

BIODYNAMISCHE PRÄPARATE IM ACKERBAU

ERGEBNISSE AUS EINEM LANGZEITVERSUCH IN FRICK IN DER SCHWEIZ



AUTOREN: MAIKE KRAUSS (Foto),
FRÉDÉRIC PERROCHET, MEIKE GROSSE,
PAUL MÄDER, (alle: Forschungsinstitut für
biologischen Landbau, Schweiz FiBL)
Kontakt; maike.krauss@fibl.org



Drei Jahrzehnte untersuchten Forscher des FiBL im Rahmen des DOK-Versuches in Therwil (Schweiz) die Anbausysteme Dynamisch-Organisch-Konventionell. Hierbei wurde ersichtlich, dass sich das biodynamische System in der Bodenfruchtbarkeit nicht nur deutlich von den konventionellen Systemen, sondern auch etwas vom bioorganischen System unterschied (Mäder et al., 2002). So stand die Frage im Raum: Was wirkt hier? Sind es die biodynamischen Präparate, die unterschiedliche Art der Düngung oder der Einsatz von Kupfer im organischen System zur Regulierung von Pilzkrankheiten in Kartoffeln? Ein Vergleich von ganzen Anbausystemen kann dies nicht aufschlüsseln. Landwirte regten das FiBL daher Ende der 1990er Jahre an, dies näher zu untersuchen. Damals rückte auch der Bodenschutz in den Fokus und der Pflugeinsatz im Biolandbau wurde mit dem Aufkommen konservierender Bodenbearbeitungstechniken kritisch beurteilt. So entstand ein neuer, faktoriell aufgebauter Langzeitversuch, in dem immer nur ein Faktor verändert wird, um dessen Wirkung einzeln abschätzen zu können.

Vom DOK Versuch inspiriert: der drei-faktorielle Versuch in Frick

Der Versuch wurde im Herbst 2002 mit den drei Faktoren biodynamische Präparate, Düngung und Bodenbearbeitung in Frick angelegt (Berner et al., 2008). Jeder Faktor hat dabei zwei Ausprägungen (Tabelle 1), die alle miteinander kombiniert wurden. So entstanden acht Verfahren. Die Kombination „Pflug – Vollgülle – ohne biodynamische Präparate“ repräsentiert dabei ein typisches bioorganisches System, und „Pflug – Mistkompost/Gülle – mit Präparaten“ ein biodynamisches Anbausystem. Das Ziel des Versuches war es, Bewirtschaftungsmaßnahmen zu untersuchen, bei denen angenommen wird, dass sie die Bodenfruchtbarkeit erhöhen. Kupfer wurde nicht integriert, da sich in einem anderen Versuch des FiBL zeigte, dass aus den üblichen Anwendungsmengen zumindest mittelfristig keine negativen Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen resultieren.

Mit 12 x 12 m großen Parzellen wurde der Versuch in Frick so angelegt, dass mit Praxismaschinen gearbeitet werden kann. Das sind neben den Bodenbearbeitungsmaschinen (Tabelle 1) ein Seitenstreuer für die jährliche Ausbringung des Mistkompostes und ein Schleppschlauch für die Gülleausbringung. Für den Vergleich

der biodynamischen Präparate werden der gleiche Frischmist und die gleiche Gülle auf jeweils zwei Kompostmieten und Güllesilos verteilt und im Anschluss je eine Miete oder ein Silo mit den Kompostpräparaten behandelt. Die Gülle wird wenige Wochen später ausgebracht, während der Mist über ein halbes Jahr kompostiert wird. Die Präparatearbeit fußte bis 2014 auf dem Mondkalender von Maria Thun. Seit 2015 wird im Versuch nach dem Kalender der Biodynamie services von Pierre Masson gearbeitet. Die Präparate wurden anfänglich von Rainer Sax, dann von seinem Nachfolger auf der Bütschen (Basel-Land) und 2014 vom Goetheanum bezogen, bis FiBL Versuchstechniker Frédéric Perrochet 2015 der inner-schweizer Präparategruppe um Andreas Würsch beitrug. Dabei wurde auch das Wasser zum Rühren der Präparate Hornmist und Hornkiesel neu von einer Regenwasserfassung entnommen. Hornmist und die Kompostpräparate werden jährlich bezogen, um die Lagerung vor Ort kurz zu halten. Dafür wurde eine im Boden versenkte Grube eingerichtet. Sie enthält mehrere Holzkästen, in der jedes Präparat (außer Hornkiesel) mit Torf umschlossen einzeln gelagert wird. Der Hornmist wird mindestens einmal im Frühjahr und einmal im Herbst ausgebracht, dies wie bei den Kompostpräparaten vornehmlich bei absteigendem Mond an einem Wurzeltag. Weitere ein bis zwei Applikationen erfolgen zusätzlich kurz nach Bodenbearbeitungen. Der Hornkiesel wird in der gut etablierten Kultur bis zwei Wochen vor der Ernte regelmäßig gegeben. Angestrebt werden 3 bis 5 Spritzungen bei aufsteigendem Mond und idealerweise beim kosmischen Element, das der Pflanze entspricht. Beides wird in einer Rückenspritze nach Rühren bei Sonnenaufgang (Hornkiesel) und am Abend (Hornmist) im Feld verteilt. Der Kompost und die Gülle werden beim Ansetzen und beim Umsetzen mit P502 bis 507 (Kompostpräparate) geimpft. Die Umstellung des FiBL-Hofes von Bio Knospe (bioorganisches Anbausys-

