

☒ Nievergelt J. und Weisskopf P., 1993. Bestimmung des mineralischen Stickstoff-Gehaltes von Böden; Charakterisierung von drei Beprobungsmethoden. *Bull. Bodenkundl. Ges. Schweiz* 17, 57-60.

☒ Pfiffner L., 1998. Bodenseparierung Kartoffelanbau: Effekte auf Regenwürmer? *Agrarforschung* 5 (10), 455-458.

☒ Spiess E., Näf E., Ammann H. und Heusser J., 1992. Bodenseparierung im Kartoffelbau. FAT-Bericht Nr. 422, 13 S.

☒ Walther U., 1996. N-Aufnahme durch Kartoffeln und  $N_{min}$ -Gehalte des Bodens. *Agrarforschung* 3 (2), 61-64.

☒ Walther U., 1998. Mündl. Mitteilung.

☒ Zihlmann U., Weisskopf P., Anken T. und Rüttimann M., 1996a. Bodenseparieren beim Kartoffelanbau. *Bull. Bodenkundl. Ges. Schweiz* 20, 25-28.

☒ Zihlmann U., Weisskopf P., Anken T. und Rüttimann M., 1996b. Böden durch Separieren mehr beansprucht? *Landfreund* Nr. 12, 31-35.

## SUMMARY

### Soil nitrogen dynamics after stone and clod windrowing (soil separation technique) in potato fields

We compared the effect of this new technique and of traditional seed bed preparation on soil nitrogen dynamics. The soil in this trial tended to stay in clods after seed bed preparation with a rotary harrow (traditional method). With the stone and clod windrowing technique, both clods and stones were separated from the fine soil before planting and laid in bands between the rows. Suction cups were used as soil water samplers to determine the nitrate and ammonium content in the soil water. Nitrogen mineralization was similar with the two cultivation methods. The stone and clod windrowing technique increased the potato yield by 11%.

**KEY WORDS:** potato cropping system, stone and clod windrowing, soil water sampling, nitrogen, suction cups

## RÉSUMÉ

### Dynamique de l'azote après tamisage (séparation du sol) en culture de pommes de terre

Pour en savoir plus sur la dynamique de l'azote, nous avons comparé les effets de la nouvelle technique de tamisage avec la préparation traditionnelle. Dans notre essai, le sol choisit avait tendance à former des grumeaux en préparation traditionnelle (herse rotative). Par le tamisage, les grumeaux et les pierres sont séparés des parties fines du sol et déversés dans l'entre billon. Pour mesurer le nitrate et l'ammonium dans la solution du sol, nous avons utilisé des bougies poreuses. Nous n'avons pas constaté de grandes différences concernant la minéralisation de l'azote entre les deux techniques de préparation du sol. Le tamisage a eu un effet positif sur le rendement (+11%).

## UMWELT



# Bodenseparierung Kartoffelanbau: Effekte auf Regenwurmfauna?

Lukas PFIFFNER, Gruppe Nützlingsförderung und Pflanzenschutz, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Ackerstrasse, CH-5070 Frick  
 Auskünfte: Lukas Pfiffner, e-mail: lukas.pfiffner@fibl.ch, Fax +41 (0)62 865 72 73, Tel. +41 (0)62 865 72 72

**Mit der Technik der Bodenseparierung wird im Kartoffelanbau ein zusätzlicher, grosser Eingriff in das Bodenleben vorgenommen. Es bestehen beträchtliche Wissenslücken bezüglich den Auswirkungen auf wesentliche umweltrelevante Parameter wie Bodentiere, Stickstoffmineralisierung, Verschlammungs-, Erosions-, Verdichtungsneigung und Bodenstruktur. Die Effekte der Bodenseparierung auf die Regenwürmer wurden deshalb im Rahmen einer 2-jährigen Feldstudie untersucht. Sie hat gezeigt, dass die Regenwürmer dadurch stärker geschädigt werden als mit dem herkömmlichen Anbauverfahren.**

