dieser Arbeit dokumentiert. Zur Bestimmung der besten Wintergründung zu Reis, Baumwolle etc. und über den Vorfruchtwert einer Sommerkultur oder Hauptfruchtart auf eine andere Sommerkultur sind weitere Untersuchungen erforderlich.

N-Düngungsbedarf nach Lupinen in Fruchtfolgesystemen

In den Fruchtfolgeversuchen (Abschnitt 7.3) konnte bei Mais nach Lupinen durch 90 kg N/ha eine etwa kostendeckende Ertragssteigerung von ca. 850 bis 970 kg Kornertrag/ha erzielt werden. Es bleibt festzustellen, ob die gleichen Effekte auch mit geringeren N-Gaben erreicht werden können.

Lupinenkrankheiten

Lupinen gehören zu den interessantesten Gründungsarten für Südbrasilien, weil sie zu erheblichen Stickstoffeinsparungen und zur Bodenverbesserung beitragen können. Eine Anfälligkeit von Lupinen gegen Krankheiten (Frey, 1985) kann die Nutzung dieser Art in Zukunft in Frage stellen, wenn es nicht gelingt,

durch Züchtung, Techniken der Saatgutproduktion und durch Anbaumethoden die Krankheitsanfälligkeit zu reduzieren. Alle Bemühungen, die Schäden durch Krankheiten zu beseitigen, müssen in einem integrierten Ansatz in Angriff genommen werden.

Biologische Unkrautunterdrückung

Die Wirtschaftlichkeit der Direktsaat kann in erheblichem Maße durch gezielte Unkrautunterdrückung über Fruchtfolge, Gründüngung usw. gesteigert werden. Diesem Gebiet sollte deshalb in allen Regionen Paranas und Südbrasilien verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Kombination von Bodenbearbeitung, Gründüngung und Fruchtfolge

Die Wirkung der Bodenbearbeitung einschließlich Direktsaat, Gründüngung und Fruchtfolge auf Ertrag, Krankheiten, Schädlinge, Erosion usw. muß unter verschiedenen ökologischen Bedingungen (Klima, Bodentyp) untersucht werden. Solche Versuche können bei entsprechender Anlage gleichzeitig für Demonstrationzwecke zur Beratung von praktischen Landwirten benutzt werden.

Bedeutung der Bodenbedeckung in der Erosionsbekämpfung

Die überragende Bedeutung der Bodenbedeckung zur Bekämpfung der Boden-erosion muß stärker als bisher in das Bewußtsein von Forschern, Beratern und Landwirten getragen werden. Eine Wiederholung der am IAPAR durchgeführten Arbeiten über Infiltration bzw. Oberflächenabfluß bei unterschiedlichem Bodenbedeckungsgrad müßte auf verschiedenen Bodentypen, unterschiedlichen Hangneigungen und in differenzierten Anbausystemen fortgeführt werden.

Ertragsverluste durch Erosion und Wirtschaftlichkeit

Bewertung von Erosionsschäden

Bis heute liegen in Brasilien keine konkreten Ergebnisse vor, welchen Einfluß bestimmte Bodenverluste auf den Ertrag der Kulturen ausüben. Diese Informationen sind jedoch für Entscheidungsträger in Forschung und Beratung sowie für Praktiker außerordentlich wichtig, wenn es darum geht, die wirtschaftlichen Folgen der Erosion abzuschätzen und Mittel für die Bekämpfung bereitzustellen. Langfristige Versuche mit dem Abtrag kontrollierter Bodenmengen können hier erste Aufschlüsse geben.

Für eine genauere Bewertung der wirtschaftlichen Bedeutung von Erosionsschäden ist es erforderlich,

- daß die durchschnittlichen Bodenverluste auf den verschiedenen Bodentypen bei Anwendung verschiedener Anbausysteme in Großparzellen quantifiziert und
- Untersuchungen zur Korrelation von Bodenverlusten und Ertrag der Kulturen durchgeführt werden.

Kosten der Erosion

Genauere Angaben über die Folgekosten der Erosion in und außerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes könnten durch bessere Auswertung der verfügbaren Daten und effiziente Koordinierung zwischen den verschiedenen Institutionen erarbeitet werden.