DANKSAGUNG

Wir danken dem Bundesamt für Landwirtschaft (CH), der Software-AG-Stiftung (DE), der Stiftung zur Pflege für Mensch, Mitwelt und Erde (CH) und der Edith Maryon Stiftung (CH) für die langjährige Unterstützung der Versuchsdurchführung.

TAB. 1: VERSUCHSFAKTOREN IM FRICKER LANGZEITVERSUCH

Faktor	Referenz	Verbesserte Variante
Biodynamische Präparate	Ohne	Mit (P500 – P507)
Düngung (beide Verfahren mit einem Niveau von 1 GVE/ha; ca. 100 kg Ntot/ha)	Vollgülle	Mistkompost und eine reduzierte Menge an Gülle
Bodenbearbeitung	Pflug (20 cm)	Reduzierte Bodenbearbeitung (Grubber „WecoDyn“, Schälplflug „Stoppelhobel“ bis max. 10 cm; gelegentliches nichtwendendes Lockern auf max. 20 cm)

TAB. 2: PRÄPARATEWIRKUNG

Erntejahr	2003	2009	2019
Weizensorte	Titlis	Titlis	Wiwa
Untersuchungsjahr	2005	2013	2020
Labor	Goetheanum Uwe Geier	Forschungsring, Roya Bornhütter, Uwe Geier	Kassel, Gaby Mergardt
Anzahl Proben	6	8	8
Probenaufbereitung	Mischprobe aus Block 1–4, 3 Analysereplikate	Mischprobe aus Block 1–4, 4 Analysereplikate	Block 1–4 separat pro Feldwiederholung
Trefferquote	100 %	50 %	50 %
Unterschiede zwischen den Verfahren	gering	gering, Analyse-replikate gleich-mäßig	geringer als die Unterschiede zwischen den Feld-wiederholungen
Kriterien	Gleichmäßigkeit, Schwere, Bewegung	Gleichmäßigkeit, Bewegung, Formintensität, Nadelzüge, Plattenbedeckung	Gleichmäßigkeit, Bewegung, Kraft, Nadelzüge, Kristallisationszentrum, Durchstrahlung, Plattenbedeckung

Präparatwirkung nur teilweise erkennbar: Vergleich der bildschaffenden Analysen an Weizenkörnern des Fricker Langzeitversuches mit dem Ziel der Zuordnung der Präparate.

LINKS

- Frick Versuch auf der FiBL Website: www.fibl.org/de/standorte/schweiz/departemente/bodenwissenschaften/bw-projekte/reduzierte-bodenbearbeitung
- Auf der Plattform GLTEN: www.glten.org/experiments/146

tem) auf Demeter (biodynamisches Anbausystem) im Jahr 2013 gestaltete sich als Herausforderung. Vor der Umstellung wurde Mist und Gülle vom FiBL-Hof bezogen und mussten danach von einem Biohof im Fricktal geholt werden. Die Mist- und Güllezusammensetzung hat sich folglich über die Zeit verändert, spiegelte aber immer ein Milchviehsystem ähnlich dem des FiBL-Hofes wider.

