

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1. Kurzfristige und langfristige Auswirkungen von zwei Spritzfolgen im Kartoffelbau auf biologische Parameter der Bodenfruchtbarkeit

Andreas Fliessbach, Sascha Buchleither, Stefan Peng, Paul Mäder
Forschungsinstitut für biologischen Landbau,
Ackerstrasse, 5070 Frick

Einleitung

Die Toxizität eines Pflanzenschutzmittels (PSM) wird anhand von Untersuchungen der Herstellerfirmen ermittelt und beruht in der Regel auf der Wirkung eines einzelnen Wirkstoffes oder Produktes auf einen definierten Indikator-Organismus. In der landwirtschaftlichen Praxis werden die Wirkstoffe jedoch häufig in Kombination mit anderen Mitteln oder in rascher Abfolge ausgebracht. Zu den kumulativen Wirkungen von Pestiziden, wie sie in einer Kultur angewendet werden, gibt es bislang nur vereinzelte Untersuchungen (Bromilov et al. 1996; Moorman, 1989; Nicholson und Hirsch, 1998; Schuster und Schröder, 1990).

Der Einsatz von PSM in der Landwirtschaft unterliegt in vielen Ländern Einschränkungen, und über Subventionen bestehen Anreize, den PSM-Einsatz zu verringern. In der Integrierten Landwirtschaft ist er durch Prognosemodelle und über die Produktwahl limitiert. In einzelnen Kulturen ist die Intensität des PSM-Einsatzes trotzdem relativ hoch. Unter den Kulturen des Ackerbaus ist der Anbau der Kartoffel besonders pflanzenschutzintensiv, da diese Kultur regelmässig von vielen verschiedenen Schaderregern – besonders aber der Kraut und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) – befallen wird, die zu starken ökonomischen Einbussen führen können. Qualitativ hochwertige Kartoffeln sind aber Voraussetzung für den Absatz, weshalb dem Landwirt ein hoher Einsatz an Produktionsmitteln gerechtfertigt erscheint.

In diesem Bericht stellen wir Ergebnisse aus einem Modellversuch über die kurz- und langfri-

stigen Auswirkungen von PSM in der Kartoffelkultur auf die Bodenmikroorganismen dar.

Material und Methoden

Ackerboden von einem seit 1994 biologisch wirtschaftenden Betrieb wurde homogenisiert und in 15 Plastikcontainer (35*25*26 cm Länge*Breite*Höhe) gefüllt, so dass er nach vorsichtiger Verdichtung eine Schichtdicke von 20 cm über einer unten in das Gefäss gelegten Drainagematte aufwies. Jeder Container wurde mit einer vorgekeimten Kartoffel der Sorte Appell bepflanzt. Die Container wurden dann in der Klimakammer bei 20 °C und einer Lichtintensität von 35 mol Photonen s⁻¹ m⁻² bei einem 16/8 h Tag/Nachtrhythmus belassen. In regelmässigen Abständen wurde bewässert und das aufkommende Unkraut wurde von Hand entfernt. Die Spritzungen erfolgten so, dass die gesamte Wirkstoffmenge auf den Boden gelangte, nur bei der abschliessenden Krautvernichtung spritzten wir 50% auf den Boden und 50% auf das Blatt der Kartoffelstauden. Die beiden Verfahren mit PSM wurden - wie in der Landwirtschaft üblich - mit einem Vorauflauf-Herbizid, acht Fungizidspritzungen und abschliessend mit Basta (Wirkstoff: Glufosinat) bzw. Super Kabrol (Wirkstoff: Dinoseb) (inzwischen auch auf dem Schweizer Markt nicht mehr erhältlich) zur Krautvernichtung behandelt. Die Kontrolle erhielt jeweils nur Wasser und zum Schluss wurde hier das Kraut von Hand entfernt. 21 und 135 Tage nach der letzten Spritzung wurden die Container aus 0-10 und 10-20 cm Tiefe beprobt. In den Proben wurden die folgenden biologischen Parameter gemessen: mikrobielle Biomasse (C_{mic}, N_{mic}), Basalatmung, Dehydrogenaseaktivität, Substratnutzungsdiversität (Biolog®), Keimzahl von Bakterien, Algen und Cyanobakterien.

Resultate und Diskussion

Die bodenmikrobiologischen Parameter reagierten auf die kumulierten Pflanzenschutzmittel (PSM) in drastischer Weise. Dies war erkennbar am Vergleich der jeweiligen Parameter in den PSM-Varianten mit denen der unbehandelten Kontrolle (Abb. 1).