Wirtschaftlichkeit der Erosionsbekämpfung in Wassereinzugsgebieten

Bei Anwendung der integrierten Erosionsbekämpfung in Wassereinzugsgebieten muß auch die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen Berücksichtigung finden.

Ausblick

Mulchsysteme und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Erosionsbekämpfung müssen in Brasilien zukünftig stärker zur Anwendung kommen. Der Beratungsdienst sollte diese Systeme kennenlernen und an den Landwirt weitergeben. Eine Abkehr von den rein mechanischen Methoden der Erosionsbekämpfung und die Erkenntnis der Bedeutung der Bodenbedeckung mit Pflanzen oder Pflanzenresten muß viel stärker als bisher in das Bewußtsein von Landwirten, Beratern und Forschern dringen. Die Direktsaat bietet dabei als einzige Anbaumethode die Möglichkeit, den Boden ganzjährig bedeckt und geschützt zu halten. Interdisziplinäre Forschungsarbeiten und Demonstrationsversuche zu den entwickelten Anbausystemen und der Direktsaat müssen deshalb vorrangig gefördert werden.

„Durch Anwendung der Direktsaat kann ein sehr bedeutender Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in den Tropen geleistet werden. Die langfristigen Gewinne einer verbreiteten Übernahme der Direktsaat dürften größer sein als jede andere Innovation in der Agrarproduktion der Entwicklungsländer“ (Warren, 1981). Die wirtschaftliche Bewertung verschiedener Bodenkonservierungsmethoden zeigt, daß Direktsaat die kostengünstigste aller gebräuchlichen Erosionsbekämpfungsmaßnahmen ist (King, 1983). Dies wurde auch für Paraná bestätigt.

Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die in Paraná entwickelten Anbausysteme lassen sich bei entsprechender Anpassung in Südbrasilien auf eine Fläche von ca. 15 Mio ha Ackerland übertragen. Für die Gebiete nördlich von Paraná, in denen mit weniger als 500 mm Regen von April bis September zu rechnen ist und wo eine Wintergründüngung nicht zur Anwendung kommen kann, ist die Übertragung nach Entwicklung standortangepaßter Fruchtfolgen, einschließlich Sommergründüngung, möglich. Die Anbausysteme können aber auch in anderen Ländern mit ähnlichen Klimabedingungen Anwendung finden.

Schlußbemerkung

Es wurde nachgewiesen, daß Direktsaat in Verbindung mit Gründüngung und Fruchtfolge und die in diesem Anbausystem erzielbare ganzjährige Bodenbe-

deckung den wirksamsten und wirtschaftlichsten Erosionsschutz darstellt. Dieses System hat eine vorwiegend biologische Ausrichtung. Der notwendige Herbizideinsatz sollte nicht dogmatisch abgelehnt werden. Dennoch sollten die möglichen Wirkungen von Herbiziden auf die Umwelt nicht verharmlost und bei der Anwendung berücksichtigt werden. Die am IAPAR durchgeführten Untersuchungen zeigten im Direktsaatsystem eine höhere biologische Bodenaktivität als bei konventioneller Bodenbearbeitung, auch bei Anwendung von höheren Herbizidmengen. Die Bloßlegung des Bodens durch den Pflug und andere Bodenbearbeitungsgeräte führt in Paraná zu erheblichen Schäden durch Erosion, die bei vertretbarer Umweltbelastung durch das integrierte Direktsaatsystem vermieden werden können.

Literaturverzeichnis

- ADAS, 1976: The utilization and performance of field sprayers. Farm mechanization studies N° 29, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Silsoe, 32 pp.
- ALLMARAS, R. R., DOWDY, R. H., 1985: Conservation tillage systems and their adoption in the United States. *Soil and Tillage Res.*, **5**, 197 — 222.
- ALMEIDA, F. S., RODRIGUES, B. N., 1985: Guia de herbicidas; recomendações para o uso em plantio direto e convencional. IAPAR, Londrina, 468 pp.
- ANDREAE, B., 1965: Die Bodenfruchtbarkeit in den Tropen. P. Parey, Hamburg/Berlin, 124 pp.
- ANONYM, 1976: In: John Deere, Fundamentals of Machine Operation. Deere & Co., Moline, Illinois, p. 214.
- ARNON, I., 1972: Crop production in dry regions. Vol. I, Leonhard Hill, London, 650 pp.
- BAEUMER, K., 1978: Allgemeiner Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart, 264 pp.
- BELLINAZZI, R., BERTOLINI, D., ESPINDOLA, C. R., LEPSCH, I. F., 1983: Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª Aproximação do Manual Brasileiro para Levantamento de Uso da Terra. Soc. bras. Ci. Solo, Campinas.
- BENATTI, R., BERTONI, J., MOREIRA, C. A., 1977: Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. *R. bras. Ci. Solo*, **1**, 121 — 123.
- BLEVINS, R. L., THOMAS, G. W., PHILLIPS, R. E., 1971: Influence of no-tillage on soil-moisture. *Agron. J.*, **63**, 593 — 596.
- BLOCK, J. R., 1984: Remarks prepared for delivery by Secretary of Agriculture John R. Block at the National Conservation Tillage Conference. In: Conservation Tillage - Strategies for the Future, Proc. Conf. Oct. 3 — 5, 1984, Nashville, Tennessee.
- CARVALHO, A. O. R., 1981: Ocorrência e controle de pragas. Cultura da soja. In: IAPAR (Ed.), 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 150 — 154.
- CARVALHO, A. O. R., BIANCO, R., 1981: Ocorrência e controle de pragas. Cultura do milho. In: IAPAR (Ed.) 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 155 — 156.

CARVALHO, A. O. R., SILVA, S. M. T., 1981: Ocorrência e controle de pragas. Cultura do trigo. In: IAPAR (Ed.), 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 145 — 149.

CASTRO, O. M. de, LOMBARDI NETO, F., VIEIRA, S. R., DECHEN, S. C. F., 1986: Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. R. bras. Ci. Solo, **10**, 167 — 171.

CONSERVATION TILLAGE INFORMATION CENTER, 1985: 1984 National Survey of Conservation Tillage Practices, Annual Report. National Association of Conservation Districts, Fort Wayne, IN.

CORREA, A. R., GODOY, H., BERNARDES, L., 1978: Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná. Secretaria da Agricultura, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR, Londrina, 38 pp.

CORREA, A. R., GODOY, H., BERNARDES, L., 1982: Características Climáticas de Londrina, II. (Ed.), Circular do IAPAR **5**, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, 16 pp.

DEBRUCK, J., BOGUSLAWSKI, F. v., 1979: Die Wirkung der Kombination von organischer und mineralischer Düngung auf Grund von langjährigen Versuchen. Landwirtschaftl. Forsch., Kongreßband Gießen, Sonderh. **36**, 405 — 418.

DELOUCHE, C. D., 1970: Determination of crimson clover seed in storage. Proc. Ass. Off. Seed Analysts, **55**, 66 — 75.

DEMATTÊ, J. L. I., 1981: Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: Russell, R. S., Igue, K., Mehta, Y. R. (Ed.). The soil/root system in relation to Brazilian agriculture. IAPAR, Londrina, 21 — 41.

DERPSCH, R., 1981: Wie man in Brasilien die Bodenerosion vermeidet. DLG-Mitteilungen **14**, 769 — 772.

DERPSCH, R., 1984: Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: Plantio Direto no Brasil, Fundação Cargill, Campinas, 1 — 12.

DERPSCH, R., ALBERINI, J. L., 1982: Experiences with cover crops and lupins in the State of Paraná, Brazil, and its importance for water erosion control. In: Agricultural and nutritional aspects of lupins. Schriftenreihe 125, GTZ, Eschborn (Ed.), 189 — 210.

DERPSCH, R., CALEGARI, A., 1985: Guia de plantas para adubação verde de inverno, Documentos IAPAR, **9**, Londrina, IAPAR, 96 pp.

DERPSCH, R., HOOGMOED, W., SIDIRAS, N., ALMEIDA, F. S., 1982: A escarificação como alternativa de preparo e conservação do solo. IV Enc. Nac. de Pesq. sobre Conservação de Solos, Campinas.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., HEINZMANN, F. X., 1985: Manejo do solo com coberturas verdes de inverno, Pesq. agropec. bras., Brasília, **20** (7), 761 — 773.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., ROTH, C. H., 1984: Estudo e desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo. Relatório final do Projeto. Convênio de Coop. Téc. Brasil/Alemanha, Acôrdio IAPAR/GTZ, Londrina, 107 pp.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., ROTH, C. H., 1986: Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. Soil and Tillage Res., **8**, 253 — 263.

DIEHL, J. A., 1979: Influência de sistemas de cultivo sobre a podridão de raízes de trigo. Summa Phytopathol. Piracicaba, **5** (314), 134 — 139.

DIEHL, J. A., KOCHHANN, R. A., TINLINE, R. D., 1983: Sistemas de cultivo sobre a podridão comum de raízes e mal-do-pé do trigo. Pesq. agropec. bras., Brasília, **18** (3), 235 — 241.

DIJKSTRA, F., 1984: Porque utilizo o plantio direto. BASF Brasileira S. A., Industrias Químicas, São Paulo, 34 pp.

EDWARDS, W. M., 1982: Predicting tillage effects on infiltration. ASA Special Publ., **44**, Madison, 105 — 115.

EHLERS, W., 1975: Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled Loess soil. Soil Sci., **119**, 242 — 249.

FERREIRA, B. S. C., 1984: Flutuação populacional de inseto- pragas da soja em sistemas de semeadura direta e convencional. Plantio Direto, **2** (9), 2 — 3.

FRANCIS, M. F., LAMPMANN, R. L., METCALF, R. L., 1985: Model ecosystem studies of the environment fate of five herbicides used in conservation tillage. Arch. Environ. Contam. Toxicol., **14**, 693 — 704.

FREITAS, P. L., CASTRO, A. S., 1980: Estimativas de perdas do solo e nutrientes por erosão nos solos do Paraná. Anais III. Congr. Bras. de Conservação do Solo, Brasília.

FREY, F., 1985: Pflanzenschutzprobleme beim Anbau von Lupinen in Südbrasilien. GTZ, Eschborn, unpublished, 59 pp.

GALLO, P. B., LAVORENTI, A., SAWAZAKI, E., HIROCE, R., MASCARENHAS, H. A. A., 1981: Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. R. bras. Ci. Solo, **5**, 64 — 67.

GEISLER, G., 1980: Pflanzenbau, biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. P. Parey, Berlin/ Hamburg, 474 pp.

- GODOY, H., CORREA, A. R., 1976: Carta climática do Estado do Paraná. Secretaria da Agricultura, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, IAPAR, Londrina.
- GUEDES, L. V. M., 1983: 10 anos plantio direto no Brasil, Anais do II. Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa, 67 — 75.
- HATFIELD, J. L., EGLI, D. B., 1974: Effect of temperature on the rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence. *Crop Sci.*, Madison Wi., **14**, 423 — 426.
- HEINZMANN, F. X., 1984: Auswertung von Untersuchungen zur N-Dynamik in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung sowie zur Nährstoffaufnahme von Soja auf einem Latossolo Roxo distrófico. GTZ, Eschborn, unpublished, 33 pp.
- HEINZMANN, F. X., 1985: Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **20** (9), 1021 — 1030.
- HILLEL, D., KRENTOS, V. D., STYLIANOU, Y., 1972: Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. *Soil Sci.*, **114**, 395 — 400.
- HOHMANN, C. L., CARVALHO, S. M., 1981: Ocorrência e controle de pragas. Cultura do feijão. In: IAPAR (Ed.), 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 164 — 168.
- HOMECHIN, M., 1984 a): Influência do P. D. na incidência de doenças. Plantio Direto, Ponta Grossa, **2** (6), p. 2.
- HOMECHIN, M., 1984 b): Rotação diminui patógenos. A Granja, Porto Alegre, **434**, 54 — 55.
- HOOGMOED, W. B., 1982: Final Report of a consultancy to IAPAR, Londrina. GTZ, Eschborn, unpublished, 174 pp.
- HOOGMOED, W. B., DERPSCH, R., 1985: Chisel ploughing as an alternative tillage system in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Res.*, **6**, 53 — 67.
- HUDSON, N., 1971: Soil conservation, II Ed., 1979, BT Batsford Ltd., London, 304 pp.
- IAPAR (Ed.), 1978: Relatório técnico anual 1978. IAPAR, Londrina, 236 pp.
- IAPAR (Ed.), 1979: Relatório técnico anual 1979. IAPAR, Londrina, 258 pp.
- IAPAR (Ed.), 1980: Relatório técnico anual 1980. IAPAR, Londrina, 232 pp.
- IAPAR (Ed.), 1981: Plantio direto no estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 244 pp.
- IGARASHI, S., 1981: Ocorrência e controle de doenças. Cultura do trigo: doenças foliares. In: IAPAR (Ed.), 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 171 — 175.
- KAEMPF, R., 1983: Fruchtfolge aktuell. 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt, 178 pp.
- KAHNT, G., 1976: Ackerbau ohne Pflug. Voraussetzungen, Verfahren und Grenzen der Direktsaat im Körnerfruchtba. Ulmer, Stuttgart, 128 pp.
- KEMPER, B., DERPSCH, R., 1981: Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Res.*, **1**, 253 — 267.
- KING, A. D., 1983: Progress in no-till. *Journal of Soil and Water Conservation. Special issue „Conservation Tillage“*, **38** (3), 160 — 161.
- KLINGEBIEL, A. A., MONTGOMERY, P. H., 1961: Land Capability Classification. *Agricultural Handbook 210*, United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- KÖPKE, U., 1981: Methods for studying root growth. In: Russell, R. S., Igue, K., Mehta, Y. R. (Ed.). *The soil/root system in relation to Brazilian agriculture*, IAPAR, Londrina, 303 — 318.
- KOEPPEN, W., 1931: Grundriß der Klimakunde. Gruyter Verlag, Berlin und Leipzig, 388 pp.
- KRAUSE, R., LORENZ, F., 1979: Bodenbearbeitung in den Tropen und Subtropen. *GTZ Schriftenreihe 79*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, 252 pp.
- KRONEN, M., 1984: Der Einfluß von Bearbeitungsmethoden und Fruchtfolgen auf die Aggregatstabilität eines Oxisols. *Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung*, **25**, 172 — 180.
- KRONEN, M., 1986: Entwicklung der Bodenerosion seit 1952 und deren Bekämpfung im Staat Paraná, Brasilien. Bericht im Auftrag der GTZ Eschborn unter Federführung der Universität Trier, Institut für Physische Geographie, 149 pp.
- LAL, R., 1976: No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **40**, 762 — 768.
- LAL, R., 1982: Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agric.*, **59** (2), 133 — 138.
- LAL, R., 1985: Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical Alfisol in watersheds cropped to maize. *Soil and Tillage Res.*, **6**, 149 — 161.
- LARACH, J. O. I., CARDOSO, A., CARVALHO, A. P. de, HOCHMUELLER, D. P., FASOLO, P. J., RAUEN, M. J., 1984: Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Paraná, 2 Vol., EMPRAPA/IAPAR, Londrina, 791 pp.

- LAURENTI, A. C., FUENTES, L. R., 1981: Avaliação de custos, rentabilidade e risco. In: IAPAR (Ed.), *Plantio Direto no Estado do Paraná*, Circular **23**, IAPAR, Londrina, 215 — 237.
- LEPRUN, J. C., 1981: A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro. Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisa, Report, SUDENE/ORSTOM, Recife, 107 pp.
- LOMBARDI NETO, F., BERTONI, J., 1975: Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto Agrônomo, Campinas, Boletim técnico, **28**, 12 pp.
- LORENZI, H., 1984: Manual de identificação e controle de plantas daninhas, plantio direto e convencional. Nova Odessa-São Paulo, 220 pp.
- MAACK, R., 1968: Geografia física do Estado do Paraná. Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro, 1981, 442 pp.
- MANNERING, J. V., MEYER, L. D., 1963: The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **27**, 84 — 86.
- MARQUES, J. Q. A., BERTONI, J., 1961: Sistemas de preparo do solo em relação a produção e a erosão. *Bragantia*, **20** (9), 403 — 459.
- MAZUCHOWSKI, J. Z., DERPSCH, R., 1984: Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. ACARPA, Curitiba, 68 pp.
- MEHTA, Y. R., 1981: Ocorrência e controle de doenças. Cultura do trigo: doenças de raízes. In: IAPAR (Ed.), 1981. *Plantio direto no Estado do Paraná*. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 175 — 178.
- MENDES, J. T. C., DOSSA, D., 1981: Crescimento da agricultura paranaense no período de 1970/80. Secretaria da Agricultura, DERAL/CEPA, Curitiba.
- MEYER, L. D., MANNERING, J. V., 1967: Tillage and land modification for water erosion control. *Amer. Soc. Agric. Eng., Tillage for greater crop production. Conf. Proc. Dec. 11./12. 1967*, 58 — 62.
- MEYER, L. D., WISCHMEIER, W. H., FORSTER, G. R., 1970: Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **34**, 928 — 931.
- MONDARDO, A., BISCAIA, R. M., 1981: Controle da erosão. In: IAPAR (Ed.), 1981. *Plantio Direto no Estado do Paraná*. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 33 — 42.
- MONDARDO, A., HENKLAIN, J. C., FARIAS, G. S. de, RUFINO, R. L., JUCKSCH, I., VIEIRA, M. J., 1977: Controle da erosão no Estado do Paraná, IAPAR, Londrina, Circular **3**, 70 pp.