Die Fruchtfolge im Versuch ist dem schweren Tonboden (ca. 40 bis 50 % Ton) angepasst und im Fricktal verbreitet. Sie ist auf einen Gemischtbetrieb mit 1 Düngergroßvieheinheit je Hektar (DGVE/ha) ausgerichtet. Die Fruchtfolge umfasste in den ersten beiden Fruchtfolgeperioden: Silomais – Winterweizen – Sonnenblumen – Dinkel – 2-jähriges Klee gras. Da sich der Wiesenumbbruch im reduziert bearbeiteten System ohne Pflug als sehr herausfordernd darstellte und der Ackerfuchsschwanz stark zunahm, wurde die Fruchtfolge ab 2014 gekürzt und umgestellt auf: Winterweizen – Silomais – Dinkel – 2-jähriges Klee gras.

Im Versuch werden agronomische Daten wie Ertrag und Nährstoffgehalte im Erntegut jährlich erhoben. Beikrauterhebungen erfolgen in den Ackerkulturen. Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit werden alle drei Jahre ermittelt. Hierzu werden der Humusgehalt (Corg), Nährstoffgehalte und pH, sowie die mikrobielle Biomasse und mikrobielle Aktivität gemessen. Eine Zeitreihe an Daten und Archivproben liegt vor. Zusätzlich haben Forschende des FiBL und aus verschiedenen europäischen Ländern den Versuch über die Jahre als Plattform für Spezialuntersuchungen genutzt.

Bodenfruchtbarkeit

In der 2020 erschienenen wissenschaftlichen Synthese ist beschrieben, dass die biodynamischen Präparate von den drei Faktoren den geringsten Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit hatten (Krauss et al., 2020). Die Umstellung vom Pflug auf die reduzierte Bodenbearbeitung war mit einer Humussteigerung von 25 %, einer 32 % höheren mikrobiellen Biomasse und der Förderung von pilzlichen Gemeinschaften sowie allgemein der Bodenorganismen im Fricker Langzeitversuch die erfolgreichste Maßnahme zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit in der obersten Bodenschicht (0 bis 10 cm) (Abbildung 1). In der 10 bis 20 cm Schicht wurde der Humusgehalt zudem gehalten und die Mikroorganismen ebenso gefördert. Die größere Bodenruhe und daher geringere Störung des Lebensraumes spielen hier vermutlich eine wichtige Rolle. Auch über eine Tiefe von 1 m führte die reduzierte Bodenbearbeitung zu einem Anstieg der Humusvorräte. Die zusätzliche Anwendung von Mistkompost im Vergleich zum Vollgüllesystem hingegen steigerte den Humusgehalt in der obersten Bodenschicht (0 bis 10 cm) nur um 6 % und zeigte bisher wenig Einfluss auf die mikrobielle Biomasse und Aktivität.

Feldheterogenitäten überlagerten offensichtlich potenzielle Wirkungen der biodynamischen Präparate. Vom Versuchsstart an wiesen die Indikatoren pH, Phosphorgehalt und mikrobielle Bio-



FBL Maïke Krauss

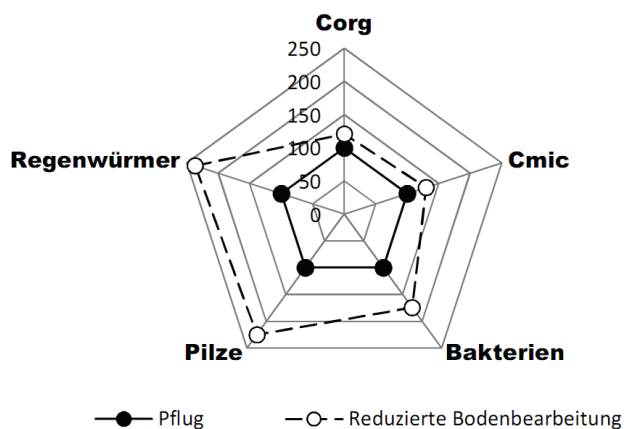
Parzellengenaue Ausbringung des Mistkompostes mit dem Seitenstreuer

masse C und N (Cmic, Nmic) in der 0 bis 20 cm Bodenschicht tendenziell niedrigere und beim Cmic/Nmic Verhältnis höhere Werte in den mit Präparaten behandelten Parzellen auf. Im Verlaufe der Versuchsdauer waren diese Differenzierungen in manchen Jahren signifikant (Abbildung 2). Beim Phosphorgehalt wurden anfangs Mischproben ohne Differenzierung des Faktors Präparate analysiert. Heterogenitäten sind jedoch auch hier zu vermuten. Die prozentuellen Abweichungen zur nicht behandelten Kontrolle lagen bei den Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit in einem schmalen Band, und über die Zeit war kein klarer Trend zu höheren oder geringeren Werten erkennbar. Beim Humusgehalt ist ein leichter Trend sichtbar (Abbildung 3): Die Humusgehalte unter reduzierter Bodenbearbeitung fielen dabei in den letzten Jahren in den präpa-