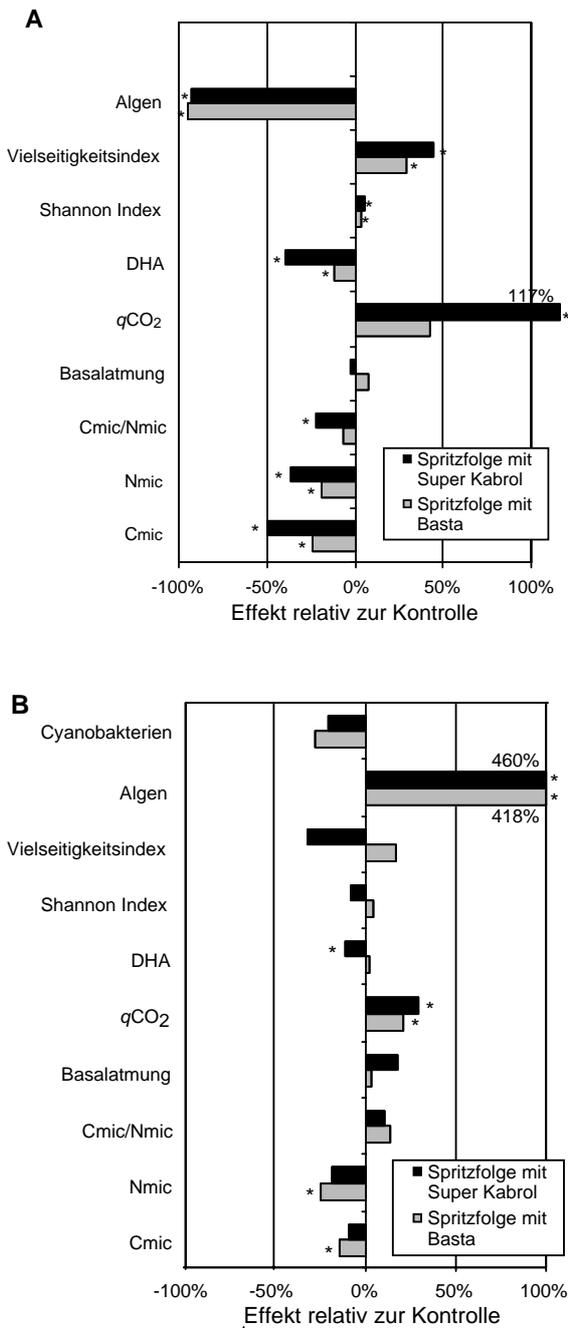


Abb. 1: Kurzfristige (A) und langfristige Auswirkungen (B) der Spritzfolgen auf bodenmikrobiologische Parameter im Oberboden. Negative Werte zeigen eine Reduktion im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an. (* signifikant $p < 0.05$)

Die mikrobielle Biomasse des Oberbodens (0-10 cm) war in der mit Super Kabrol behandelten Variante 21 Tage nach der letzten Spritzung um 50% geringer als in der Kontrolle, in der mit Basta behandelten Variante um 24%. Auch 135 Tage nach der letzten Spritzung war in dieser Variante die mikrobielle Biomasse noch

signifikant um 14% reduziert. Die Basalatmung reagierte auf die Pestizide kaum, wegen der reduzierten Biomasse wirkte sich dies aber stark auf den metabolischen Quotienten (qCO_2) aus. Die Dehydrogenaseaktivität wurde durch die Spritzfolgen ebenfalls stark verringert und zwar um 40% in der Super Kabrol und um 11% in der Basta Variante (Abb. 1).