Die Bodenbearbeitung bedeutet immer einen tiefgreifenden Eingriff in das Bodenleben. Neben der Fruchtfolge, der Düngung und dem Pflanzenschutz stellt sie eine der zentralen Einflussgrössen dar. Grössere Bodentiere, insbesondere die Regenwürmer, werden vor allem durch rotierende Bodenbearbeitungsgeräte (z.B. Bodenfräse) und den Pflug beeinträchtigt. Pfluglose Verfahren und Minimalbodenbearbeitung schädigen hingegen die Bodenfauna deutlich weniger (Wyss und Glasstetter 1992; Maillard und Cuendet 1997). Auch in Obstanlagen wurden Effekte unterschiedlicher Bodenpflegeverfahren auf die Regenwürmer festgestellt (Hauser und Pfiffner 1997). Wichtige Bodenfunk-

tionen, die durch die Regenwürmer beeinflusst werden, wie z.B. der Abbau der organischen Substanz (Friebe und Henke 1992) oder die Wasserinfiltration (Willoughby *et al.* 1997) werden bei bodenschonenden Verfahren weniger beeinträchtigt. Generell beeinflusst die Anbautechnik und -intensität (biologisch, integriert oder konventionell) das Vorkommen von Regenwürmern (Pfiffner *et al.* 1993; Pfiffner und Mäder 1997) oder nützlichen Gliedertieren (Pfiffner 1997) wesentlich.

## Warum Bodenseparierung?

Die Technik der Bodenseparierung wurde in Schottland entwickelt. Sie wird heute

hauptsächlich von Produzenten eingesetzt, bei denen der Kartoffelanbau ein wichtiger Betriebszweig ist. Steine und Schollen der obersten Bodenschicht werden von der Feinerde abgetrennt und neben dem Damm in einem Band bis etwa 20 bis 25 cm Tiefe separat abgelegt. Das Ziel ist, eine rationellere Ernte auf skeletthaltigen oder zur Schollenbildung neigenden Böden und eine Verminderung der Beschädigung des Erntegutes. Die Verfahrenskosten fallen bei stark beimengungshaltigen Böden erst bei Anbauflächen über 4 ha günstiger aus als beim herkömmlichen Anbau. Im Direktvergleich konnte in bisherigen Untersuchungen kein Einfluss auf den Knollenertrag festgestellt werden. Technische und arbeitswirtschaftliche Details werden im FAT-Bericht 422 umfassend erläutert (Spiess *et al.* 1992).

## Mögliche Probleme

Durch die Separierung wird der Boden entmischt und die Bodenstruktur stärker beansprucht (Rollbänder), was das Verschlammungsrisiko vor allem bei leichte-

ren Böden erhöhen kann. Durch das Entfernen stabiler Bodenteilchen (Steine, Kluten) in der Dammszone steigt das Verdichtungsrisiko in den Folgekulturen. Je nach Bodenfeuchte kann es in den Ablagebändern bei schollenreichen, lehmigen Böden zu starken Verdichtungen kommen, die die Wassereinsickerung und den Luftaustausch deutlich hemmen (Zihlmann *et al.* 1996). In steinreichen Ablagebändern sind Trockenheitsschäden in den Folgekulturen nicht unwahrscheinlich, und das Lockern verdichteter Bänder kann im folgenden Jahr zu Problemen führen (Querbearbeitung, Energieaufwand). Man nimmt an, dass negative Effekte auf die Bodenstruktur und die Bodentiere umso grösser sind, je feiner separiert wird. Die optimale Einstellung der Separierungsgrösse, abgestimmt auf die Erntemaschinen, ist somit sehr entscheidend. Generell gilt auch bei der Bodenseparierung, sie nur bei idealen, trockenen Bodenverhältnissen durchzuführen, um Bodenschäden zu minimieren.

## Aktuelle Wissenslücken

Mit der Technik der Bodenseparierung wird im Kartoffelanbau ein zusätzlicher, grosser Eingriff in das Bodenleben vorgenommen. Zurzeit fehlen Angaben über die Auswirkungen dieses Verfahrens auf Bodentiere und Stickstoffmineralisierung sowie Verschlämmungs-, Erosions- und Verdichtungsneigung weitgehend.

Die Effekte der Bodenseparierung auf die Regenwürmer wurden im Rahmen einer 2-jährigen Feldstudie untersucht. Sie gelten bekanntlich als wichtige Bioindikatoren für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit.

Die Stickstoffmineralisierung ist auf der gleichen Untersuchungsfläche von Zihlmann *et al.* (1998) untersucht worden. Sie fanden keine erhöhten Stickstoffgehalte in der Bodenlösung der separierten Fläche.

## 2-jährige Feldstudie

Das FiBL hat in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) 1996 und 1997 den Regenwurmbesatz vor und an zwei Zeitpunkten nach der Bodenbearbeitung auf einer vergleyten Kalkbraunerde (Hedingen, Kt. Zürich) untersucht. Weitere Daten zum Standort und zur Bewirtschaftung siehe Zihlmann *et al.* 1998. Das separierte und das herkömmliche Verfahren wurden jeweils vorgängig gepflügt. Danach wur-

**Tab. 1. Auswirkungen der Bodenseparierung im Kartoffelanbau auf den Regenwurmbesatz**

Herkömmlich entspricht dem konventionellen Verfahren mit Pflug und 2x Kreiselegge

	Erhebungszeitpunkt	Situation Ackerfläche	Biomasse		Dichte	
			Gramm pro m <sup>2</sup>		Ind. pro m <sup>2</sup>	
Untersuchungsfläche						
Ausgangssituation	24.4.1996	Klee gras als ZF <sup>1</sup>	171 a	164 a	247 a	239 a
			H	S	H	S
Nach Bodenbearbeitung		Kartoffeln				
☒ im Ablageband bzw. Furche	15.5.1996		98 a	57 b	155 a	99 b
☒ im Dammbereich	15.5.1996		85 a	98 a	142 a	174 a
im Folgejahr	16.4.1997	Wintergerste	79 a	63 a	183 a	99 b

Angaben mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey HSD Test, p < 0,05).

<sup>1</sup> Zwischenfrucht

H: Herkömmlich; S: Separiert

**Tab. 2. Angaben über die in der Untersuchungsfläche nachgewiesenen Regenwurmarten**

Ausnahmen bilden die epigäische Arten (*L. castaneus*, *E. fetida*)

Art (Abkürzung)	Ökologische Gruppe	Lebensraum	Generationsdauer	Ernährung	Grösse (cm) <sup>3</sup>
<i>Lumbricus terrestris</i> (Luter)	anözisch <sup>1</sup>	auf und im Boden, bis in mineralische Horizonte	lang	organisches Material	13-25
<i>Nicodrilus nocturnus</i> (Nnoct)	anözisch <sup>1</sup>		lang		9-15
<i>Nicodrilus longus</i> (Nlong)	anözisch <sup>1</sup>		lang		13-17
<i>Allolobophora rosea</i> (Alros)	endogäisch <sup>2</sup>	Oberboden, meist in 5-15 cm Tiefe (Wurzelsbereich)	mittel	Gemisch von organischem + mineralischem Bodenmaterial	4-8
<i>Nicodrilus caliginosus</i> (Ncal)	endogäisch <sup>2</sup>		mittel		5-8
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Alchl)	endogäisch <sup>2</sup>		mittel		3-8
<i>Octolasion cyaneum</i> (Ocyan)	endogäisch <sup>2</sup>		mittel		6-14
Vertreter der 3. ökol. Gruppe <sup>4</sup>					
<i>Lumbricus castaneus</i>	epigäisch	Streubewohner	mittel	organisches Material	3-6
<i>Eisenia fetida</i>	epigäisch	nur Kompost	kurz <sup>5</sup>		5-12

<sup>1</sup> Mittelgrösse, mittel bis stark pigmentierte Regenwürmer (Vertikalbohrer), bauen permanentes Röhrensystem, relativ lange Lebensdauer, agrarökologisch wichtige Arten

<sup>2</sup> Kleine, meist gänzlich unpigmentierte Regenwürmer, mittlere Lebensdauer (Horizontalbohrer)

<sup>3</sup> Cuendet 1995

<sup>4</sup> Im Versuch nicht nachgewiesene Arten

<sup>5</sup> Hohe Vermehrungsrate gekoppelt mit hohen Temperatursprüchen (Optimum 25°C; 1 Nachkomme pro Tag!)

**Tab. 3. Relative Abnahme des Regenwurmbesatzes in den zwei Anbauverfahren im Vergleich zum Ausgangsbestand (Referenzwert = 100 %)**

	Erhebungszeitpunkt	Situation Ackerfläche	Biomasse		Dichte	
			Gramm pro m <sup>2</sup>		Ind. pro m <sup>2</sup>	
Untersuchungsfläche						
Ausgangssituation	24.4.1996	Klee gras als ZF <sup>1</sup>	100	100	100	100
			H	S	H	S
Nach Bodenbearbeitung		Kartoffeln				
☒ im Ablageband bzw. Furche	15.5.1996		57	35	63	41
☒ im Dammbereich	15.5.1996		50	60	57	73
Im Folgejahr	16.4.1997	Wintergerste	46	38	74	41

<sup>1</sup> Zwischenfrucht

H: Herkömmlich; S: Separiert

de im herkömmlichen Verfahren zweimal die Kreiselegge und im separierten Teil der Beetformer, die Keilzinkenegge zur Bearbeitung der Beete und der Separator eingesetzt.

Die Regenwürmer wurden mit einer kombinierten Standardmethode erfasst: Aus-

treibung mit Senfpulverlösung (0,33 %) und anschliessender Handauslese der obersten 15 cm des Bodens (Emmerling 1995). Pro Verfahren beziehungsweise Flächenkompartiment und Zeitpunkt wurden je sechs Stichproben zu 0,25 m<sup>2</sup> genommen.



Abb. 1. Handauslese der Regenwürmer nach der Austreibung mit Senfpulverlösung am 15. Mai 1996. Vorderer Bereich ist separiert, hinterer Teil herkömmlich bearbeitet (Foto: C. König).

## Weniger Regenwürmer bei Bodenseparierung

Der Regenwurmbesatz war vor der Bodenbearbeitung nach Wintergerste (1995) und Klee graswiese als Zwischenkultur in der Ausgangssituation mit durchschnittlich 239 bis 247 Regenwürmern pro m<sup>2</sup> und 164 bis 171 g/m<sup>2</sup> Regenwurmbiomasse deutlich am höchsten und somit für Ackerböden auf einem relativ hohen Niveau (Tab. 1). Wir haben drei anözische (Vertikalbohrer) und vier endogäische Regenwurmartens (Horizontalbohrer) nachgewiesen, die oberirdisch lebenden Streubewohner waren wegen mangelnder Auflage von organischem Material nicht vorhanden (Tab. 2). Die Verteilung der Regenwürmer in der Untersuchungsfläche war in der Ausgangssituation recht homogen, so dass ideale Versuchsbedingungen vorlagen.

Kurz nach erfolgter Bodenbearbeitung war der Regenwurm besatz im Ablageband des separierten Verfahrens signifikant tiefer als in der Furche des herkömmlichen Anbauverfahrens (Tab. 1). Im Kar-

toffeldammbereich hingegen war der Besatz beider Verfahren ähnlich. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Anzahl tot oder zerstückelt aufgefundener Regenwürmer: Im Dammbereich waren keine Unterschiede, im Ablageband hingegen fast viermal mehr tote Tiere als im herkömmlichen Verfahren festgestellt worden. Dies wird auf die hohe mechanische Belastung des aussortierten Materials und die nachfolgend höhere Druckbelastung im Ablageband zurückzuführen sein.

Ein Jahr später war in der Nachkultur Wintergerste des separierten Verfahrens die Biomasse um 20 % und die Individuenzahl um 45 % tiefer als in der herkömmlich bearbeiteten Fläche.

Die starke Abnahme des Regenwurm besatzes beider Verfahren im Vergleich zum Ausgangsbestand (in der Zwischenfrucht Klee gras, vor der Bearbeitung) spiegelt die allgemein reduzierenden Effekte der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren wider (Tab. 3). Der Besatz sank, namentlich im separierten Verfahren, deutlich unter 50 % des Ausgangsbestandes.

## Effekte auf die häufigsten Regenwurmartens

Die vertikalbohrende Art *Nicodrilus longus* und die horizontalbohrenden Arten *Nicodrilus caliginosus* und *Allolobophora rosea* sowie juvenile Regenwürmer der Gattungen *Nicodrilus*, *Allolobophora* und *Lumbricus* wurden im separierten Verfahren stärker geschädigt als im herkömmlichen (Abb. 2). Ob die im Ablageband am stärksten ausgeprägte Reduktion der juvenilen Regenwürmer auf Beschädigungen der druckempfindlichen Kokons (Regenwurmeier) zurückzuführen ist, kann mit den vorliegenden Daten nicht beantwortet werden. In den Ablagezonen ist mit einer verminderten Regenerationsfähigkeit der Regenwürmer zu rechnen.

Keine reduzierende Wirkung wurde auf die auch zahlreich vorgekommenen Arten *Lumbricus terrestris* und *Allolobophora chlorotica* festgestellt. Der Grosse Tauwurm (*L. terrestris*) kann sich vermutlich durch seine schnelle Fluchtreaktion in tiefere Bodenschichten, ausgelöst durch Er-

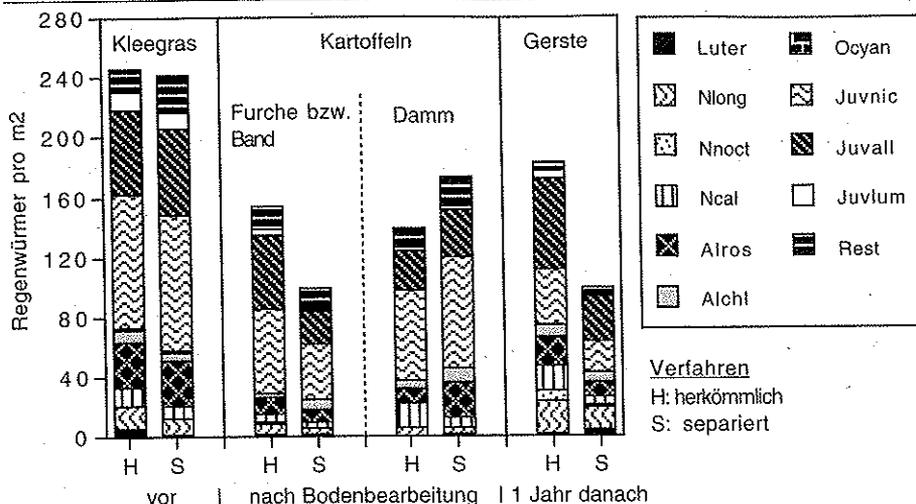


Abb. 2. Anteil der Regenwürmartens beziehungsweise der bestimmaren Gruppen in den zwei Verfahren in der Ausgangssituation, nach den Bodenbearbeitungsmassnahmen und in der Folgekultur Gerste (Abkürzungen siehe Tab. 2, Juv...: Juvenile *Nicodrilus*, *Allobophora lumbricus*, Rest: zerstückelte Regenwürmer).

schütterungen der Bodenbearbeitung, am besten schützen.

## Folgerungen

- Die durch einmalige Separierung grössere mechanische Belastung des Bodens reduzierte den Regenwurmbe- satz deutlich stärker als mit dem herkömmlichen Verfahren mit zweimaligem Einsatz der Kreiselegge.
- Die durch die Bodenseparierung ver- ursachte Reduktion der Regenwürmer war artspezifisch unterschiedlich.
- Wegen der relativ langen Generations- zeit von Regenwürmern von bis zu einem Jahr ist für die Regeneration geschädigter Populationen ein längerer Zeitraum nötig: Je nach Niveau des Regenwurmbe- satzes kann es Jahre dauern, bis sich die Regen- wurmpopulation dank förderlicher Mass- nahmen wie zum Beispiel Minimalboden- bearbeitung oder mehrjähriger Klee- gras- ansaat erholt hat.

## DANK

Ich danke herzlich Cornelia König, Daniel Zwygart vom FiBL und den beteiligten Mitarbeitern der FAL für ihr Engagement, ebenso dem Landwirten Hans Hagenbuch, ganz besonderen Dank an Urs Zihlmann und Dr. Peter Weisskopf von der FAL für die gross- zügige Unterstützung im Felde und die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

## RÉSUMÉ

### Les effets avec la technique dite de la séparation du sol sur les vers de terre en culture de pommes de terre

Les effets sur la population de vers de terre de la technologie spéciale de travail du sol qui consis-

te à séparer les particules selon leur diamètre (particules grossières et particules fines), pour la culture des pommes de terre ont été étudiés. La population des vers de terre a été analysée avant et deux fois après le travail du sol en utilisant une méthode de comptage combinée avec extraction et tri manuel. La population de vers de terres avant l'intervention était élevée et distribuée uniformément dans le sol (167g/m<sup>2</sup> et 243 ind./m<sup>2</sup>). La densité et la biomasse des vers de terre étaient plus faible dans l'expérience avec la séparation des particules que dans l'essai traditionnel sans séparation des particules du sol (herse rotative). Après une année, la densité des vers de terre dans la partie avec traitements spéciaux était réduite de 20 % et la biomasse de 45 % par rapport aux traitements traditionnels. *Nicodrilus longus*, *Nicodrilus caliginosus*, *Allobophora rosea* sont très affectés par les traitements alors qu'aucun effet négatif n'est constaté sur *Lumbricus terrestris* et *A. chlorotica*.

## SUMMARY

### Effect of the soil separation technique in potato fields on earthworm population

In a 2-year study effects of a special soil tillage on earthworms were investigated in potatoes. Soil separation is a tillage method mainly in potatoe production seperating stones and large soil particles from fine earth. The earthworms were sampled before and twice after soil tillage with the combined method of extraction and hand sorting. The initial status of earthworm populations was evenly distributed on a high level (167g·m<sup>-2</sup>, 243 individuals m<sup>-2</sup>). The abundance and biomass of earthworms were more reduced in the separated than in the traditional soil treatment (rotary harrow). One year after the tillage treatment the abundance was 20 % and the biomass 45 % less than in the traditional treatment. *Nicodrilus longus*, *N. caliginosus*, *Allobophora rosea* were most affec-

ted by soil treatments, no negative effects on *Lumbricus terrestris* and *A. chlorotica* were observed.

**KEY WORDS:** soil tillage, soil separation technique, potato production, earthworms, soil fauna

## LITERATUR

- Cuendet G., 1995. Identification des Lombriciens de Suisse. Eigenverlag, p 19.
- Emmerling C., 1995. Methodenvergleich zur Eigenung von Senf als Extraktionsmittel für Regenwürmer. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 75, 133-136.
- Friebe B. und Henke W., 1992. Regenwürmer und deren Abbauleistungen bei abnehmender Bearbeitungsintensität. Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden: 3. Symposium an der Universität Giessen 1992, 139-146.
- Hauser B. und Pfiffner L., 1997. Auswirkungen unterschiedlicher Bodenpflegeverfahren auf die Regenwurmpopulationen in den Baumstreifen einer Apfelanlage. *Erwerbsobstbau* 39, 177-183.
- Maillard A. et Cuendet G., 1997. Résultats d'un essai de culture sans labour depuis plus de 20 ans à Changins. V. Propriétés biologiques du sol et vers de terre. *Revue suisse Agriculture* 29, 225-230.
- Pfiffner L., 1997. Welchen Beitrag leistet der ökologische Landbau zur Förderung der Kleintierfauna? In: Naturschutz durch ökologischen Landbau (Hrsg. Hubert Weiger & Helga Wiler), DEUKALION Verlag p 93-120.
- Pfiffner L., Mäder P., Besson J.-M. & Niggli U., 1993: DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Untersuchungen über die Regenwurmpopulationen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 32, 547-564.
- Pfiffner L. and Mäder P., 1997. Effects of biodynamic, organic and conventional production systems on earthworm populations. *Biological Agriculture and Horticulture* 15, 3-10.
- Spies E., Näf E., Ammann H. und Heusser J., 1992. Bodenseparierung im Kartoffelanbau. Neue Perspektiven für die Anbau- und Erntetechnik. FAT-Bericht 422.
- Willoughby G.L., Kladivko E.J. and Savabi M.R., 1997. Seasonal variations in infiltration rate under no-till and conventional (disk) tillage systems as affected by *Lumbricus terrestris* activity. *Soil Biol. Biochem.* 29, 481-484.
- Wyss E. and Glasstetter M., 1992. Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1635-1639.
- Zihlmann U., Weisskopf P., Anken T. und Rüttimann M., 1996. Böden durch Separieren mehr beansprucht? *Landfreund* 12, 31-35.
- Zihlmann U. und Weisskopf P. 1998. Stickstoffdynamik bei Bodenseparierung im Kartoffelanbau. *Agrarforschung* 5 (10), 452-455.