rierten Parzellen leicht höher aus. Der Trend, sowie die einzelnen Jahreswerte sind jedoch nicht signifikant. Möglicherweise spricht der Humusgehalt wie bei der Düngung erst mit Verzögerung auf die Präparate an. Die kommenden Untersuchungen werden dies zeigen.

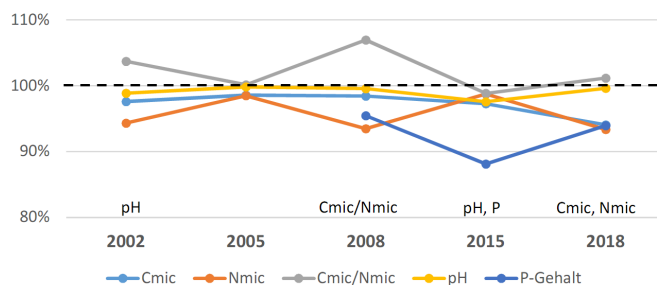
In einer Bachelorarbeit (Limacher, 2017) wurde der Einfluss der Düngung und der Präparate auf die mikrobielle Gemeinschaft näher abgeklärt und in der Bodenschicht von 0 bis 10 cm das Pilz-Bakterien-Verhältnis an Hand molekularbiologischer qPCR-Analysen bestimmt. Zusätzlich wurde der mikrobiell gebundene Kohlenstoff Cmic mit der Bodenatmung verrechnet zum Stoffwechselquotienten (qCO_2), der das Verhältnis von mikrobieller Aktivität zu mikrobieller Biomasse beschreibt, bestimmt. Dieser er-

ABBILDUNG 1: **BODENFRUCHTBARKEITSINDIKATOREN**



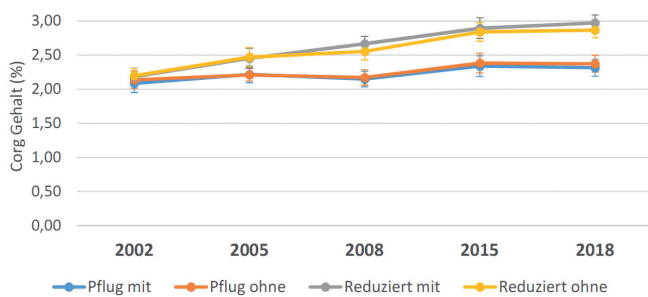
Relative Abweichungen von Bodenfruchtbarkeitsindikatoren im Vergleich der reduzierten Bodenbearbeitung mit dem Pflugverfahren (= 100 %) in 2018 in 0 bis 10 cm Bodentiefe. Alle Unterschiede sind signifikant (n=16).

ABBILDUNG 2: **HÖHERER PH, GERINGERER PHOSPHORGEHALT**



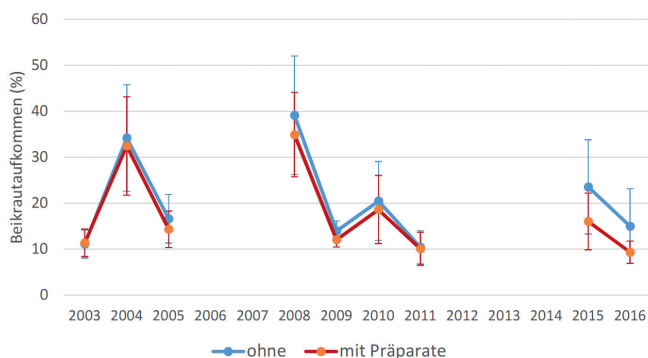
Relative Abweichungen von Bodenfruchtbarkeitsindikatoren im Vergleich von mit biodynamischen Präparaten behandelten Parzellen zu unbehandelten Parzellen (= gestrichelte Linie = 100 %: die Skala beginnt bei 80 % zur besseren Lesbarkeit) in den Jahren 2002 bis 2018 in 0 bis 10 cm Bodentiefe. Signifikante differenzierende Indikatoren sind pro Jahr genannt ($p < 0.05$, n=16).

ABBILDUNG 3: HUMUS, BEARBEITUNG, PRÄPARATE



Entwicklung der Gehalte des organischen Kohlenstoffs von 2002-2018 in 0-10 cm Bodentiefe. Die Mittelwerte (Standardfehler, n=8) wurde über die Düngerverfahren hinweg gepoolt, um die Interaktion zwischen der Bodenbearbeitung und den Präparaten zu zeigen.

ABBILDUNG 4: BEIKRAUTAUFKOMMEN



Beikrautaufkommen in %, (jeweils Mittelwert und Standardfehler, n=16) in den Ackerkulturen des Fricker Langzeitversuches. Die Verbindungslinien dienen der besseren Lesbarkeit.

laubt Aussagen über die Energieeffizienz der Kohlenstoffnutzung durch die Mikroorganismen. Überdies wurden der mikrobielle Phosphor und Stickstoff gemessen. Weder Düngung noch Präparate zeigten bei allen gemessenen Indikatoren signifikante Effekte (Daten in Limacher, 2017).

Zusammenfassend ergibt sich, dass die biodynamischen Präparate im Frick-Versuch nur geringe Effekte auf die Bodenfruchtbarkeit in der obersten Bodenschicht hatten, während hingegen der Mistkompost langsam den Humusgehalt steigerte. Daraus schließen wir, dass im biodynamischen Anbausystem die Anwendung von Mistkompost der stärker differenzierende Faktor in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit ist. Diese Beobachtung wird gestützt durch Messungen aus dem Darmstädter Langzeitdüngungsversuch auf Acker. Dort stieg der Humusgehalt vor allem mit der Anwendung von größeren Mengen an Rottemist im Vergleich zur Mineraldüngung an (Heinze et al., 2011; Sradnick et al., 2013) und konnte durch die Präparateanwendung nur zum Teil nochmals gesteigert

werden (Bachinger, 1996; Sradnick et al., 2013). Die Präparate hatten wie in Frick meist keinen Einfluss auf die mikrobielle Gemeinschaft (Ngosong et al., 2010; Sradnick et al., 2013; Faust et al., 2017), zeigten aber eine höhere mikrobielle Aktivität (Dehydrogenaseaktivität) und eine größere Wurzeldichte in tieferen Bodenschichten (Bachinger, 1996).

Ertrag und Qualität

Die Präparate hatten in Frick über die Jahre hinweg keinen Einfluss auf den Ertrag (Krauss et al., 2020). Ein Trend zu einem niedrigeren Beikrautaufkommen in den mit Präparaten behandelten Parzellen ist wegen der hohen Streuung zwar nicht signifikant, aber über die Jahre hinweg zunehmend sichtbar (Abbildung 4). Die hohen Beikrautdeckungen (> 20 %) spiegeln die Verhältnisse in Sommerkulturen wider, die Wintergetreide Weizen und Dinkel haben mit < 20 % Beikrautdeckung eine größere Konkurrenzkraft.

Im Versuch wurde darüber hinaus die Qualität von Weizenkörnern der Jahre 2003, 2009 und 2019 mit bildschaffenden Methoden (CuCl₂-Kristallisation, Steigbilder) ermittelt. Eine Auswahl von Körnern der Verfahrenskombination Pflug-Mistkompost/Gülle mit bzw. ohne biodynamische Präparate verblindeten wir und schickten sie zur Analyse und Evaluation an Experten und Expertinnen (Tabelle 2). Die Tabelle bezieht sich jeweils auf die Berichte der jeweiligen Labore aus dem Untersuchungsjahr. Die Zuordnung der Präparatevarianten gelang nur im ersten Anbaujahr. Da die Entwicklung von Kriterien mit den Jahren eine vermehrt standardisierte Beschreibung der CuCl₂-Kristallisationsbilder ermöglicht, war ursprünglich eine erneute Auswertung der Zeitreihe durch ein geschultes Panel angedacht. Dies war wegen der Pandemiesituation 2020 nicht möglich. Aus Tabelle 2 wird dennoch ersichtlich, dass sich fortlaufende Erfahrungen in der Entwicklung und Verfeinerung der bildschaffenden Methoden niederschlagen. So werden die Feldwiederholungen nicht mehr vermisch, um die räumliche Heterogenität mit zu erfassen. Der Kriterienkatalog hat sich zudem erweitert.

Die Qualitätsanalyse der Weizenproben aus dem Jahr 2019 wurden zusätzlich ausgeweitet: Proben aus dem bioorganischen Verfahren (d. h. Pflug + Vollgülle + ohne biodynamische Präparate) wurden hinzugenommen und die Qualität im Labor mit Standardparametern wie Rohprotein, Sedimentations- und Fallzahl oder Glutengehalt, sowie die Nährstoffgehalte in Stroh und Korn analysiert. Auch in diesen Laborwerten zeigten die Präparate keine Differenzierung (Daten nicht gezeigt). Ein 12 % geringerer N-Gehalt im Stroh des bioorganischen Verfahrens lässt dagegen vermuten, dass hier die N-Umverteilung vom Stroh ins Korn besser als im biodynamischen Verfahren war, was sich in einem leicht erhöhten Kornertrag im bioorganischen Verfahren niederschlug (8 %, nicht signifikant). Ebenfalls signifikant reduziert war der Schwefelgehalt in Stroh und Korn im bioorganischen System (circa 30 %). Dies kann auf die fehlende Gabe von Mistkompost im bioorganischen Ver-

fahren zurückgeführt werden. Die Unterschiede zwischen den Körnern aus dem biodynamischen und bioorganischen Verfahren waren dagegen hinreichend, so dass sie mit der CuCl_2 -Kristallisationsanalyse erfolgreich getrennt werden konnten. Die Düngung zeigte 2019 daher in Labor- und bildschaffenden Analysen einen größeren Einfluss auf die Qualität von Weizenkörnern als die biodynamischen Präparate.

Die Tatsache, dass es 2019 gelang, die Weizenproben auf Grundlage visuell erfasster Unterschiede der Kristallbilder hinsichtlich der Düngung erfolgreich zu trennen, zeigt, dass die CuCl_2 -Kristallisationsanalyse ein zuverlässiges Werkzeug in der Erkennung von Bewirtschaftungsunterschieden sein kann. Aus den Trefferquoten von 2009 und 2019 ist daher zu vermuten, dass sich die Präparatewirkung im Fricker Langzeitversuch an Weizenproben in den späteren Jahren nicht mehr nachvollziehen lässt. Dies spiegelt den allgemeinen Trend bei den agronomischen Indikatoren des Versuchs sowie in der Bodenqualität wider, die ebenfalls kaum statistische Unterschiede erkennen lassen (Krauss et al., 2020). Ob dies am Standort liegt, an der Bewirtschaftung oder an der Frage, ob ein wissenschaftlicher Exaktversuch mit Parzellen auf engem Raum die Wirkung der biodynamischen Präparate überhaupt wiedergeben kann, bleibt offen. •

Literatur

Bachinger, J., 1996. Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Universität Giessen, Schriftenreihe Bd. 7, Institut für biologisch-dynamische Forschung e.V., Darmstadt. • Berner, A., Hildermann, I., Fließbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P., 2008. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil Till. Res.* 101, 89–96. • Faust, S., Heinze, S., Ngosong, C., Sradnick, A., Oltmanns, M., Raupp, J., Geisseler, D., Joergensen, R.G., 2017. Effect of biodynamic soil amendments on microbial communities in comparison with inorganic fertilization. *Appl. Soil Ecol.* 114, 82–89. • Heinze, S., Oltmanns, M., Joergensen, R.G., Raupp, J., 2011. Changes in microbial biomass indices after 10 years of farmyard manure and vegetal fertilizer application to a sandy soil under organic management. *Plant Soil* 343, 221–234. • Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U., Mäder, P., 2020. Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. *Scientific Reports* 10, 4403. • Limacher, L., 2017. Auswirkungen organischer Düngungsverfahren und biologisch-dynamischer Präparate auf chemische und mikrobielle Bodeneigenschaften. Departement Umweltsystemwissenschaften. ETH Zürich. • Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694–1697. • Ngosong, C., Jarosch, M., Raupp, J., Neumann, E., Ruess, L., 2010. The impact of farming practice on soil microorganisms and arbuscular mycorrhizal fungi: Crop type versus long-term mineral and organic fertilization. *Applied Soil Ecology* 46, 134–142. • Sradnick, A., Murugan, R., Oltmanns, M., Raupp, J., Joergensen, R.G., 2013. Changes in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long-term fertilization with cattle manure and mineral fertilizer. *Applied Soil Ecology* 63, 23–28.