Ein Anzeichen dafür, dass sich die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft verändert hat, ist die Veränderung des C_{mic}/N_{mic} -Verhältnisses. Wir konnten dieses Resultat bestätigen mit den Diversitätsindizes aus den Substratnutzungstests. Sowohl der Shannon Index wie auch der Vielseitigkeitsindex waren signifikant verändert, und zwar wiesen die PSM-behandelten Varianten eine grössere Vielfalt auf (Tab. 1). Die Substratnutzungsmuster der oberen Bodenschicht differenzierten kurzfristig und langfristig sehr deutlich. Die Böden der unteren Bodenschicht ordneten sich nah denen des Kontrollbodens der oberen Bodenschicht ein, was ein weiteres Indiz dafür ist, dass die Pestizide einen direkten Effekt auf die Substratnutzung ausgeübt haben (Abb. 2). Dieser Effekt scheint eine Diversifizierung des Substratnutzungsmusters mit sich gebracht zu haben, was sich einerseits durch einen möglichen toxischen Effekt erklären lässt, andererseits aber auch durch die neuen mikrobiellen Eigenschaften, die für den Abbau der Pestizide verantwortlich sind. Pestizidnebenwirkungen auf die Diversität der Organismen sind noch nicht Teil von Zulassungsprüfungen, aber in Verbindung mit anderen Parametern liessen sich so ökologische Verknüpfungen zwischen Vielfalt und Funktion erklären (Johnsen et al. 2001).

Die Auswirkungen der Spritzfolge, die als letztes Pestizid Super Kabrol (Wirkstoff: Dinoseb) enthielt, waren deutlich höher als die Auswirkungen der Spritzfolge mit Basta (Wirkstoff: Glufosinat). Die Auswirkungen der PSM auf die Parameter der Bodenfruchtbarkeit waren in der oberen Bodenschicht grösser als in der unteren und die kurzfristigen Effekte waren meistens grösser als die langfristigen.

Tab. 1: Signifikanzniveaus (Wahrscheinlichkeit > F) für Einzeleffekte in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse. Fettgedruckte Werte zeigen signifikante ($p < 0.05$) Effekte.

Varianzursache	C_{mic}	CO_2 0-48h	CO_2 48-120h	N_{mic}	C_{mic}/N_{mic}	qCO_2	DHA	Versa- tilität	Shannon Index	SAS	MPN Algen
Verfahren	<.0001	0.5540	0.8858	<.0001	0.3945	0.0612	<.0001	0.0167	0.1286	0.4161	0.6514
Termin	0.1489	<.0001	0.3510	<.0001	<.0001	0.4333	<.0001	<.0001	0.1480	0.0002	0.0011
Tiefe	0.0390	0.0006	0.0017	0.0768	<.0001	0.0628	0.7059	0.0019	0.8479	n.d.	<.0001
Verfahren*Termin	<.0001	0.7596	0.8548	0.0012	0.0297	0.1222	0.0364	0.0092	0.1104	0.1539	0.0008

