

# Direktsaat-Dauerversuchsergebnisse mit Körnermais im pannonischen Produktionsgebiet Ungarns

M. Birkás und Cs. Gyuricza

## Results of long-term trials on the direct drilling of maize in Hungary

### 1. Einleitung und Problemstellung

Die Direktsaat ist ein spezielles Produktionsverfahren, bei dem maximal 10 % der Bodenoberfläche durch eine Spezi- alsämaschine gestört wird (BALL, 1994; BIRKÁS 1995a; CHRISTENSEN und MAGLEBY, 1983). Die Bezeichnung der Methode ist von Anfang an unterschiedlich, so z. B. chemische Bearbeitung (chemical ploughing/preparation),

zero tillage, no tillage, 0 tillage), da dieses Verfahren nicht von der chemischen Unkrautbekämpfung unabhängig gemacht werden kann (BALL, 1994; CANNELL, 1985). Nach Mitteilungen von ALLEN und FENSTER (1986) wurde schon in den 20er Jahren in Montana (USA) mit Säverfahren in vorhergehend nicht bearbeiteten Boden experimentiert. YOUNG (1982) weist auf das Jahr 1951 als Beginn von Herbizideinsatz kombiniert mit Direktsaat hin. Das Interesse

### Summary

In Hungary trials on direct drilling started 35 years ago in 1962. Experiments on maize have been carried out since 1977 in the experimental field of the Institute of Crop Production of Gödöllő University on a Ramann's brown forest soil. This report covers two 5-year periods from 1977-1981 and 1992-1996. The impacts of tillage methods and fertilization on the soil conditions, weed infestation and yield were studied. An additional research objective in the first 5-year period was to compare direct drilling with the conventional autumn method (ploughing) and with reduced tillage methods (such as strip rotavatoring, rotavatoring and disking) carried out in spring. This experiment has been continued since 1992 to compare direct drilling with conventional (ploughing), reduced (disking) and soil ameliorating (loosening combined with surface tillage) tillage methods. Three levels of fertilization were tested (0, low and optimal).

The soil condition required by maize can be characterized by a dry bulk density of 1.15-1.35 g·cm<sup>-3</sup> in the seedbed and of 1.35 g·cm<sup>-3</sup> at a depth of 10-40 cm.

The soil condition influenced by tillage can not be considered as a yield-decreasing factor even at the end of the first five-year period. At the beginning of the second period the soil was compacted below the ploughed treatment and the development of a compacted layer below the depth of disking and below the seedbed of the direct drilling treatment. In the first experimental period the order of factors promoting weed infestation was as follows: 1. lack of fertilization; 2. undisturbed soil condition (direct drilling); 3. shallow primary tillage in spring; 4. cropping without rotation; 5. direct drilling and/or shallow tillage applied long-term; 6. spring ploughing, while in the second period the main factors in weed infestation, including cover by annual, perennial, grassy and summer weeds, were the omission of fertilization, rotation and tillage. However, perennial weed infestation was decreased by regular loosening. Factors leading to a reduction in weed infestation showed the same order in both experimental periods: 1. optimal level of fertilization; 2. crop rotation; 3. loosening repeated every year, 4. autumn ploughing.

In the first period autumn ploughing resulted in extremely high yields. However, significant differences in yield were found between direct drilling and spring cultivations at all fertilization levels. In the second period the soil conditions influenced by tillage gave significant differences in yield. The order of soil conditions with regard to yield follows an upward trend for seed bed depth of 10-16 cm < 0-22 cm < 0-35 cm, as provided by direct drilling, disking, ploughing and loosening variants.

**Key words:** direct drilling, maize, weeds, soil condition, yield.

### Zusammenfassung

Mais erfordert für die optimale Entwicklung einen Bodenzustand, der sich mit Trockenrohrichtwerten von  $1,15\text{--}1,35\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Saatbett) und  $1,35\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (in der Tiefe von 10–40 cm) charakterisieren läßt. Bis zum fünften Jahr der ersten Versuchsperiode haben sich die Erträge durch eine unterschiedliche Bodenbearbeitung nicht verändert. Zu Beginn der zweiten Periode hatte sich hingegen der Boden an der Bearbeitungsgrenze durch einen starken Verdichtungshorizont verändert. In der fünften Vegetationsperiode wurde eine Pflugsohle in der Pflugvariante, eine Verdichtungsschicht bei Scheibenegge und eine deutliche Erhöhung der Trockenrohrichte in der Direktsaatvariante unterhalb der Saattiefe nachgewiesen.

Im ersten Untersuchungszeitraum wurde die Verunkrautung durch folgende Faktoren gefördert: 1. Weglassen der Mineraldüngung; 2. Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung (Direktsaat); 3. flache Bearbeitung im Frühling; 4. Pflanzenanbau ohne Fruchtwechsel; 5. dauerhafter Einsatz von Direktsaat und/oder flache Bearbeitung; 6. Pflügen im Frühling. In der zweiten Untersuchungsperiode sind die Mineraldüngung, der unterlassene Fruchtwechsel und der Verzicht auf die Bodenbearbeitung die wichtigsten Faktoren für die Ausbreitung von einkeimblättrigen, mehrjährigen und wärmebedürftigen Unkräutern. Eine starke Vermehrung der mehrjährigen Unkräuter kann durch regelmäßige Bodenlockerung mit dem Grubber zurückgedrängt werden. Verunkrautungsmindernde Faktoren sind in beiden Perioden: 1. bedarfsgerechtes Düngungsniveau; 2. Fruchtwechsel; 3. jährlich wiederholte Bodenlockerung; 4. Pflugfurche.

Die höchsten Erträge und der günstigste Bodenzustand wurden in der ersten Versuchsperiode bei allen Düngungsniveaus mit Herbstfurche erreicht. Die zweite bzw. dritte Stelle in der Rangordnung wiesen die Fräsparzellen (auf voller Fläche und in Streifen) auf. Der Direktsaat war sowohl das Frühlingspflügen als auch der Scheibeneggeinsatz im Frühjahr hinsichtlich des Bodenzustandes und der Erträge überlegen.

In der zweiten fünfjährigen Periode wies unter weniger günstigen Witterungs- und Bodenzustandsverhältnissen die Direktsaat die geringsten Erträge auf.

**Schlagerworte:** Direktsaat, Körnermais, Unkräuter, Bodenzustand, Ertrag.

an der neuen Methode wurde erstmals durch starke Winderosion und den Zwang zum Schutz dagegen in den Jahren von 1934 bis 1940, später durch ökonomische Überlegungen geweckt (ALLEN und FENSTER, 1986; YOUNG, 1982). In den USA wurde ab 1950, in West-Europa ab 1961 mit exakten, vergleichenden Versuchen angefangen. Durch die ersten Ergebnisse mit Winterweizen, Körnermais und bei anderen Pflanzenarten – zu denen auch die Entwicklung der neuen und wirksamen Herbiziden beigetragen hat – wurden die positiven Aussichten der Methode bestätigt (CANNELL, 1985; FORTUNE, 1994).

Als Vorteile der Direktsaat werden die Minderung von Bodenabtrag, der verminderte Wasserverlust sowie die geringere mechanische Bodenzerstörung, die Anhebung des Gehaltes an organischer Substanz in der Krume sowie die geringeren Kosten angeführt (USDA-Daten, zit. BIRKÁS, 1995a; CANNELL, 1985; YOUNG, 1982).

In Ungarn begannen die vergleichenden Versuche 1962, in den umgebenden Ländern einige Jahre später (GYÖRFFY, 1964; BIRKÁS, 1993, 1995a, b; KONSTANTINOVIC, 1982; LACKO-BARTOSOVÁ, 1990; PILÁT und LACKO-BARTOSOVÁ,

1990; MORGUN et al., 1983; KOVÁC, 1991; DEMO und KOLLÁR, 1992).

In Ungarn können drei Perioden der Direktsaatversuche angeführt werden. Der Zeitraum der ersten Etappe fällt auf die Jahre 1962–1974, bei der die vorher unbekannte, neue Methode mit den konventionellen und reduzierten Produktionsverfahren verglichen wurde. Die Versuche wurden in fünf unterschiedlichen Regionen (Martonvásár, Keszthely, Karcag, Szeged, Nyíregyháza) mit fünf Kulturpflanzenarten durchgeführt. Die Auswirkung dieser Anbaumethode auf den Ertrag wurde in konventionell (mit Pflug) und reduziert (generell mit Scheibenegge) bearbeiteten Versuchsvarianten untersucht. In den ersten Winterweizen-Direktsaatversuchen wurde unabhängig von der Textur des Bodens eine generelle Ertragsminderung im Vergleich zu konventioneller Bearbeitung festgestellt, die sich aber bei günstigerer Nährstoffversorgung minderte (KOLTAY 1971, 1974, 1975; SIPOS 1972, 1973; KÁPOSZTA, 1973). Als Nachteil der neuen Methode wurde die verstärkte Verunkrautung, als Vorteil der verbesserte Bodenwasserhaushalt nachgewiesen (PUSZTAI und KAZÓ, 1968; ERDEI, 1971a, b).

In den Versuchen mit Körnermais wurden ähnliche Ergebnisse wie mit Winterweizen nachgewiesen. Das Ausmaß der Ertragsminderung wurde aber durch den unterschiedlichen Bodenzustand beeinflusst (GYÖRFFY und SZABÓ, 1969 a, b, 1979; KOVÁTS, 1974). Mehrere Autoren berichten über die Abnahme der Direktsaat-Nachteile durch zunehmenden Düngemiteleinsetz im Vergleich zu konventionellen als auch reduzierten Systemen. Der Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung führte gleichzeitig zur Verdichtung und Verunkrautung der obersten Bodenhorizonte (RADICS, 1989), die nur durch eine standortgerechte Fruchtfolge zu mindern war. Der unmittelbare Effekt der Direktsaat wurde in Dauerversuchen durch den Bodenzustand beurteilt. Eine grössere Ertragsminderung erfolgte nach 3–5 Versuchsjahren, danach konnte wieder eine Verbesserung des Ertragsverhaltens nachgewiesen werden (KOVÁTS, 1974; KISMÁNYOKY und BALÁZS, 1996; GYÖRFFY, 1990; BIRKÁS, 1987).

Die zweite Periode der Direktsaatversuche in Ungarn fällt auf die Jahre 1982–1990. Die Dauerversuche haben sich in den Forschungsinstituten Keszthely, Martonvásár und Gödöllő fortgesetzt, begonnen wurde in Kompolt.

Die jüngste Periode der Direktsaatversuche in Ungarn begann 1991. Parallel dazu laufen auf einer Fläche von insgesamt 100 Hektar ergänzende wissenschaftliche Arbeiten (Keszthely, Gödöllő) und technische (IKR AG., Forschungsinstitut für Agrartechnik Gödöllő) Entwicklungsversuche. Die Untersuchungsschwerpunkte wurden um den Einsatz der Direktsaat in Trockengebieten sowie Entwicklung zu bodenschonenden Verfahren erweitert.

## 2. Material und Methoden

Auf dem Versuchsfeld des Institutes für Pflanzenproduktion der Agraruniversität Gödöllő werden seit 1977 Direktsaatversuche mit Winterweizen und Körnermais durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit wird über die Ergebnisse von zwei 5jährigen Versuchsperioden, 1977–1981 sowie 1992–1996 berichtet.

Von den zahlreichen Untersuchungszielen werden die folgenden hervorgehoben: 1. Zusammenhang zwischen Bodenbearbeitungsverfahren und Bodenzustand; 2. Zusammenhang zwischen Bodenbearbeitung und Verunkrautung. 3. Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Ertrag.

In den Versuchen wurden frühreifende Maissorten – vor 1981 *MvSC 1304*, seit 1992 *Mirna SC*, *Helga SC*, *Furio SC*

– angebaut. Die versuche beider Perioden wurden in Streifenanlagen mit 4 bzw. 3 Wiederholungen angelegt. Eine Bearbeitungspartzeile hat eine Fläche von 177 m<sup>2</sup>, die Düngungspartzeilen von 59 m<sup>2</sup> (Netto). Die gesamte Versuchsfläche ist 3534 m<sup>2</sup> groß.

In der Versuchsperiode von 1977–1981 kamen bei Körnermais die folgenden Varianten zur Anwendung:

Bodenbearbeitung:

D = Direktsaat

F-10S = Fräse 8–10 cm (in Streifen eingesetzt im Frühling)

F-10 = Fräse 8–10 cm (im Frühling)

S-16 = Scheibenegge 12–16 cm (im Frühling)

P-22F = Pflug 20–22 cm (im Frühling)

P-30H = Pflug 26–30 cm (im Herbst)

Mineraldüngung:

M<sub>1</sub> = ungedüngt (Kontrolle)

M<sub>2</sub> = 65 kg N + 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 65 kg K<sub>2</sub>O/ha

M<sub>3</sub> = 130 kg N + 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 130 kg K<sub>2</sub>O/ha

M<sub>4</sub> = 195 kg N + 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 195 kg K<sub>2</sub>O/ha

Seit 1992 gibt es folgende Varianten:

Bodenbearbeitung:

D = Direktsaat

S-20 = Scheibenegge (16–20 cm)

P-25H = Pflug (22–25 cm)

G+S = Grubber (35–40 cm) + Scheibenegge (16–20 cm)

G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

Mineraldüngung:

M<sub>1</sub> = ungedüngt (Kontrolle)

M<sub>2</sub> = 80 kg N + 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 75 kg K<sub>2</sub>O/ha

M<sub>3</sub> = 160 kg N + 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 150 kg K<sub>2</sub>O/ha

Die Variante M<sub>2</sub> entspricht im Verhältnis zu der Nährstoffversorgung des Bodens einem niedrigen, die M<sub>3</sub> einem bedarfsgerechten Niveau. In dem Versuch wurde bis 1994 Körnermais in Monokultur, danach im Fruchtwechsel mit Winterweizen angebaut. Nach der Saat wurde je eine chemische und mechanische Unkrautbekämpfung eingesetzt.

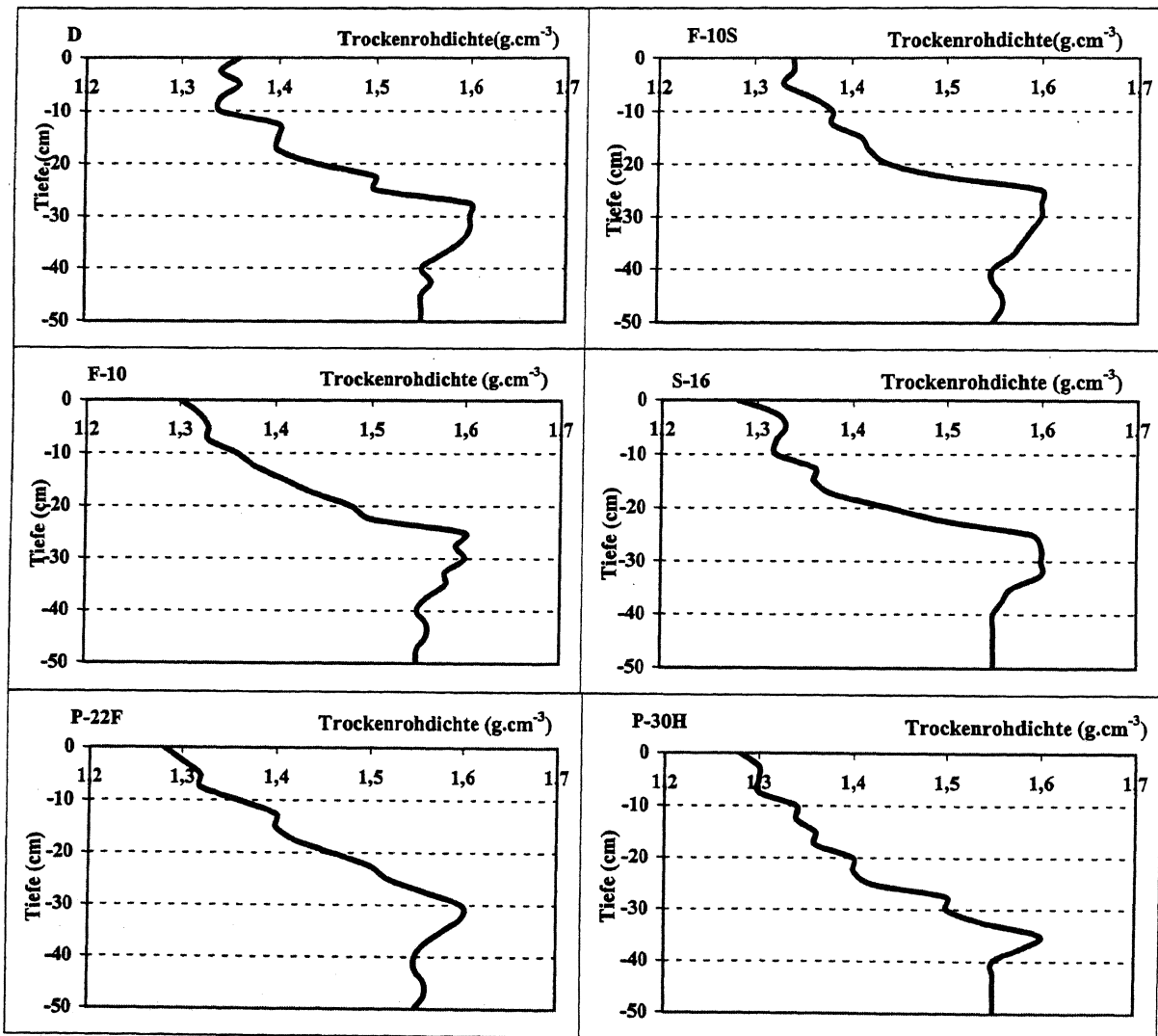
*Bodenverhältnisse:* Der Versuchsfeld in Gödöllő liegt 242 m über NN, östlich von Budapest im südlichen Teil des Gödöllőer Hügellandes. Der Boden ist eine flachgründige, mittelschwere Braunerde und besteht aus sandigem Schluff. Das Ausgangsgestein ist Sand und Mergel, das in unterschiedlicher Mächtigkeit von Löss bedeckt ist. Der Tongehalt der Krume (0–35 cm) beträgt 26 %, die Wasserleitfähigkeit im Oberboden ist gut, im Unterboden gering. Der

Humusgehalt ist mit nur 1,17 % gering, wie auch die Stickstoffversorgung. Die Analysenwerte ergaben für Phosphor (als  $P_2O_5$ ) 120–170 mg/kg, für Kalium (als  $K_2O$ ) 140–170 mg/kg, für Gesamtstickstoff 0,14–0,17 %. Der pH-Wert ist 7,1.

*Witterung:* Die mittlere Jahressumme der Niederschläge liegt bei 564 mm, davon 313 mm während der Vegetationsperiode. Die ersten 5 Jahre waren durchschnittlich, mit Ausnahme des Trockenjahres 1978 mit ca 384 mm Niederschlag. Von der zweiten Versuchsperiode können zwei Jahre (1992, 1993) als trocken, das Jahr 1995 niederschlagsreich

(+75 mm) und die Jahre 1994 und 1996 als durchschnittlich bezeichnet werden. Unter den gegebenen Standortverhältnissen kann durch die herkömmliche Bodenbearbeitung und die bedarfsgerechte Düngung bei günstiger Niederschlagsverteilung bei Winterweizen 2,5–3,0 t/ha, bei Körnermais 3,5–4,0 t/ha Ertrag erreicht werden.

Der Bodenzustand – Trockenrohdichte und Wassergehalt – wurde bis 1993 durch Stechzylinderproben (dreimal während der Vegetationsperiode in vier Wiederholungen pro Variante), danach mit einem Penetrometer (dreimal während der Vegetationsperiode in vier Wiederholungen



D = Direktsaat; F-10S = Fräse 8–10 cm (in Streifen); F-10 = Fräse 8–10 cm; S-16 = Scheibenegge 12–16 cm (im Frühling); P-22F = Pflug 20–22 cm (im Frühling) P-30H = Pflug 26–30 cm (im Herbst)

Abbildung 1: Tiefenverlauf der Trockenrohdichte in verschiedenen Bearbeitungsvarianten im Frühjahr 1977 (1. Versuchsjahr), Gödöllő (Mittelwerte von 4 Wiederholungen)

Figure 1: Soil bulk density at different soil tillage treatments in Spring 1977 (1<sup>st</sup> year), Gödöllő (Average of 4 repetitions)

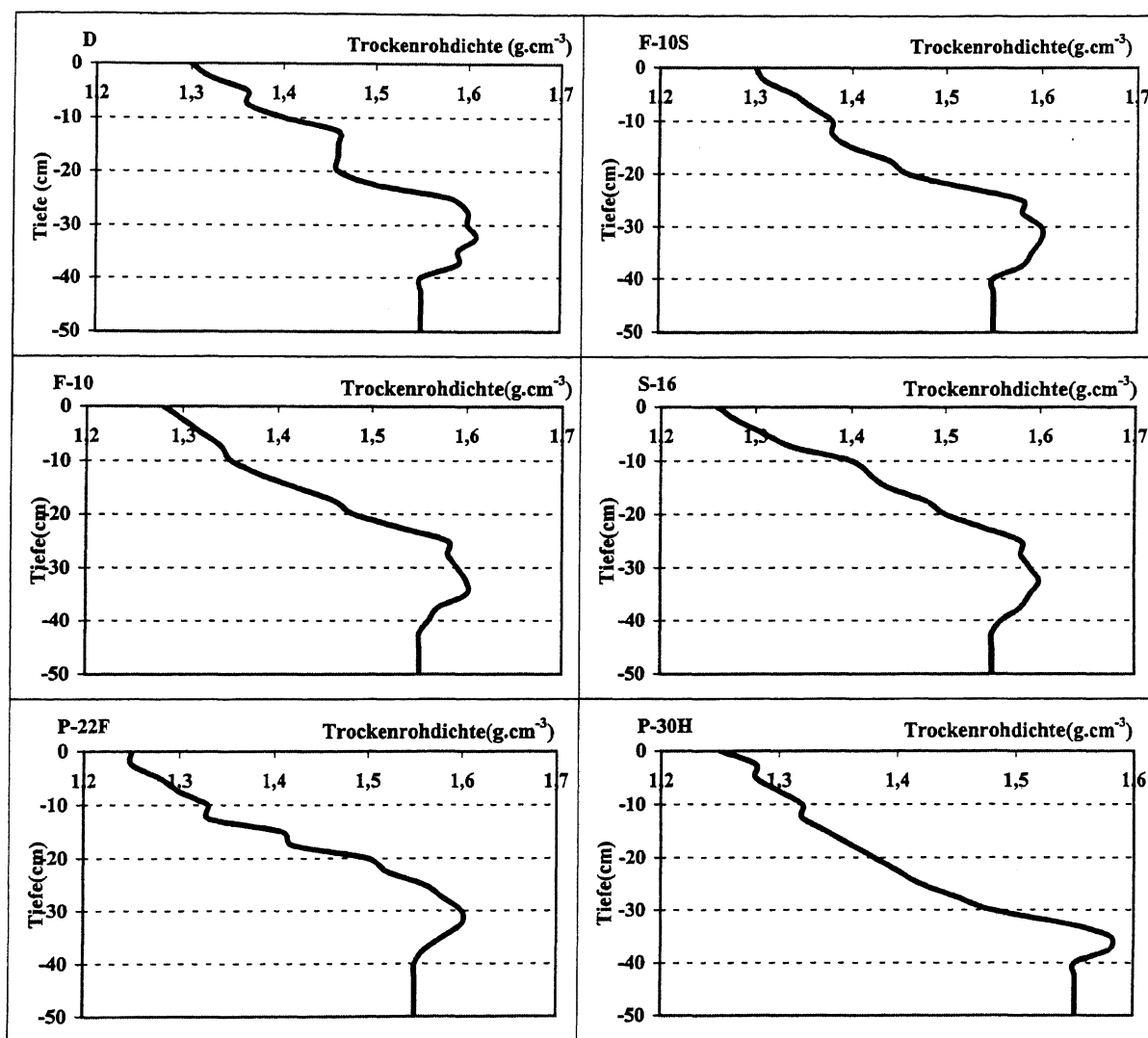
pro Variante) (DVORACEK, 1968) beurteilt. Seit 1995 wird ein in Szarvas (Ungarn) entwickeltes Penetrometer benutzt, das bis 75 cm Tiefe den Eindringwiderstand und den Bodenwassergehalt in Massen% gleichzeitig messen kann (KOCIS und DARÓCZI, 1995).

Zur Untersuchung des Unkrautbedeckungsgrades wurde die Quadratmethode (ÚJVÁROSI, 1973) verwendet. Die Bewertung der Verunkrautung, Düngerwirkung, sowie des Ertrages wurde mit Varianz- und Regressionsanalysen durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Einfluß der unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren auf den Bodenzustand

Zu Beginn der ersten fünfjährigen Versuchsperiode war der Ackerboden in der Krumentiefe von 0–25 cm – einschließlich der flachen Bearbeitungsvarianten – ausreichend gelockert. Unter der Bearbeitungsgrenze kam es zu einem Verdichtungshorizont, in dem die Trockenrohdichte Werte von 1,58–1,60  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  erreichte. Während dieser Zeit kam



D = Direktsaat; F-10S = Fräse 8–10 cm (in Streifen); F-10 = Fräse 8–10 cm; S-16 = Scheibenegge 12–16 cm (im Frühjahr); P-22F = Pflug 20–22 cm (im Frühjahr) P-30H = Pflug 26–30 cm (im Herbst)

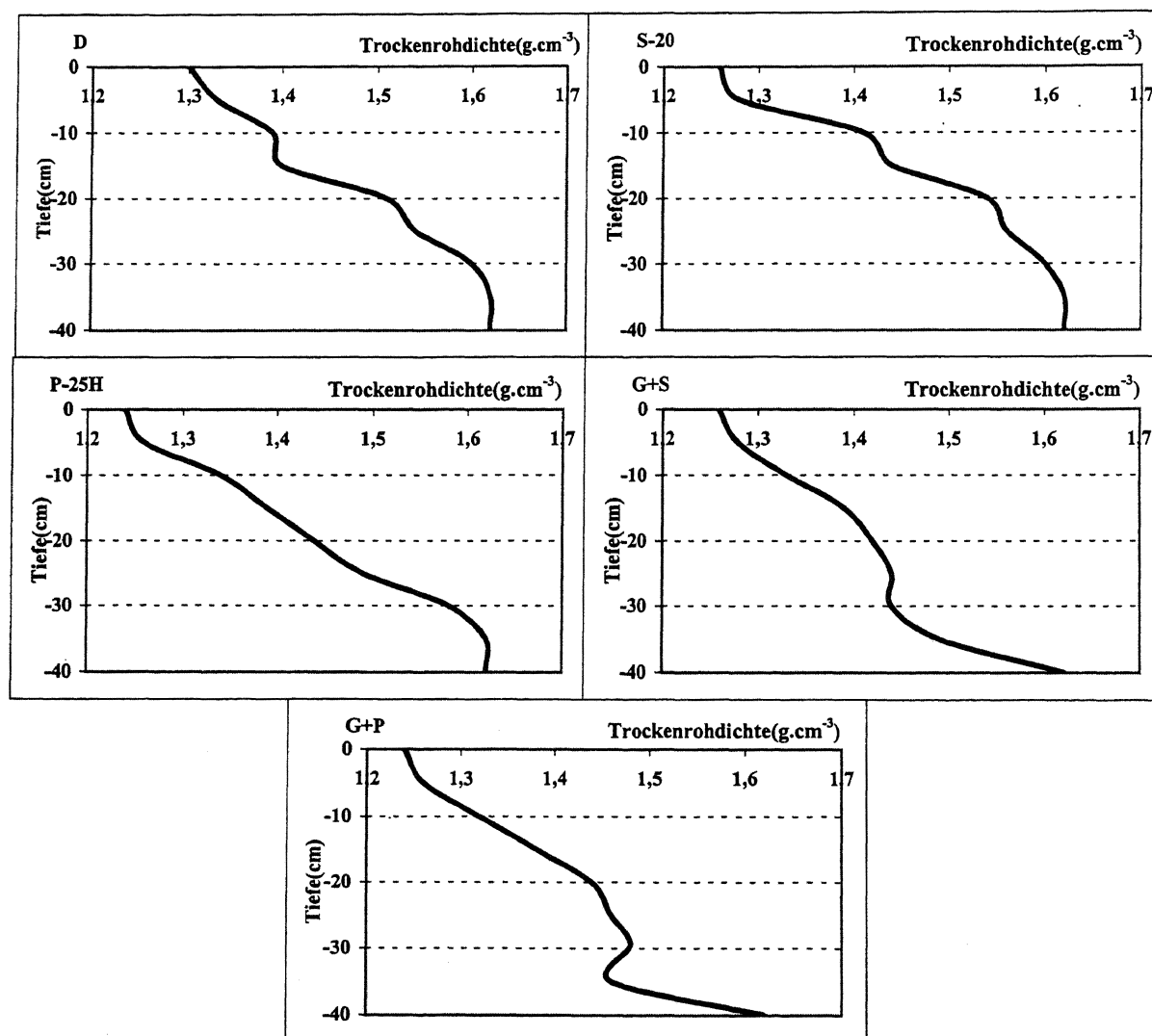
Abbildung 2: Tiefenverlauf der Trockenrohdichte in verschiedenen Bearbeitungsvarianten im Frühjahr 1981 (5. Versuchsjahr), Gödöllő (Mittelwerte von 4 Wiederholungen)

Figure 2: Soil bulk density at different soil tillage treatments in Spring 1981 (5<sup>th</sup> year), Gödöllő (Average of 4 repetitions)

es erwartungsgemäß zu einer schichtweisen Verdichtung bis 50 cm Bodentiefe. Bis zur Saat- bzw. Bearbeitungstiefe des in Monokultur stehenden Maises blieb der Boden locker, darunter wurde er dichter. In fünf Jahren hat sich der Bodenzustand unter 30 cm Tiefe nicht maßgebend verändert (Abb. 2) Bei Direktsaat wurde die Bodendichte in einer Tiefe von 7–30 cm in größerem Maße geändert. Nach 5 Jahren wurde der Verdichtungsgrad um durchschnittlich 28 % gesteigert, aber der kritische Wert von  $1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  nicht erreicht. Mitentscheidend waren die schonende Ackernutzung und die geringere Häufigkeit des Befahrens des Feldes.

Ähnliche Phänomene zeigten sich bei der im Frühling durchgeführten Flachbearbeitung. Die Anzahl der Arbeitsgänge dieser Bearbeitungssysteme betrug mit der Saat zusammen nur zwei, dadurch blieb der Boden auch im fünften Vegetationsjahr in einem günstigen Zustand.

Der Bodenzustand der zweiten Versuchsperiode ist auf Abb. 3 und Abb. 4 zu sehen. Am Versuchsbeginn (Abb. 3) war eine verdichtete Schicht in einer Tiefe von 25–30 cm zu beobachten ( $1,58\text{--}1,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Der Verdichtungsgrad blieb innerhalb der flachen Bearbeitung ( $< 25 \text{ cm}$ ), der Bearbeitungsvarianten von Direktsaat, Scheibenege (16–



D = Direktsaat; S-20 = Scheibenege 16–20 cm; P-25H = Pflug 22–25 cm (im Herbst); G+S = Grubber (35–40 cm) + Scheibenege (16–20 cm); G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

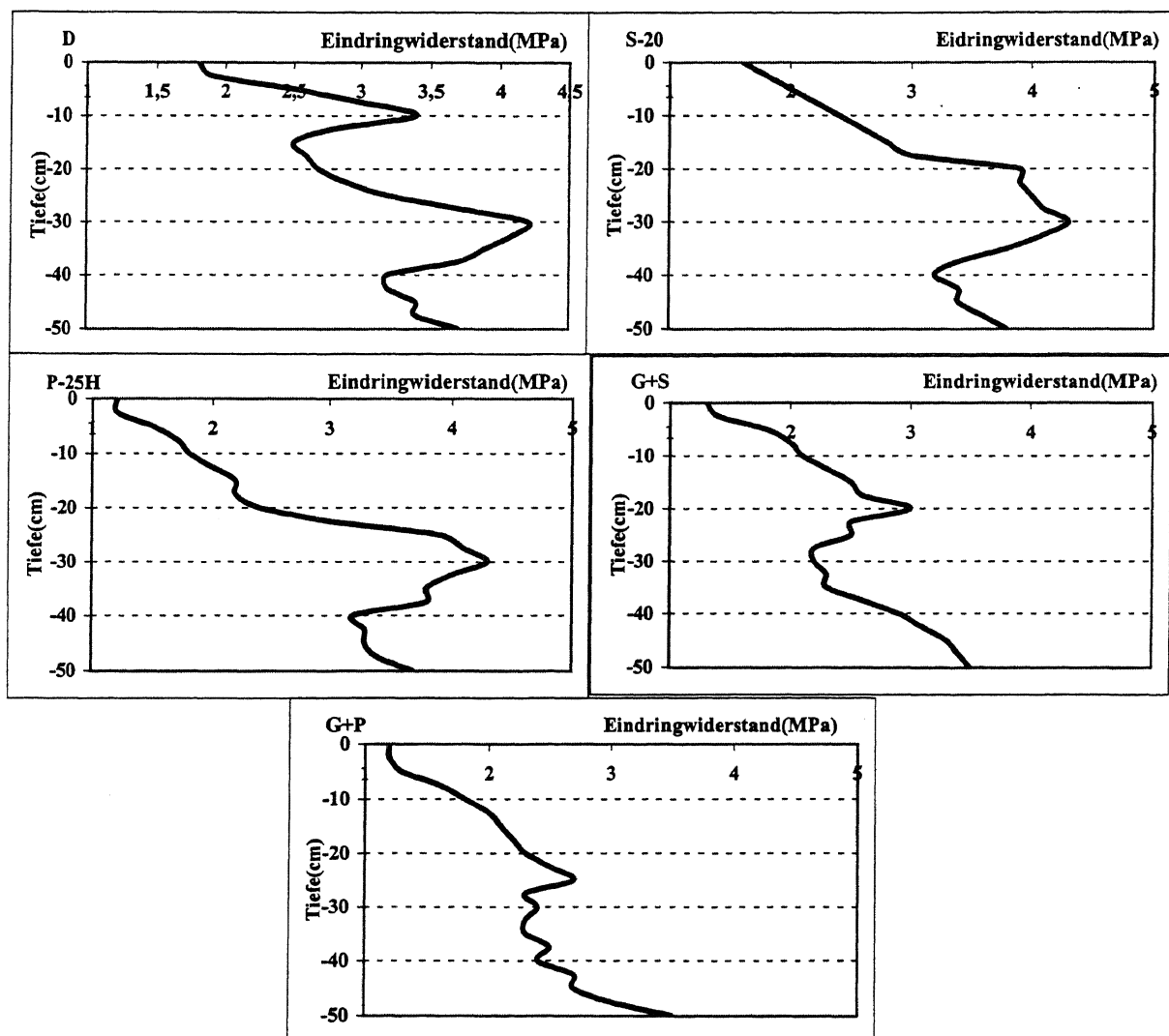
Abbildung 3: Tiefenverlauf der Trockenrohdichte in verschiedenen Bearbeitungsvarianten im Frühjahr 1992 (1. Versuchsjahr), Gödöllő (Mittelwerte von 4 Wiederholungen)

Figure 3: Soil bulk density at different soil tillage treatments in Spring 1992 (1<sup>st</sup> year), Gödöllő (Average of 4 repetitions)

20 cm) sowie Pflug (22–25 cm) gleich, bei Grubber und Scheibenege (G+S) sowie Grubber und Pflug (G + P)) wurden die Werte positiv verändert. Die Trockenrohdichte des ungestörten, unbearbeiteten Bodens unter 40–45 cm Tiefe weist einen Wert von mindestens  $1,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  auf. Da eine erhöhte Verdichtung frühestens unter der Saat- bzw. Bearbeitungstiefe auftritt, wurden die Meßwerte von diesen Schichten in der Tabelle 1. zusammengefasst. Es kann festgestellt werden, daß die Verdichtung in den gegebenen Bodenschichten in allen Varianten nach fünf Jahren gesteigert wird, am auffälligsten aber unter der

Scheibenege- bzw. Pflugvariante. In Abbildung 4 sind die Werte des Eindringwiderstandes in den Tiefen von 0–60 cm zu ersehen.

Es ist festzustellen, daß ein unerwünschter Bodenzustand für den Mais bei Direktssat unter der Saattiefe, bei anderen Varianten unter der jährlich wiederkehrenden Bearbeitungstiefe entstanden ist. Die Grubbertypen sind bis 35–40 cm gelockert, es sind aber verdichtete Schichten in den Varianten Grubber + Scheibenege und Grubber + Pflug zu finden. Diese Verfahren führten zur Verminderung der Lockerungswirkung des Grubbers.



D = Direktsaat; S-20 = Scheibenege 16–20 cm; P-25H = Pflug 22–25 cm (im Herbst); G+S = Grubber (35–40 cm) + Scheibenege (16–20 cm); G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

Abbildung 4: Tiefenverlauf der Trockenrohdichte in verschiedenen Bearbeitungsvarianten im Frühjahr 1992 (5. Versuchsjahr), Gödöllő (Mittelwerte von 4 Wiederholungen)

Figure 4: Soil bulk density at different soil tillage treatments in Spring 1992 (5<sup>th</sup> year), Gödöllő (Average of 4 repetitions)

Tabelle 1: Die Trockenrohdichte des Bodens unter der Saattiefe und der Bearbeitungsgrenze (GÖDÖLLÖ, 1977–1981\*, 1992–1996\*\*)  
 Table 1: Dry bulk density at the depth of sowing and annual tillage (GÖDÖLLÖ, 1977–1981\*, 1992–1996\*\*)

Bodenbearbeitung	Untersuchungstiefe (cm)	Trockenrohdichte (g·cm <sup>-3</sup> )	
		1. Jahr	5. Jahr
Direktsaat (D)	6	1.32*	1.36*
		1.32**	1.38**
Fräsen in Streifen* (F - 10S)	6	1.33	1.36
und Fräsen* 8-10 cm (F - 10)	12.5	1.38	1.38
Scheibeneggen 12-16* (S - 16)	6	1.33	1.34
	18.5	1.38	1.48
16-20** (S - 20)	6	1.33	1.33
	22.5	1.40	1.58
Frühlingspflügen	6	1.32	1.28
20-22 cm* (S - 22F)	25	1.52	1.56
Herbstpflügen	6	1.30	1.32
26-30 cm* (P - 30H)	32.5	1.50	1.54
22-25 cm** (P - 25H)	6	1.28	1.30
	27.5	1.56	1.60
Grubbern 35-40 cm	6	1.33	1.33
+ Scheibeneggen 16-20 cm (G + S)	22.5	1.44	1.58
	42.5	1.55	1.58
Grubbern 35-40 cm	6	1.32	1.32
+ Pflügen 22-25 cm (G + P)	27.5	1.48	1.46
	42.5	1.55	1.57

### 3.2 Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung, Mineraldüngung und Verunkrautung

In der ersten fünfjährigen Versuchsperiode waren die im Mais vorherrschenden Unkrautarten die ausdauernden Unkräuter mit Ausläufern und die wärmebedürftigen Unkräuter. Die Faktoren – sowohl innerhalb der fünfjährigen Versuchsperiode als auch in einer Vegetationsperiode – die die Verunkrautung verursachten, waren in ihrer Bedeutung gereiht: 1. Weglassen der Mineraldüngung, 2. Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung (Direktsaat), 3. die flache Bodenbearbeitung im Frühling, 4. Anbau ohne Fruchtwechsel, 5. mehrjährige Direktsaat oder flache Bearbeitung, 6. Pflügen im Frühjahr. Unter den Faktoren, die den Unkrautbedeckungsgrad vermindern, sei als wichtigster die günstige Nährstoffversorgung genannt, dann die Grundbearbeitung im Herbst und die mindestens 20 cm tiefe, wendende Grundbearbeitung. In der Fachliteratur sind Hinweise zu finden, daß das Vermeiden der Bodenbearbeitung und die Flachbearbeitung im Frühjahr zu einer wesentlichen Unkrautvermehrung führt.

Viele Autoren haben zwar auch festgestellt, daß die Unkrautvermehrung durch die Verbesserung der Nährstoffversorgung vermindert wird. Die Tendenz der Untersuchungen des Unkrautbedeckungsgrades ist sowohl in der ersten Untersuchungsperiode als auch in den ersten drei

Jahren innerhalb der zweiten Periode identisch: wenn die Mineraldüngung oder die Bodenbearbeitung unterlassen wird, bzw. im Fall der flachen Bodenbearbeitung, erhöht sich der Unkrautbedeckungsgrad Jahr für Jahr. Deswegen wurde im vierten Jahr ein Winterweizen-Mais Fruchtwechsel eingeführt. Auf diese Weise gab es eine Möglichkeit, die Auswirkungen der Mais-Monokultur auf die Verunkrautung sowie die Auswirkungen des Anbaues mit Fruchtwechsel auf die Unkrautregulierung zu beobachten. Die Direktsaat entspricht einem ungestörten Bodenzustand. Es war aus diesem Grund zu erwarten, daß die mehrjährigen Unkräuter begünstigt würden, daher wurde die Bedeckung durch mehrjährige und andere Unkrautarten getrennt aufgenommen. Es wurden ferner die Änderungen des Bedeckungsgrades von einkeimblättrigen, von wärmebedürftigen und der restlichen Unkrautarten getrennt untersucht.

Ergebnisse des ersten, dritten und fünften Jahres die mehrjährigen bzw. restlichen Unkrautarten betreffend sind aus Abbildung 5 zu ersehen. Vor Beginn des Versuches wurde Sommergerste ohne Düngung und mit gewöhnlicher, 22–25 cm tiefer Pflugbearbeitung angebaut. Der gesamte Unkrautbedeckungsgrad betrug 7,5 %. Im ersten Maisanbaujahr ist die gesamte Unkrautbedeckung bei Direktsaat ohne Dünger auf 10,5 %, mit Dünger auf 12,5 % gestiegen. Im ersten Versuchsjahr lag der Unkraut-

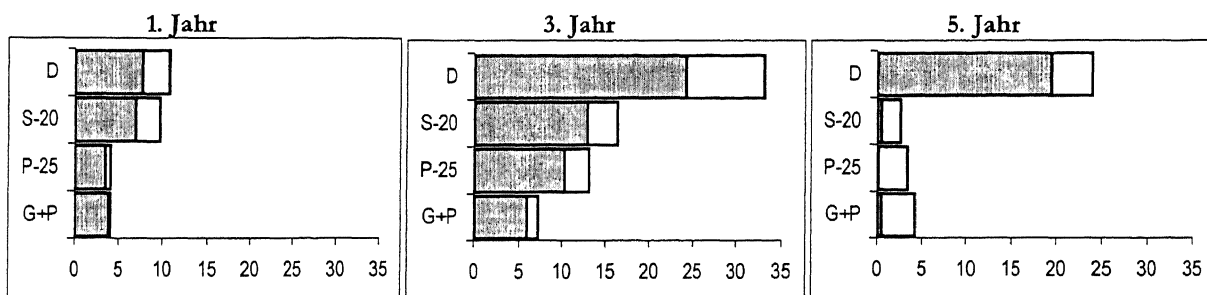


bedeckungsgrad in der flachen Scheibeneggenvariante und der Direktsaat auf gleichem Niveau (Abb. 5). In den Varianten, wo die Bearbeitungstiefe unter 20 cm lag, wurde ein niedrigerer Bedeckungsgrad im Vergleich zu Sommergerste bei allen drei Mineraldüngungsvarianten festgestellt. Die Verunkrautung der Direktsaat stieg bis zum dritten Jahr bei allen Düngungsvarianten, aber in verschiedenem Maße. Die mit Unkräutern bedeckte Fläche wurde ohne Düngung verdreifacht, bei mangelnder Nährstoffversorgung verdoppelt und bei bedarfsgerechter Düngung um 57 % erhöht. Diese Tendenz kann auch in der Ausbreitung der mehr-

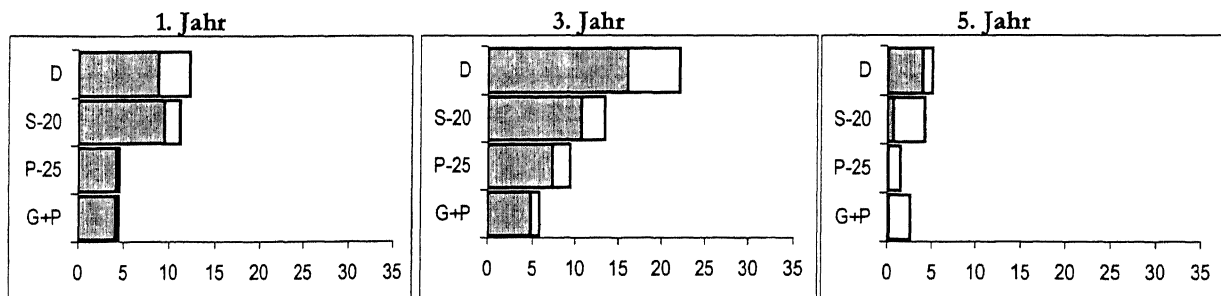
jährigen Unkrautarten beobachtet werden. Von den am häufigsten vorkommenden fünf mehrjährigen Unkrautarten wurde die Bedeckung von Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) bei allen Nährstoffstufen verdreifacht. Diese Proportion ist durch Einführung des Fruchtwechsels bedeutend verringert worden. Die jährlich wiederkehrende Lockerung mit Grubber hat die Ausbreitung von Acker-Kratzdistel begrenzt.

Auch die flache Bearbeitung mit Scheibenegge wirkte sich auf die Verbreitung der mehrjährigen Unkräuter günstig aus. In der Pflugvariante wurde die Bedeckung durch

**Ohne Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %



**Bedarfsgerechte Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %




**Gesamt**

**Mehrjährige Unkräuter**

Fruchtfolge (1992-): Körnermais – Körnermais – Körnermais – Winterweizen – Körnermais  
 D = Direktsaat; S-20 = Scheibenegge (16–20 cm); P-25H = Pflug (22–25 cm); G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

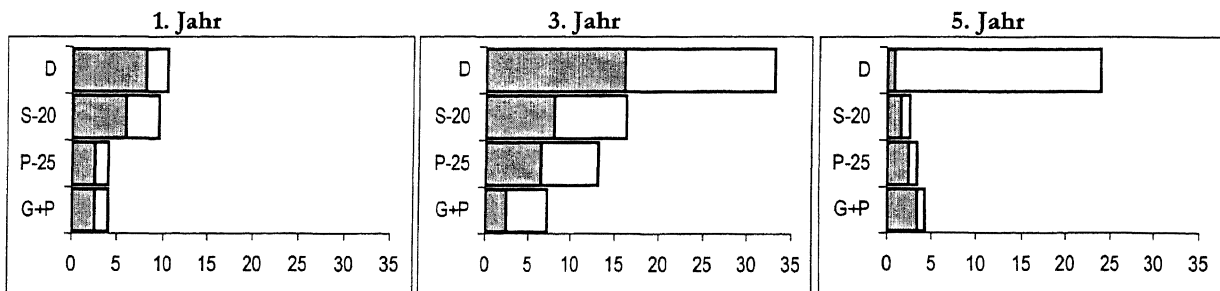
Abbildung 5: Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung, Mineraldüngung und Verunkrautung bei Mais (Gödöllö, Sommer 1992–1996)  
 Figure 5: Correlation between soil tillage, fertilization and weed infestation in maize (Gödöllö, Summer 1992–1996)

mehrfährige Unkräuter im Vergleich zu Direktsaat und Scheibenege reduziert, aber eine zunehmende Verunkrautung konnte durch diese Methode nicht verhindert werden. Bei der Ausdehnung von Unkräutern spielten die Bearbeitung, der Fruchtwechsel sowie der Mangel an Dünger eine erstrangige Rolle. Die mehrjährigen Unkräuter konnten durch regelmäßige Bearbeitung (Lockerung) bis zur Tiefe von 25–40 cm, aufgrund der besseren Nährstoffversorgung sowie der Bestandesdichte von Mais und Winterweizen wirkungsvoll zurückgedrängt werden.

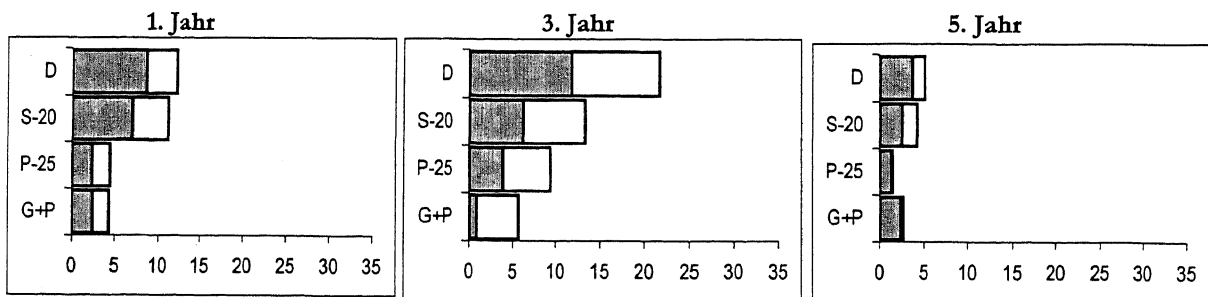
Im Jahr vor Versuchsbeginn ist von den einkeimblättrigen Unkrautarten die Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) im

Sommergerstenbestand vorgekommen. In den Jahren von Maisanbau ohne Fruchtwechsel hat die Ausbreitung der einkeimblättrigen Unkrautarten kontinuierlich zugenommen (Abb. 6). Auch die Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten sind in der dritten Vegetationsperiode größer geworden. Wird die Bedeckung durch einkeimblättrige Unkrautarten in der Pflugvariante (6 %) gleich 100 % gesetzt, so ergibt sich für die Direktsaat 223 %, die Scheibenege 125 %, das mit Grubberbearbeitung variierte Pflügen 93 % im Durchschnitt der drei Düngungsniveaus. Die Bedeckung durch einkeimblättrige Unkrautarten war bei Direktsaat in jedem Jahr deutlich größer als bei den übrigen

**Ohne Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %



**Bedarfsgerechte Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %

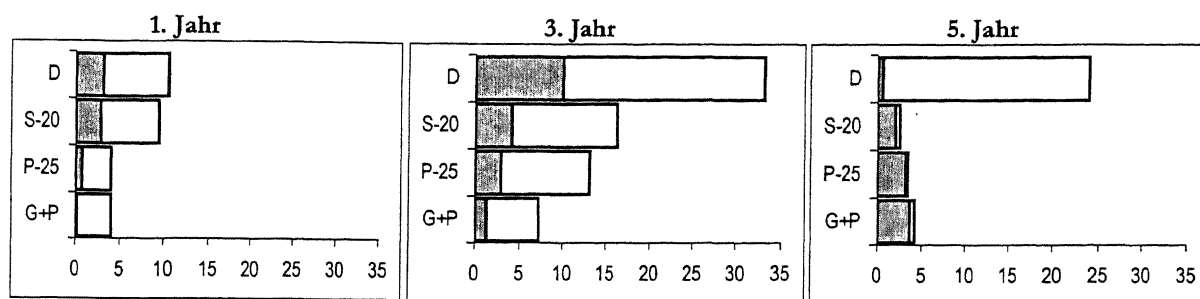


Gesamt
  Einkeimblättrige Unkräuter

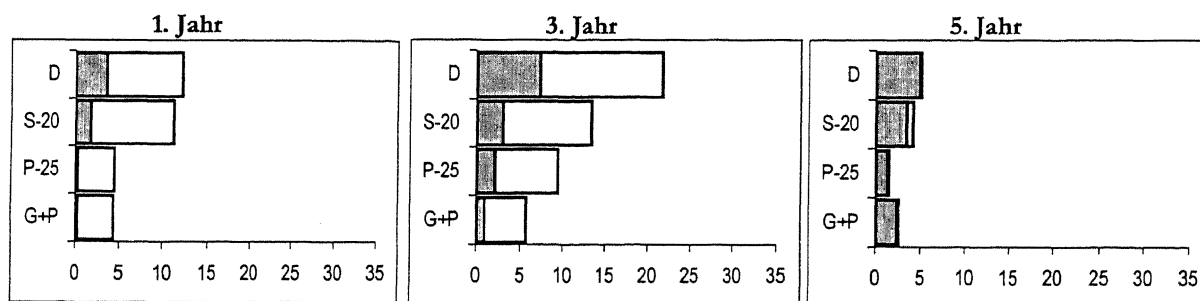
Fruchtfolge (1992–): Körnermais – Körnermais – Körnermais – Winterweizen – Körnermais  
 D = Direktsaat; S-20 = Scheibenege (16–20 cm); P-25H = Pflug (22–25 cm); G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

Abbildung 6: Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung, Mineraldüngung und Verunkrautung bei Mais (Gödöllö, Sommer 1992–1996)  
 Figure 6: Correlation between soil tillage, fertilization and weed infestation in maize (Gödöllö, Summer 1992–1996)

**Ohne Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %



**Bedarfsgerechte Düngung**  
Unkrautbedeckungsgrad %



Gesamt
Wärmebedürftige Unkräuter

Fruchtfolge (1992-): Körnermais – Körnermais – Körnermais – Winterweizen – Körnermais  
 D = Direktsaat; S-20 = Scheibenegge (16–20 cm); P-25H = Pflug (22–25 cm); G+P = Grubber (35–40 cm) + Pflug (22–25 cm)

Abbildung 7: Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung, Mineraldüngung und Verunkrautung bei Mais (Gödöllö, Sommer 1992–1996)  
 Figure 7: Correlation between soil tillage, fertilization and weed infestation in maize (Gödöllö, Summer 1992–1996)

Bearbeitungsvarianten unabhängig von der Düngung. Der Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung begünstigte ebenso die Ausbreitung der einkeimblättrigen Unkrautarten.

Die dominierenden Unkräuter des Mais gehören zum größten Teil zu den wärmebedürftigen Arten, deren Anteil an der Gesamtverunkrautung (nach Arten) im ersten Versuchsjahr in der Reihenfolge der Nährstoffversorgung bei 77–82–83 % lag. In den Jahren der Mais-Monokultur breiteten sich wärmebedürftige Unkrautarten zunehmend aus (Abb. 7). Beispielsweise verdreifachte sich der Bedeckungs-

grad unter den für Mais ungünstigsten Verhältnissen (Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung und Nährstoffversorgung). Auch bei Direktsaat zeigte sich eine geringere Verbreitung bei bedarfsgerechter Nährstoffversorgung. Das Weglassen der Düngung begünstigte die Verbreitung der wärmebedürftigen Unkräuter sowohl in der Scheibenegge als auch in der Pflugvariante. In den Grubbervarianten (in Kombination mit Pflug oder Scheibenegge) wurde die Zahl dieser Arten vermindert. Gleiches gilt bei allen Mais-Varianten mit Ausnahme von ungedüngten Direktsaatparzellen nach Winterweizen-Vorfrucht. Die erwähnte Ausnahme

steht mit Bedeckung durch Hühnerhirse in Zusammenhang. Die Zunahme der Bedeckung durch wärmebedürftige Unkrautarten wurde durch Mais-Monokultur und das Weglassen der Düngung beeinflusst.

### 3.3 Wechselwirkungen zwischen Bodenzustand und Ertrag

In Hinblick auf die Witterungs- und Bodenzustandsverhältnisse der zwei Untersuchungsperioden ergaben sich Unterschiede, und zwar zum Nachteil der zweiten Periode. Die Ertragsergebnisse der ersten fünfjährigen Versuchsperiode sind in der Tabelle 2 dargestellt. Die Reihenfolge des ersten Anbaujahres war im Durchschnitt der Mineraldüngungsstufen die Folgende: Herbstpflügen > Fräsen > Schei-

beneggen > Direktsaat > Fräsen in Streifen > Frühlingspflügen. Im Folgejahr nahm die Direktsaat aufgrund der Erträge die zweite Stelle ein. Nach dem dritten Versuchsjahr wiesen die Erträge nur in den zwei Frühlingsbearbeitungsparzellen (Pflügen und Scheibeneggen) niedrigere Werte als bei Direktsaat auf. Bei diesen Varianten wurden jedes Jahr niedrigere Ertragsergebnisse festgestellt, als in den Fräsvarianten. Die Erträge der Direktsaat erreichten unter günstigen Boden- und Nährstoffbedingungen das Niveau der Frühlingsbearbeitung.

Die Erträge der zweiten Untersuchungsperiode (Tab. 3) wurden durch zwei trockene Jahre, eine ungünstige Niederschlagsverteilung, sowie das Auftreten eines Verdichtungshorizontes unterhalb von 20–22 cm Bodentiefe begrenzt. Die Maiserträge erreichten ein wesentlich geringeres Niveau, als unter den gegebenen Standortverhältnissen

Tabelle 2: Einfluß der Bodenbearbeitung und der Düngung auf den Ertrag von Mais (Gödöllö 1977–1981)

Table 2: Effect of soil tillage and fertilization on maize yields (Gödöllö, 1977–1981)

Bodenbearbeitung	Düngung	Ertrag t·ha <sup>-1</sup>					
		1977	1978	1979	1980	1981	Mittel
Direktsaat (D)	Ungedüngt	6.21	6.45	6.86	3.74	3.08	5.27
	180 kg NPK/ha	6.48	7.56	7.53	4.48	5.25	6.27
	360 kg NPK/ha	7.21	8.01	8.11	5.18	6.27	6.96
	540 kg NPK/ha	7.74	8.41	8.39	5.74	5.86	7.22
	<b>Mittel</b>	<b>7.00</b>	<b>7.61</b>	<b>7.72</b>	<b>4.79</b>	<b>5.12</b>	<b>6.43</b>
Fräsen in Streifen (F-10S)	Ungedüngt	6.07	6.72	6.89	4.11	3.46	5.45
	180 kg NPK/ha	6.71	6.98	7.44	4.74	6.06	6.39
	360 kg NPK/ha	7.35	7.26	8.37	5.17	6.37	6.90
	540 kg NPK/ha	7.76	7.65	8.94	5.79	6.20	7.27
	<b>Mittel</b>	<b>6.97</b>	<b>7.15</b>	<b>7.91</b>	<b>4.95</b>	<b>5.52</b>	<b>6.50</b>
Fräsen (F-10)	Ungedüngt	6.34	6.84	7.15	4.73	2.69	5.55
	180 kg NPK/ha	6.94	7.52	7.85	5.40	5.18	6.58
	360 kg NPK/ha	7.47	7.93	8.32	5.99	5.40	7.02
	540 kg NPK/ha	7.71	8.15	8.73	6.53	4.97	7.22
	<b>Mittel</b>	<b>7.11</b>	<b>7.61</b>	<b>8.01</b>	<b>5.66</b>	<b>4.56</b>	<b>6.59</b>
Scheibeneggen (S-16)	Ungedüngt	6.31	6.33	6.07	4.13	3.21	5.21
	180 kg NPK/ha	6.98	6.99	6.62	5.23	4.15	5.99
	360 kg NPK/ha	7.25	7.62	6.97	5.68	5.10	6.52
	540 kg NPK/ha	7.66	8.43	7.63	5.90	5.64	7.05
	<b>Mittel</b>	<b>7.05</b>	<b>7.34</b>	<b>6.82</b>	<b>5.24</b>	<b>4.52</b>	<b>6.19</b>
Frühlingspflügen (S-22F)	Ungedüngt	6.17	6.87	6.37	3.32	4.33	5.41
	180 kg NPK/ha	6.77	7.35	7.04	4.32	5.54	6.20
	360 kg NPK/ha	6.90	7.82	8.21	4.89	5.37	6.64
	540 kg NPK/ha	7.43	8.31	9.11	5.75	6.30	7.38
	<b>Mittel</b>	<b>6.82</b>	<b>7.59</b>	<b>7.69</b>	<b>4.57</b>	<b>5.38</b>	<b>6.41</b>
Herbstpflügen (P-30H)	Ungedüngt	7.25	7.33	7.14	5.34	4.55	6.32
	180 kg NPK/ha	7.79	7.97	8.10	6.21	5.71	7.16
	360 kg NPK/ha	8.28	8.66	9.36	6.64	6.07	7.80
	540 kg NPK/ha	8.73	9.27	10.59	7.19	7.14	8.58
	<b>Mittel</b>	<b>8.01</b>	<b>8.31</b>	<b>8.80</b>	<b>6.35</b>	<b>5.87</b>	<b>7.47</b>
GD5%	Bodenbearb.	0.11	0.22	0.23	0.16	0.36	0.45
	Düngung	0.21	0.13	0.13	0.14	0.19	0.55
	BxD	ns	0.31	0.29	0.29	0.55	0.44

ns= nicht signifikant

Tabelle 3: Einfluß der Bodenbearbeitung und der Düngung auf den Ertrag von Mais (Gödöllő 1992–1996)  
 Table 3: Effect of soil tillage and fertilization on maize yield (Gödöllő 1992–1996)

Bodenbearbeitung	Düngung	Ertrag t·ha <sup>-1</sup>				Mittel
		1992	1993	1994	1996	
Direktsaat (D)	Ungedüngt	1.24	0.50	0.78	1.97	1.12
	200 kg NPK/ha	1.65	0.67	1.68	2.41	1.60
	400 kg NPK/ha	1.74	0.54	3.11	3.83	2.31
	<b>Mittel</b>	<b>1.54</b>	<b>0.57</b>	<b>1.86</b>	<b>2.74</b>	<b>1.68</b>
Scheibeneggen (S-20)	Ungedüngt	2.11	1.15	0.72	2.16	1.54
	200 kg NPK/ha	2.76	1.29	1.51	3.02	2.15
	400 kg NPK/ha	2.81	1.51	2.70	4.10	2.78
	<b>Mittel</b>	<b>2.56</b>	<b>1.32</b>	<b>1.64</b>	<b>3.09</b>	<b>2.15</b>
Pflügen (P-25H)	Ungedüngt	2.19	1.73	1.85	4.16	2.48
	200 kg NPK/ha	3.08	2.25	3.68	4.80	3.45
	400 kg NPK/ha	3.53	2.66	4.21	5.71	4.03
	<b>Mittel</b>	<b>2.93</b>	<b>2.21</b>	<b>3.25</b>	<b>4.89</b>	<b>3.32</b>
Grubbern+ Scheibeneggen (G+S)	Ungedüngt	2.35	2.29	1.86	4.10	2.65
	200 kg NPK/ha	3.27	2.74	2.26	4.99	3.32
	400 kg NPK/ha	3.66	3.21	2.40	5.70	3.74
	<b>Mittel</b>	<b>3.09</b>	<b>2.75</b>	<b>2.17</b>	<b>4.93</b>	<b>3.24</b>
Grubbern+ Pflügen (G+P)	Ungedüngt	2.36	3.05	1.95	3.55	2.73
	200 kg NPK/ha	3.58	3.72	2.26	5.32	3.72
	400 kg NPK/ha	4.22	4.05	2.35	5.74	4.09
	<b>Mittel</b>	<b>3.39</b>	<b>3.60</b>	<b>2.18</b>	<b>4.87</b>	<b>3.51</b>
GD <sub>5</sub> %	Bodenbearb.	0.27	0.13	0.16	0.52	0.79
	Düngung	0.10	0.11	0.16	0.29	0.36
	BxD	0.32	0.19	0.24	ns	ns

ns = nicht signifikant

zu erwarten wäre. Aufgrund der Ergebnisse der Varianzanalyse sind in den ersten drei Jahren die Faktoren der Bodenbearbeitung und Mineraldüngung signifikant. Im sechsten Produktionsjahr, sowie im Durchschnitt der vier Maisanbaujahre war zwar der Effekt beider Faktoren signifikant, aber ihre Auswirkung nicht. Die Reihenfolge der Erträge nach Bearbeitungsvarianten war die Folgende: Grubbern + Pflügen > Grubbern + Scheibeneggen > Pflügen > Scheibeneggen > Direktsaat.

Eine wichtige Folgerung der zweiten Untersuchungsperiode ist, daß sich unter ungünstigen Standortverhältnissen sowohl die Direktsaat als auch die flache Scheibeneggenbearbeitung als riskante Methoden darstellen. Die Grubberbearbeitung ist als Verfahren, das die unerwünschten Bedingungen mindern kann, zu beurteilen. Die Bearbeitungsverfahren können durch die Ertragswirkung der Düngung bewertet werden. Die größten Unterschiede zeigten sich in den Ertragsmengen zwischen ungedüngten und mit Nährstoffen bedarfsgerecht versorgten Direktsaatparzellen (206 %). Dies bestätigt erneut den ertragsmindernden Effekt der Maisproduktion durch Weglassen von Düngung und jeglicher Bearbeitung. Es kann aufgrund der Ergebnisse festgestellt werden, daß mit Pflug- oder Grubberbearbei-

tung ohne zusätzliche Düngung in extrem dürrer Jahren keine standortgerechten Ertragsmengen erreicht werden können.

#### 4. Diskussion

Die Bedürfnisse des Maises hinsichtlich des Bodenzustandes müssen in jedem Fall restlos gesichert werden, insofern die dazu benötigten Bearbeitungsverfahren keine Schäden für die Umwelt verursachen (BIRKÁS, 1987; NAGY, 1996). Von dieser Überlegung ausgehend können die Bodenbearbeitungssysteme von Mais geordnet werden. In größtem Maße beeinflussen Tiefe und Art der Verfahren bzw. das Weglassen der Grundbodenbearbeitung den Schutz des Bodens (SIPOS, 1978; MENYHÉRT, 1985). Die tiefe Grundbodenbearbeitung – tiefere Lockerung und Pflügen – wirkt sich durch die Verbesserung der Unterkrume indirekt vorteilhaft auf den Ertrag von Mais aus (SIPOS, 1978; KISMÁNYOKY und BALÁZS, 1996; NAGY, 1996). Dieser letzteren Behauptung widerspricht aber, daß erwünschte Ertragsmengen und Bodenschutzwirkungen auch durch Flachbearbeitung und Direktsaat erreicht werden können. Als grundsätzliche Bedingung für

eine bodenschonende Bearbeitung wird von amerikanischen Autoren (SCHERTZ, 1988; CARTER und KUNELIUS, 1990; BARTON und FARMER, 1997; SALINAS-GARCIA et al., 1997) das Belassen der Ernterückstände an oder nahe der Oberfläche genannt, wobei der Boden vor der Saat mindestens 30 % mit Ernterückständen bedeckt sein sollte. Unter unseren Versuchsverhältnissen ist es notwendig, den Bodenschutz und die Melioration der Unterkrume mit dem Anbau von Pflanzen zu verbinden, welche auf die tiefere Bearbeitung mit einer Ertragssteigerung reagieren (SIPOS, 1978; NAGY, 1996). Die mindestens 40–45 cm tiefe Lockerung mit dem Grubber trägt auf dem angeführten Standort zur Steigerung der Ertragsmenge um 6–30 % durch die begünstigte Wasserwirtschaft und die veränderten physikalischen sowie biologischen Bodeneigenschaften bei. Die Grubberbearbeitung ist nicht nur unter den ökologischen Verhältnissen des Versuches von großer Bedeutung, sondern auf allen Bodenarten im pannonischen Produktionsgebiet (SIPOS, 1978; BIRKÁS, 1987; KISMÁNYOKY und BALÁZS, 1996; NAGY, 1996).

Das 22–25 cm tiefe Pflügen kann im Bearbeitungssystem des Mais als konventionell betrachtet werden, seine Vorteile sind schon auf den meisten Bodenarten bestätigt worden (SIPOS, 1978; GYÖRFFY, 1990; FENYVES, 1996; NAGY, 1996). Eine kritische Betrachtung der wendenden Bearbeitung mit Pflug wurde mit Entwicklung der energiesparenden Methoden, ferner durch Erkennung der Schadwirkungen der Pflugsohlen verstärkt (CANARACHE, 1991; SCHERTZ, 1988; OUWERKERK und SOANE, 1994). In unserem Versuch konnte die Verdichtung schon im zweiten Vegetationsjahr bewiesen werden, die in trockenen Jahren den Ertrag negativ beeinflusst hat (BIRKÁS, 1987; FENYVES, 1996).

Die flache Grundbodenbearbeitung mit Scheibenegge wurde bisher in erster Linie aus ökonomischen Überlegungen vor dem Mais eingesetzt. Der Ertrag wird durch flache Herbstbearbeitung bis zu 40 % vermindert. Eine Ertragsminderung konnte nicht festgestellt werden, wenn der Zustand der Unterkrume günstig war. Die Verwendung der Scheibenegge für die Grundbodenbearbeitung ermöglichte in unserem Versuch die Untersuchung und Bestätigung der Schadwirkungen der Verdichtung in der Oberkrume in trockenen Vegetationsperioden.

Die Direktsaat hat sich in Ungarn in der landwirtschaftlichen Praxis auch nach 35 Jahren nicht etabliert, aber in Bodenbearbeitungsversuchen ist sie eine allgemein verwendete Variante, da der ungestörte Bodenzustand, die Verunkrautung, die Düngungseffekte und die Pflanzenschutzprobleme durch ihren Einsatz relativ einfach zu untersuchen sind. Der Zeitraum des kontinuierlichen Einsatzes

von Direktsaat wird von mehreren Autoren in Abhängigkeit des Standortes mit 2–10 Jahren angegeben (LITTLE, 1992; BIRKÁS, 1995a; KAPUSTA et al., 1996). Es ist eine generelle Erfahrung, die auch in unserem Versuch bestätigt worden ist, daß die Bodenverdichtung ab dem dritten Anbaujahr ein die Produktion begrenzender Faktor wird. Zugleich sind die ersten zwei Jahre wegen der größeren Verunkrautung ungünstig, welche sich in dritten und vierten Jahren verminderte, aber dann wieder zunahm. Auch die Unkrautzusammensetzung wird durch die Bodenverdichtung beeinflusst: die Bedeckung durch charakteristische Unkräuter bei ungestörtem Bodenzustand ist ab dem dritten bzw. vierten Vegetationsjahr signifikant höher als die Bedeckung mit für einen Maisstandort typischen Unkräutern (YOUNG, 1982; RADICS, 1989; FENYVES, 1996).

Es kann auch ein Zusammenhang zwischen dem Bodenzustand und der Düngung festgestellt werden. Aus dieser Sicht wird der Ertrag durch die tiefere oder wendende Bearbeitung auch bei niedrigerer Nährstoffausbringung gesteigert (GYÖRFFY, 1990; KISMÁNYOKY und BALÁZS, 1996). Der Maisertrag wurde durch die flache Bearbeitung und Direktsaat auf allen Düngungsniveaus vermindert. Gleichzeitig konnte bewiesen werden, daß 70–80 % des Ertragsoptimums der Grubber- und Pflugbearbeitung bei bedarfsgerechter Nährstoffversorgung zu erreichen sind.

Der Verzicht auf Bearbeitung und Düngung sowie die flache Bearbeitung ohne Mineraldüngung gelten als die Verunkrautung steigernde Faktoren, deren Wirkung durch einen Mais-Winterweizen-Fruchtwechsel vermindert werden kann. Der unkrautmindernde Effekt der Kulturpflanze wird durch das bedarfsgerechte Nährstoffniveau in Zusammenhang mit der Bestandesdichte von Mais positiv beeinflusst. Die Zahl der mehrjährigen Unkrautarten wurde durch die regelmäßig durchgeführte Lockerung mit Grubber zurückgedrängt. Gleiches gilt für das Pflügen kombiniert mit Grubberbearbeitung. Es besteht gemäß der Literatur ein starker Zusammenhang zwischen dem Verzicht auf die Bearbeitung, der Verminderung der Bearbeitungstiefe und der Verbreitung der einkeimblättrigen Unkräuter (BARANYAI, 1986; FENYVES, 1996). Der Körnermais-Winterweizen-Fruchtwechsel ermöglichte in unserem Versuch die Verhinderung der Verbreitung von einkeimblättrigen Unkrautarten. Die dominierenden Unkräuter von Mais gehören zu den wärmebedürftigen, einjährigen Arten und ihr Anteil an der Gesamtverunkrautung kann 70 % erreichen.

Die Verbreitung der Direktsaat wird im pannonischen Produktionsgebiet Ungarns in der Praxis größtenteils durch

die Ertragsminderung verhindert, die im Vergleich zur Pflugbearbeitung um 5–49 %, zur Flachbearbeitung mit Scheibenegge um 0–28 % betragen kann (SIPOS, 1978; GYÖRFFY, 1990; KISMÁNYOKY und BALÁZS, 1996; NAGY, 1996). Die Ertragsminderung wird durch Bodenverdichtung, den Mangel an Nährstoffen, Monokultur und Verunkrautung verursacht (BIRKÁS, 1995b; FENYVES, 1996). Die Bodenschutzwirkung der Direktsaat wurde in erster Linie für hängige und erosionsgefährdete Flächen bewiesen, es ist aber nicht empfehlenswert diese auf demselben Standort über 3–5 Jahre hinaus einzusetzen (WINKNER, 1989; KAPUSTA et al., 1996).

## Literatur

- ALLEN, R. R. and G. R. FENSTER (1986): Stubble-mulch equipment for soil and water conservation in the Great Plains. *Soil and Water Conservation* 41 (1), 11–16.
- BALL, B. C. (1994): Experience with minimum and zero tillage in Scotland. EC Workshop – I – Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Giessen, 27–28 June, 1994. Proc. 15–24.
- BARANYAI, F. (1986): Búzatermesztés-talajművelés nélkül. *Növényvédelem*, 22 (2), 75–79.
- BARTON, D. R. and M. E. FARMER (1997): The effect of conservation tillage practices on benthic invertebrate communities. *Can. Env. Poll.* 96 (2), 207–215.
- BIRKÁS, M. (1987): A talajművelés minőségét befolyásoló agronómiai tényezők vizsgálata. Kandidátusi értekezés, Gödöllő.
- BIRKÁS, M. (1993): 1994: Siker és kétely útján. A művelés nélküli (direkt) vetés. I. *Agrofórum* 4 (9), 5–6, II. 5 (2), 19–20.
- BIRKÁS, M. (1995a): A művelés nélküli direktvetés alkalmazhatósága, előnyei és korlátai. In: BIRKÁS M. *Energia-takarékos, talajvédő és kímélő talajművelés*. GATE KTI, Gödöllő. 111–125.
- BIRKÁS, M. (1995b): Talajművelési kísérletek eredményei. Előadások KSZE Rt. Kukorica bemutatókon, szept. 6., 7. Gödöllő, kézirat.
- CANARACHE, A. (1991): Factors and indices regarding excessive compactness of agricultural soils. *Soil Till. Res.* 19, 145–164.
- CANNELL, R. Q. (1985): Reduced tillage in North-West Europe – A review. *Soil Tillage Res.* 5, 129–177.
- CARTER, M. R. and H. T. KUNELIUS (1990): Adapting conservation tillage in cool, humid regions. *Soil and Water Conserv.* 45 (4), 454–456.
- CHRISTENSEN, L. A. and R. S. MAGLEBY (1983): Conservation tillage use. *J. of Soil and Water Conserv.* 38 (3), 156–157.
- DEMO, M. und B. KOLLÁR (1992): Vplyv dlhodobého minimalného obránia pody na úrody pestovaných plodín v podmienkach juhozápadného Slovenska. In: *Zborník z vedeckej konferencie*. Nitra, 1992. 82–90.
- DVORACEK, M. (1968): Penetrométer a talaj mechanikai ellenállásának szabadföldi méréséhez. *Agrokémia és Talajtan*, 17 (3), 319–324.
- ERDEI, P. (1971a): A kukorica és egyéb elővetemények utáni direktvetés. In: *A gabonatermesztési és nemesítési kutatás eredményei és a gyakorlat*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 24–24.
- ERDEI, P. (1971b): A diquat és paraquat gyomirtószerekkel folytatott kísérletek összefoglaló értékelése. *Tanulmány*, OMFB, Budapest.
- FENYVES, T. (1996): A fenntartható gazdálkodás néhány agronómiai feltétele, különös tekintettel a művelés hatásra, a gyomosságra, és a trágyázásra. Ph. D. értekezés, Gödöllő.
- FORTUNE, T. (1994): Direct drilling and reduced cultivation in Ireland. EC Workshop-I. Giessen, 27–28 June, 1994. Proc. 33–38.
- FRYE, W. W. and C. W. LINDWALL (1986): Zero-tillage research priorities. *Soil Tillage Res.* 8, 311–316.
- GYÖRFFY, B. (1964): Hozzászólás "A talaj mélyművelése" vitáin, MTA Agrártud. Oszt. Közl. 13 (3–4), 362–370.
- GYÖRFFY, B. (1990): Tartamkísérletek Martonvásáron. In: *Martonvásár második húsz éve* (Szerk. Kovács I.) Martonvásár, 114–118.
- GYÖRFFY, B. und J. L. SZABÓ (1969a): A zero, minimum és normál tillage vizsgálata tartamkísérletekben. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968*. (Szerk. I'só I.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 143–155.
- GYÖRFFY, B. und J. L. SZABÓ (1969b): Tavasz szántás, minimum tillage és a direktvetés lehetősége a kukoricatermesztésben. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968*. (Szerk. I'só I.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 136–142.
- GYÖRFFY, B. und J. L. SZABÓ (1979): A talajművelés optimális mélysége és a no tillage vizsgálata kukorica monokultúrában. *Kukoricatermesztési Kísérletek 1968–1974* (Szerk. Bajai J.) Akadémiai Kiadó, Budapest 189–206.
- KÁPOSZTA, J. (1973): A talajművelés csökkentési lehetősége csernozjom talajon őszi búza és kukorica termesztése esetén. *Jubileumi Tud. Ülésszak Kiadv.* Karcag, 67–74.

- KAPUSTA, G., R. ZELJON and P. HAVRONIN (1996): Corn yield is equal conventional, reduced and no tillage after 20 years. *Agron J.* 88 (5), 812–817.
- KISMÁNYOKY, T. und J. BALÁZS (1996): Keszthely tartamkísérletek. ATE Keszthely.
- KOCSIS, I. und S. DARÓCZI (1995): Új fejlesztési eredmények az elektronikus talajvizsgáló nyomószondával. DATE Föisk. Kar. Szarvas, Kézirat.
- KOLTAY, Á. (1971): Kísérletek az őszi búza és a tavaszi árpa talajművelés nélküli (direkt) vetésével. In: Búzatermesztési kísérletek 1960–1970. (Szerk. Bajai J.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 459–463.
- KOLTAY, Á. (1974): Talajművelés nélküli búzatermesztés monokultúrában *Talajtermékenység*, 5: 11–17.
- KOLTAY, Á. (1975): Az őszi búza direkt vetése (talajművelés nélküli termesztése) In: Búzatermesztés és nemesítés (Koltay Á.-Balla L.) *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest, 76–81.
- KONSTANTINOVIC, J. (1982): Uperedno ispitivanje klasicne i minimalne obrade i direktne setve bez obrade fizicke osobine zemljista, razvoj i prinos ozime pšenice i kukuriza u dvopolju. *Savremena Poljopriveda*, Novi Sad, 1–2, 6–79.
- KOVÁC, K. (1991): The effect of conventional and minimum tillage on physical properties of soil and on winter wheat grain yield. *Vedecké práce; V.U.R.V. Piestanoch*, 116–127.
- KOVÁTS, A. (1974): Talajművelési kísérletek kukorica monokultúrában. *Talajtermékenység*, 5, 1–9.
- LACKO-BARTOSOVÁ, M. (1990): The changes in the physical properties of soil as a result of cultivation in winter wheat growing. *Rostlinna Vyroba*, 36 (2), 131–138.
- LITTLE, D. L. (1992): Tillage tilts toward conservation. *Farm Chemicals*, 155 (2), 16–18.
- MENYHÉRT, Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest.
- MORGUN, F. T., N. K. SIKULA and V. MALJUK (1983): Poczvozascsitnoe zemledebie. *Urozsaj*, Kiev.
- NAGY, J. (1996): A műtrágyázás és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*, 45 (3), 297–305.
- OUWERKERK, C. and F. R. VAN-BOONE (1970): Soil physical aspects of zero-tillage experiments. *Neth. J. Agr. Sci.* 18, 247–261.
- OUWERKERK VAN, C. and B. D. SOANE (1994): Soil compaction problems in world Agriculture In: SOANE B. D., OUWERKERK, C. VAN (Ed.): *Soil compaction in crop production*. Elsevier Science B.V. Amsterdam, 1–21.
- PILÁT, A. and M. LACKO-BARTOSOVÁ (1990): The influence of the date and depth of soil tillage on variations of soil moisture contents in winter wheat stands. *Rostlinna Vyroba*, 36 (6), 561–572.
- PUSZTAI, A. und B. KAZÓ (1968): Új módszer a lejtős területek talajvédelmére. *MTA Agr. Tud. Oszt. Közl.* 15, 1–12.
- RADICS, L. (1989): Agroökológiai tényezők hatása a szántóföldi gyomnövényzetre. *Kandidátusi értekezés*, Gödöllő.
- SALINAS-GARCIA, J. R., G. B. DERMIN and D. R. EDWARDS (1997): Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am.* 61 (1), 152–159.
- SCHERTZ, D. L. (1988): Conservation tillage: An analysis for acreage projections in the United States. *J. Soil and Water Conservation*, 43 (3), 256–260.
- SIPOS, S. (1972): A talajművelés csökkentési lehetőségeinek és a trágyázás hatékonyságának vizsgálata tartamkísérletekben. *Növénytermelés I.* 21 (4), 349–360, *II.* 22 (1), 45–60.
- SIPOS, S. (1973): Talajművelési kutatások tanulmányozása 1972 évben Angliában. *Utijelentés, kézirat*, Karcag.
- SIPOS, S. (1978): Talajművelés. In: *Földműveléstan* (szerk. Lőrincz J.) *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest, 156–266.
- SVÁB, J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- ÚJVAROSI, M. (1973): *Gyomnövények*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 832.
- WINKNER, I. (1989): *Discuss. J. Soil and Water Cons.* March-April, 117–120.
- YOUNG, H. M. (1982): No-tillage farming. *No-Till Farmer*, Inc. Brookfield, Wisconsin.

### **Anschrift der Verfasser**

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Márta Birkás, Dipl.-Ing. Csaba Gyuricza, Agraruniversität Gödöllő, Institut für Pflanzenproduktion, Péter K. út 1, H-2103 Gödöllő;  
e-mail: gyurica@nt.ktg.gau.hu

Eingelangt am 30. September 1999  
Angenommen am 28. Dezember 1999