- MONDARDO, A., VIEIRA, M. J., BISCAIA, R. M., CASTRO FILHO, C., RUFINO, R. L., 1979: Erosion studies for different tillage and crop systems in the state of Paraná, Brazil. *Proc. Inter. Soil Tillage Res. Organization, ISTRO, 8th Conference, Hohenheim, 1979*, 159 — 163.
- MONEGAT, C., 1985: O plantio direto no Estado de Santa Catarina. *Anais do III. Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa*, 19 — 32.
- MUZILLI, O., 1981: Manejo da fertilidade do solo: Desenvolvimento e produtividade das culturas. In: IAPAR (Ed.), 1981. *Plantio Direto no Estado do Paraná*, IAPAR, Londrina, Circular **23**, 43 — 57.
- MUZILLI, O., 1983: Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. bras. Ci. Solo*, **7**, 95 — 102.
- MUZILLI, O., VIEIRA, M. J., ALMEIDA, F. L. S., NAZARENO, N. R. X., CARVALHO, A. O. R., LAURENTI, A. E., LLANILO, R. F., 1983: Comportamento e possibilidades da cultura do milho em plantio direto no Estado do Paraná. *Pesq. agropec. bras.*, **18**, 41 — 47.
- NATIONAL ASSOCIATION OF CONSERVATION DISTRICTS, 1985: National Survey — Conservation Tillage Practices 1984, Executive Summary, Conservation Tillage Information Center, Fort Wayne, IN.
- NAZARENO, N. R. X., 1981: Ocorrência e controle de doenças. Cultura do milho. In: IAPAR (Ed.), 1981. *Plantio direto no Estado do Paraná*. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 182 — 186.
- PAVAN, M. A., 1985: Fertilidade do solo em plantio direto. *Anais do III. Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa*, 67 — 75.
- PEETEN, H., 1984: O controle da erosão em 200.000 ha cultivados na região dos Campos Gerais do Paraná, pelo sistema de plantio direto. In: *Plantio Direto no Brasil*, Fundação Cargill, 79 — 91.
- PHILLIPS, R. E., PHILLIPS, S. H., 1984: No-tillage agriculture, principles and practices. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 306 pp.
- QUINN, N. W., LAFLEN, J. M., 1983: Characteristics of raindrop throughfall under corn canopy. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, **26**, 1445 — 1450.
- REHM, S., 1983: Sicherung und Steigerung der pflanzlichen Produktion in Entwicklungsländern. *Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen*, **4**, 25 pp.
- REIS, E. M., 1985: Doenças em plantio direto: ocorrência e seu controle. *Anais do III. Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa*, 104 — 115.
- REIS, E. M., BAIER, A. C., 1983: Reações de cereais de inverno á podridão comum de raízes. *Fitopatologia Bras., Brasília*, **8** (2), 277 — 281.

- REIS, E. M., SANTOS, H. P., 1987: The multiplication of *Cochliobolus sativus* on above ground tissues of small grains and its relationship to the origin of soil inoculum density. *Fitopatologia Bras.*, Vol. III, 1987.
- REIS, E. M., SANTOS, H. P., LHAMBY, J. C. B., 1983: Rotação de culturas. Efeito sobre as doenças radiculares do trigo nos anos de 1981 e 1982. *Fitopatologia Bras.*, Brasília, **8** (3), 431 — 437.
- REIS, E. M., WUENSCH, W. A., 1984: Sporulation of *Cochliobolus sativus* on residues of winter crops and its relationship to the increase of inoculum density in soil. *Plant Dis.*, St. Paul, **68** (5), 411 — 412.
- RICE, E. L., 1974: *Allelopathy*, Academic Press. New York, 353 pp.
- RICE, E. L., 1979: Allelopathy - an update. *The Botanical Review*, **45** (1).
- RICHTER, G., 1978: Bodenerosion - Bodenschutz. In: *Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland*, G. Olschowy (Ed.), Parey, Hamburg/Berlin, 98 — 111.
- ROHRMOSER, K., 1985: Handbook for field trials in Technical Cooperation. Sonderpublikation, GTZ Eschborn, 304 pp.
- ROTH, C. H., 1984: Infiltração de água no solo em relação à sua suscetibilidade a erosão. In: Derpsch, R., Sidiras, N., Roth, C. H., 1984: Estudo e desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo. IAPAR, Londrina, unpublished, 75 — 98.
- ROTH, C. H., 1985: Infiltrabilität von Latossolo-Roxo-Böden in Nordparaná, Brasilien, in Feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen und Rotationen. *Göttinger Bodenkundliche Ber.*, **83**, 1 — 104.
- ROTH, C. H., HENKLAIN, J. C., FARIAS, G. S. de, 1985 a): Avaliação preliminar do tamanho de gotas de chuva natural e simulada para o Norte do Paraná. *R. bras. Ci. Solo*, **9**, 171 - 174.
- ROTH, C. H., MEYER, B., FREDE, H.-G., 1985 b): A portable rainfall simulator to study factors affecting runoff, infiltration and soil loss. *Catena*, Braunschweig, **12**, 79 — 85.
- ROTH, C. H., MEYER, B., FREDE, H.-G., DERPSCH, R., 1986: The effect of different soybean tillage systems on infiltrability and erosion susceptibility of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **157**, 217 — 226.
- ROTH, C. H., MEYER, B., FREDE, H.-G., DERPSCH, R., 1987 a): Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Res.* (in review).
- ROTH, C. H., VIEIRA, M. J., DERPSCH, R., MEYER, B., FREDE, H.-G., 1987 b): Infiltrability of an Oxisol in Paraná, Brazil, as influenced by different crop rotations. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **159**, 186 — 191.
- RUANO, O., 1981: Ocorrência e controle de doenças. Cultura do algodão. In: IAPAR (Ed.), 1981. *Plantio direto no Estado do Paraná*. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 186 — 188.
- SARAIVA, O. F., COGO, N. P., MIELNICZUK, J., 1981: Erosividade das chuvas e perdas por erosão em diferentes manejos do solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico. I. Resultados do segundo ano. *Pesq. agropec. bras.*, **16**, 121 — 128.
- SEAG, 1984: Acompanhamento da situação agropecuária do Paraná. Secretaria da Agricultura, Dep. Economia Rural (DERAL), Março, 1984.
- SIDIRAS, N., 1984: Efeitos do plantio direto, escarificação, arado de discos e cobertura verde permanente sobre algumas propriedades físicas do solo, a desagregação por impacto de gotas e a erosão. In: Derpsch, R., Sidiras, N., Roth, C.H., 1984: Estudo e desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo. IAPAR, Londrina, unpublished, 27 — 74.
- SIDIRAS, N., DERPSCH, R., HENKLAIN, J. C., 1982: Vergleich von drei Bodenbearbeitungsverfahren in bezug auf einige physikalische Eigenschaften, Boden- und Wasserkonservierung und Erträge von Soja und Weizen auf einem Oxisol. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **151**, 137 — 148.
- SIDIRAS, N., DERPSCH, R., MONDARDO, A., 1983: Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). *R. bras. Ci. Solo*, **7**, 103 — 106.
- SIDIRAS, N., PAVAN, M. A., 1986 a): Influência do sistema de manejo do solo no nível de fertilidade. *R. bras. Ci. Solo*, **9**, 249 — 254.
- SIDIRAS, N., PAVAN, M. A., 1986 b): Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. *R. bras. Ci. Solo*, **10**, 181 — 184.
- SIDIRAS, N., ROTH, C. H., 1987: Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and a rainfall simulator under different surface conditions on an Oxisol. *Soil and Tillage Res.*, **9**, 161 - 168.
- SIDIRAS, N., ROTH, C. H., FARIAS, G. S. de, 1984: Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo. *R. bras. Ci. Solo*, **8**, 251 — 254.
- SIDIRAS, N., VIEIRA, M. J., 1984: Compactação em Latossolo Roxo provocada pelas rodas do trator na semeadura: comportamento físico do solo e rendimentos de três culturas. *Pesq. agropec. bras.*, **19**, 1285 — 1293.
- SOMMER, C., ZACH, M., DAMBROTH, M., 1986: Konservierende Bodenbearbeitung — ein Konzept für strukturlabile, erosionsgefährdete Böden. In: *Bodenbearbeitungssysteme in der Diskussion*, Manuskript, DLG, Frankfurt, April 1986.

- SORRENSEN, W. J., MONTOYA, L. J., 1984: Economic implications of soil erosion and soil conservation practices in Paraná, Brazil. IAPAR, Londrina, GTZ, Eschborn (unpublished), 233 pp.
- SCHWERTMANN, U., 1982: Grundlagen und Problematik der Bodenerosion. In: Bodenerosion, Ursachen des Bodenabtrages und Gegenmaßnahmen. Arbeiten der DLG, Band 174.
- STEINER, K. G., 1984: Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West Africa. Schriftenreihe der GTZ, Eschborn, **137**, 304 pp.
- STEINHAUSER, H., LANGBEHN, C., PETERS, U., 1972: Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre, Bd. 1: Allgemeiner Teil. Ulmer, Stuttgart, 304 pp.
- STEINMETZ, H., 1982: Mehrsprachen — Bilderwörterbuch, Landmaschinen und Geräte. H. Steinmetz (Ed.), Betzdorf, 4. Auflage.
- TRIPLETT, G. B. Jr., VAN DOREN, D. M. Jr., 1977: Agriculture without tillage. Scientific American, **236**, 28 — 33.
- USDA, 1985: Conservation tillage: things to consider. Agric. Inf. Bull., **461**, Soil Conservation Service, USDA (OI), Washington D.C., 23 pp.
- VIEIRA, M. J., 1981: Propriedades físicas do solo. In: IAPAR (Ed.), 1981. Plantio direto no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, Circular **23**, 19 — 32.
- VIEIRA, M. J., 1983: Influência do preparo do solo sobre a disponibilidade de nutrientes. In: IAPAR (Ed.), 1983, Curso de atualização em fertilidade do solo, IAPAR, Londrina, 31 — 46.
- VIEIRA, M. J., 1984: Cultivo mínimo comparado a outros sistemas. 1. Efeitos no solo e na planta. IAPAR, Londrina (unpublished), 20 pp.
- VOSS, M., SIDIRAS, N., 1985: Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. Pesq. agropec. bras., **20**, 775 - 782.
- WAGNER, C. S., 1986: Análise das relações entre energia, momentum, taxa de precipitação e refletividade do radar: uma aplicação ao estudo da erosão. Dissertação, Escola Superior de Agricultura „Luiz de Queiroz“, Piracicaba, Estado de São Paulo, 165 pp.
- WARREN, G. F., 1981: Technology transfer in no-tillage crop production in the third world agriculture. In: No-tillage crop production in the tropics. Proc. Symp., Monrovia, Liberia. Published by Int. Plant. Prot. Center, Oregon State Univ., Corvallis, OR, 25 — 31.
- WILES, T. L., GUEDES, L. V. M., 1975: Controle da erosão pelo plantio direto. In: Plantio Direto com Gramoxone, ICI, São Paulo.
- WILES, J. C., YAMAOKA, R. S., 1981: Mecanização. In: Plantio direto no estado do Paraná, IAPAR, Londrina, Circular **23**, 59 — 99.

- WISCHMEIER, W. H., 1973: Conservation tillage to control water erosion. Proc. Cons. Till., Soil Cons. Soc. Am., Ankeny, Iowa, 133 — 141.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1958: Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Un., **39**, 284 — 291.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1961: Universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci., **1**, 418 — 425.