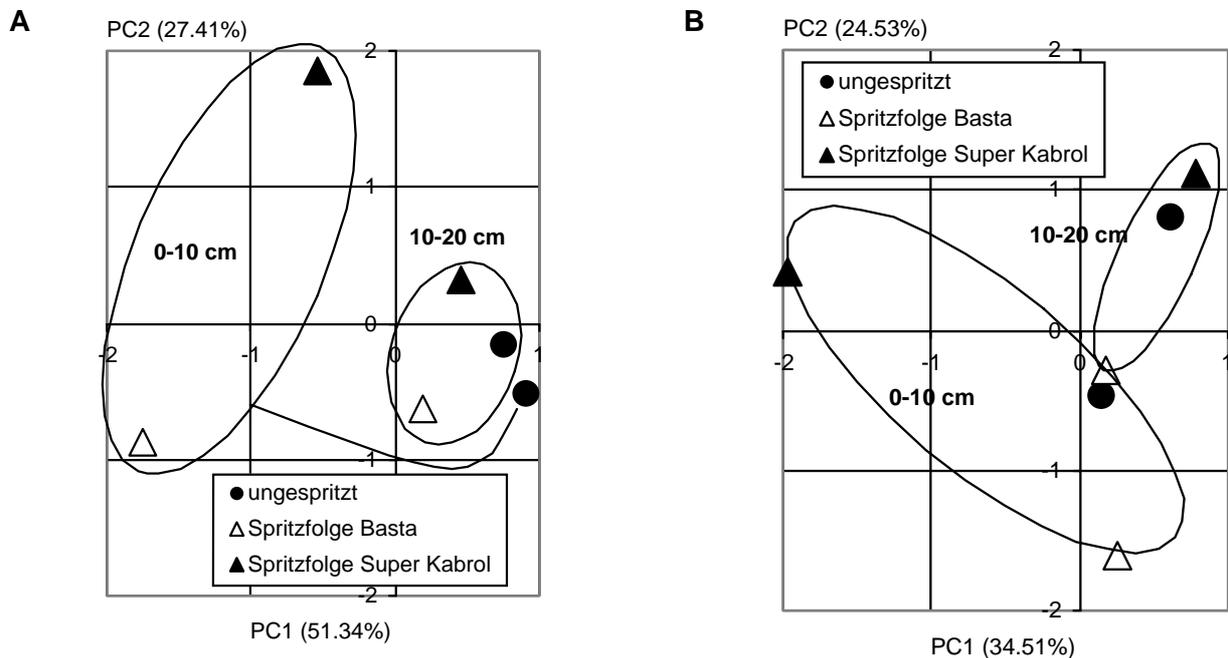


Abb. 2: Kurz- (A) und langfristige Auswirkungen (B) der Spritzfolgen auf die Substratnutzungsmuster im Ober- und Unterboden.

Bemerkenswerte Unterschiede waren bei der Anzahl photoautotropher Bodenorganismen zu verzeichnen. Kurzfristig trat eine deutliche Reduktion der Keimzahl von Bodenalggen auf, die auch mit bloßem Auge an der Bodenoberfläche erkennbar war. Langfristig jedoch wurde eine starke Förderung der Bodenalggen gemessen. Die Bodenoberfläche des Kontrollbodens war zu diesem Zeitpunkt nahezu frei von Alggen, aber mit Moosen und Farnen bedeckt. Ausserdem konnte eine grosse Anzahl von schwarz gefärbten Collembolen an der Bodenoberfläche des Kontrollbodens ausgemacht werden. Für die

Erklärung dieses Phänomens müssen wir die Sukzession der Organismen an der Bodenoberfläche berücksichtigen. Wahrscheinlich ist der Alggenbewuchs des Kontrollbodens Nahrung für die Collembolen gewesen und in der Folge konnten sich andere Organismen entwickeln. Die Pestizidböden hingegen waren noch in der Phase der Wiederbesiedlung des Bodens durch die Alggen und hatten zum zweiten Probenahmezeitpunkt daher wahrscheinlich eine erheblich höhere Alggenkeimzahl als die der Kontrolle.

Schlussfolgerungen

Die verabreichten Pestizide übten einen signifikanten Einfluss auf die mikrobielle Biomasse, Aktivität und Diversität aus (Tab. 1). Die kurzfristigen Auswirkungen der Kartoffelspritzfolge waren bei fast allen erhobenen bodenbiologischen Parametern signifikant. Das in der Schweiz bis 2001 unter den zwanzig meist angewendeten Wirkstoffen, aber inzwischen vom Markt gezogene, PSM Dinoseb hatte eine erheblich stärkere Nebenwirkung auf die Bodenlebewesen. Die meisten Parameter erholten sich weitgehend bis zur zweiten Probenahme (135 Tage nach der letzten Spritzung) mit Ausnahme der Substratnutzungsmuster und der Algenpopulation, die im Rahmen von sukzessionalen Effekten Unterschiede zwischen den Verfahren anzeigten. Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf Modellversuchen. Es stellt sich die Frage, welche Effekte die PSM im Feld haben. Um diese Frage zu beantworten, wurde 2002 ein Feldversuch angelegt, in welchem die Wirkung von PSM auf die Bodenlebewesen in einer Fruchtfolge untersucht werden.

Literatur

- Bromilow R H, Evans A A, Nicholls P H, Todd A D and Briggs G G 1996 The effect on soil fertility of repeated applications of pesticides over 20 years. *Pesticide Science* 48, 63-72.
- European Commission 2000 Plant protection in the EU - Consumption of plant protection products in the European Union - Data 1992 - 1996. pp 232. Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.
- Johnson K, Jacobsen C S, Torsvik V and Sørensen J 2001 Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils - a review. *Biology and Fertility of Soils* 33, 443-453.
- Moorman T B 1989 A review of pesticide effects on microorganisms and microbial processes related to soil fertility. *Journal of Production Agriculture* 2, 14-23.
- Nicholson P S and Hirsch P R 1998 The effects of pesticides on the diversity of culturable soil bacteria. *Journal of Applied Microbiology* 84, 551-558.
- Schuster E and Schröder D 1990 Side-effects of sequentially- and simultaneously-applied pesticides on non-target soil microorganisms: laboratory experiments. *Soil Biology and Biochemistry* 22, 375-383.
- Schweizerische Gesellschaft der Chemischen Industrie 2002 Pflanzenbehandlungsmittel-Markt 1988-2001. Statistik für die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein.