



Fotos: Stephan Junge

Abb. 1: Anbausystem im Überblick. Oben links: Anfang April werden die Zwischenfrüchte gemulcht, milchsäure Fermente werden für die Förderung der Rotte gespritzt. Oben rechts: Die Gründünger werden durch die Bodenfräse flach eingeschält. Unten rechts: Vorgekeimte Kartoffeln werden direkt in das Erde-Gründüngergemisch gelegt. Unten links: Gründüngerschnitt wird als Mulch von einer Geber- auf die Nehmerfläche mit dem Miststreuer appliziert.

Gareaufbau und Pflanzenschutz in Hackfrüchten

BIOKARTOFFELN PFLUGLOS ANBAUEN

Stephan Junge und Prof. Dr. Maria Finckh, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Universität Kassel

Im Kartoffelanbau verursacht das starke Belüften des Bodens durch Pflug und Häufeln eine starke Verringerung des Bodenlebens. Dies hat Humusabbau und vermehrte Wind- und Wassererosion zur Folge, da die Kittsubstanz für feine Partikel fehlt. Insbesondere nach dem Kartoffellegen und vor der Ernte ist der Boden stark durch Erosion gefährdet, da eine schützende Pflanzendecke fehlt. Die neuen Anforderungen der Verbraucher an die Landwirtschaft, den auch im Ökolandbau existierenden Verlust an fruchtbarem Boden und Biodiversität sowie den klimatischen Herausforderungen der letzten Jahre zeigen uns: Es braucht resiliente neu gedachte Anbausysteme, welche sowohl die wirtschaftlichen Lebensgrundlagen erhalten als auch die ökologischen Lebensgrundlagen wie z. B. den Boden regenerieren.

Die pfluglose Bodenbearbeitung fördert durch die Vermehrung und Anregung der mikro- und makrobiellen Biomasse im Oberboden die Bildung stabiler Bodenaggregate und trägt so zur Erosionsminderung bei (Six et al., 1999). In einer Meta-Studie zeigten Pittelkow et al. (2015) in 5.463 Vergleichen zwischen (konventionellem) pfluglosem und pflügendem Anbau weltweit die Erfolgskriterien für pfluglose Systeme als das Zusammenspiel von Fruchtfolge, inklusive der konsequenten Nutzung von Zwischenfrüchten zur dauerhaften Bodenbedeckung und der daran angepassten Bodenbearbeitung. Im Ökolandbau ist ein pflugloser Anbau erschwert, da Beikrautsamen nicht in tiefere Schichten verschüttet und Wurzelunkräuter weniger gestört werden. Dazu reduziert die geringere Durchlüftung des Bodens auch die mikrobielle Mineralisierung von Nährstoffen (Kandeler et al., 1999). Diesen Effekten kann im Ökolandbau nicht durch den Einsatz von Herbiziden und synthetischen Düngern begegnet werden.

Kombination von Maßnahmen für Anbauerfolg

Seit 2014 wird an der Universität Kassel zum pfluglosen Anbau von Kartoffeln in Kombination mit transferiertem Mulch aus Gründüngern geforscht, worüber bereits in der LOP berichtet wurde (Finckh et al., 2016). Die Ergebnisse der vergangenen Jahre legen es nahe, dass nicht einzelne, sondern die geschickte Kombination von vielen verschiedenen Maßnahmen über den Erfolg im Anbau bestimmen. Dem folgend werden vor allem drei Komponenten eingesetzt:

1. effiziente Zwischenfrüchte zur Beikrautunterdrückung und Pflanzenernährung,
2. flache Bearbeitung mit der Fräse für den Bodenschutz und den Erhalt der wasserführenden Kapillaren,
3. transferierter Mulch aus Gründüngern für die Beikrautunterdrückung bis zum Reihenschluss, Nährstoffmobilisierung durch ein gesteigertes Bodenleben und Schutz vor abiotischem Stress.

In Zusammenarbeit mit den Beratern Dietmar Näser und Friedrich Wenz (siehe



Abb. 2:

Die Durchwurzelung der Zwischenfrucht am 7. April 2017. Starke Unterschiede im Gefüge unter den Zwischenfrüchten vor dem Umbruch. Die Beikrautbrache weist ein wenig strukturiertes Gefüge auf, die Wurzeln reichen nicht in den Horizont 15–30 cm. Wicke und Wickritricale zeigen einen deutlich ausgeprägten Gareaufbau mit einer Durchwurzelung des gesamten Bodenriegels.

www.gruenebruecke.de/bodenkurse.html werden Elemente des regenerativen Ackerbaus erprobt, um neue Ansätze aus der Pionierarbeit in der landwirtschaftlichen Praxis umzusetzen. Dazu gehören neben dem flachen Fräsen auch die Tiefenlockerung in Kombination mit Zwischenfrüchten, um die typischen Verdichtungshorizonte der pfluglosen Bodenbearbeitung in 15–25 cm Tiefe aufzulösen sowie der Einsatz milchsaurer Fermente zur Rottelenkung, die bei oder unmittelbar nach dem Umbruch der Zwischenfrüchte ausgebracht werden.

Einfräsen der Zwischenfrüchte

Die Zwischenfrüchte werden auf ca. 5 cm Tiefe eingefräst. Tiefenführungsräder und eine schnelle Rotation scharfer Messer an der Bodenfräse arbeiten die Grünmasse besser ein und sichern das vollständige Abtöten der Zwischenfrucht. Ein exakter Unterschnitt verhindert, dass „Stege“ stehenbleiben, welche als Durchwuchs die Kultur und die Ernte behindern. Die Kartoffeln können direkt nach der Bearbeitung mit herkömmlicher Pflanztechnik in die einem Komposthaufen ähnelnden Dämme aus dem Erde-Gründüngergemisch gelegt werden. Zuviel Grünmasse, lange Häcksel und zu strohiges Material können an den Häufelkörpern Verstopfungen provozieren. Abhilfe verschafft hier das gleichmäßige

Verteilen der Biomasse durch eine zusätzliche Bearbeitung mit einer langsam rotierenden Kreiselegge. Angestrebt wird eine oberirdische Pflanzenmasse der Zwischenfrüchte von 2–5 kg Frischmasse / m². Je älter der Zwischenfruchtbestand, desto höher der Stroh- respektive Lignin- und Zelluloseanteil, desto weiter ist das Kohlenstoff / Stickstoffverhältnis (C / N-Verhältnis), was zu einer abnehmenden Stickstoffdüngewirkung führt.

Gründüngerschnitt als Mulch auf die Dämme

Kurz vor Auflauf der Kartoffeln, nachdem sich die Kartoffeldämme erwärmt haben, wird angewelkter Gründüngerschnitt als Mulch mit dem Miststreuer ausgebracht. Bei wechselhafter Witterung sollte eher zu zeitig als zu spät gemulcht werden, da eine Applikation auf das Laub der Kartoffel deren Entwicklung stört und deren Anfälligkeit gegenüber Krankheiten erhöht. Ein Abprallblech, horizontal gelagerte Streuwalzen und eine Häcksellänge von etwa 7 cm gewährleisten eine präzise Applikation von etwa 7 kg Frischmasse pro Quadratmeter (vgl. Abb. 1). Auch beim Mulchen ist der Düngeverordnung Rechnung zu tragen, weshalb auf die Stickstoffgehalte der verwendeten Mulchmaterialien zu achten ist. Insbesondere wenn Klee gras als Mulch genutzt werden soll, ist aufgrund des

hohen Stickstoffgehaltes (enges C / N-Verhältnis) sparsam zu dosieren. Weitere beikrautregulierende Maßnahmen wie Häufeln sind in gemulchten Kartoffeln nicht mehr möglich. Starke Zwischenfrüchte unterdrücken einerseits die Beikräuter und versorgen andererseits die Kartoffelpflanzen – zusätzlich zum Mulch – noch mit Nährstoffen. Das fördert einen frühzeitigen Reihenschluss, wodurch eine weitere Beikrautregulierung nicht mehr erforderlich ist.

Bodenbearbeitung auf ein Minimum reduziert

Um die Auswirkungen von unterschiedlichen Zwischenfrüchten und Transfermulchmaterialien zu testen, wurde an der Universität Kassel ein Pilotversuch durchgeführt. Nach der Zwischenfruchtaussaat wurde die Bodenbearbeitung auf ein Minimum reduziert. Ziel war es, die günstigste Kombination hinsichtlich Bodenaufbau und Ertrag zu ermitteln. Der Versuch fand 2016 / 17 in Neu-Eichenberg in Nordhessen mit einem mittleren Jahresniederschlag von 634 mm und einem Temperaturmittel von 9,3 °C auf einer stark vergleyten Lössparabraunerde mit durchschnittlich 75 Bodenpunkten statt.

In einer vierfach wiederholten Blockanlage wurden Mitte September Parzellen mit den überwinterten Zwischenfrüchten Winterwicke (*Vicia villosa*), Landsberger Gemenge (*Vicia villosa*, *Trifolium incarnatum* und *Lolium multiflorum*) und Wicktriticale (*Vicia villosa* und *x Triticosecale sp.*) sowie eine Beikrautbrache als Kontrolle nach Weizenvorfrucht angelegt. Der Umbruch fand Anfang April wie oben beschrieben statt. In Streifen wurden zum Auflaufen der Kartoffeln die Mulcharten Stroh, Wicktriticale, Klee gras und Heu sowie eine ungemulchte Kontrolle angelegt. Eine zusätzliche Düngung erfolgte nicht.

Spatendiagnose zur Analyse des Gefüges

Um die Veränderungen im Gefüge zu erfassen, wurden vor dem Umbruch der Gründünger, zur Kartoffelblüte und vor der Ernte die erweiterte Spatendiagnose nach Beste (2003) durchgeführt. Diese

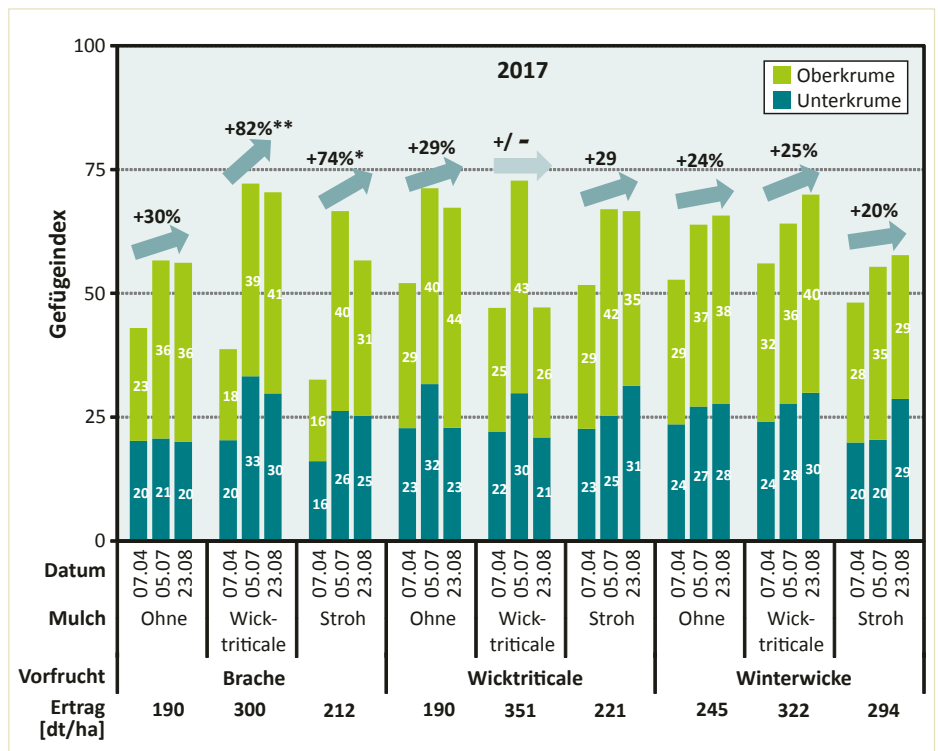


Abb. 3:

Garezzustand in Ober- und Unterkrume vor Umbruch der Zwischenfrüchte (07.04), zur Kartoffelblüte (05.07) und vor der Ernte (23.08). Über den Balken wird die Veränderung des Gefügeindex in % und statistisch signifikante Unterschiede durch * gekennzeichnet (lineare Kontraste, LME). Unter den Varianten werden die Erträge aufgeführt.

benotet das Gefüge nach einem Boniturschema und prüft die Stabilität der Bodenkrümel. Dazu werden 45 Krümel mit 3–5 mm Größe eine Minute unter Wasser gesetzt, erschüttert und anschließend die Anzahl stabile versus zerfallene Krümel gezählt. Diese einfache Methode erlaubt durch die Indikatoren Häufigkeit, Qualität und Wasserstabilität der Krümel Rückschlüsse auf die Bodenbiologie zu ziehen, da diese die Krümelbeschaffenheit maßgeblich beeinflusst.

Um wasserstabile, lebendverbaute Krümel in der Auswertung stärker zu gewichten, wurden Gefügenote und der Prozentsatz stabiler Krümel zu dem Gefügeindex nach Junge et al. (2019) zusammengeführt. Der Gefügeindex kann für die Ober- (0–15 cm) und Unterkrume (15–30 cm) maximal 50 Punkte erreichen, was in einer Skala von 0 (ungünstig) bis 100 (außergewöhnlich) dargestellt wird. Aus Erfahrung kann gesagt werden, dass der Gefügeindex



Abb. 4: Krümelgefüge vor der Ernte am 06.09.2017 in der Variante Zwischenfrucht Winterwicke – Wicktriticale-mulch. Die Oberkrume weist einen stark texturierten Lebendverbau auf während die Unterkrume kompakter und trotzdem porös erscheint. Die Wurzeln der zuvor angebauten Zwischenfrucht düngen und bilden nach deren Zersetzung ein kapillares System welches die Wasserversorgung erheblich verbessert.

im Ackerbau zwischen 10 und 35 Punkte liegt. Mehr als 40 Punkte sind als gute fachliche Arbeit zu bewerten.

Unterschiedliche Wirkung der Zwischenfrüchte

Die unterschiedlichen Zwischenfrüchte bewirkten bereits deutliche Unterschiede im Gefügebau (Abb. 2). Über die Kartoffelsaison hinweg verbesserte ein Großteil der Varianten den Gefügeindex. Neun Varianten (drei mit Beikrautbrache, drei mit Zwischenfrucht Wicktriticale und drei mit Winterwicke) werden in Abb. 3 im Detail vorgestellt. Der Mulch verbesserte insbesondere den Gefügeindex bei den Brachevarianten (Abb. 3 links). Der Grund für die großen Unterschiede zwischen 7. April 2017 und 23. August 2017 war die schlechte Vorfruchtleistung der Beikräuter (vgl. Abb. 2). Die Wirkung des Wicktriticalemulchs ist insbesondere nach Beikrautbrache hervorzuheben. Der Gefügeindex wurde von 38 um auf 71 (um 82 %) signifikant angehoben und ein Marktertrag von 300 dt / ha erzielt. Werden Wicktriticale oder reine Winterwicke als Zwischenfrucht angebaut, ist die Gare im Vergleich zur Unkrautbrache bereits im April deutlich verbessert (Abb. 2 und 3). Zusätzlich wurde das Bodengefüge bis zur Ernte meist noch weiter verbessert (Abb. 3 und 4). Die

zweithöchsten Erträge mit 322 dt / ha lieferte Winterwicke als Vorfrucht mit Wicktriticalemulch. Forschungsbedarf illustriert die Variante mit Wicktriticale als Vorfrucht und Mulch: Nach einer starken Verbesserung des Gefügeindex bis zur Blüte wurde dieser bis zur Ernte wieder auf den Anfangswert reduziert, erzeugte jedoch mit 351 dt / ha die höchsten Markterträge.

Winterwicke verbessert die Gare deutlich

Am einfachsten umzusetzen ist die Variante ‚Winterwicke als Vorfrucht ohne Mulch‘. Diese konnte die Gare erheblich verbessern und gleichzeitig durchschnittliche Markterträge von 245 dt / ha ohne zusätzliche Düngung erzeugen. Die geringen Erträge der Varianten ohne Mulch lassen sich durch eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit und die fehlende Düngung erklären. Unter den gemulchten Varianten blieben die Wurzeln vor Hitzestress geschützt, die Wasserverfügbarkeit wurde verbessert und zusammen mit den enthaltenen Nährstoffen führte dies zu einem raschen Bestandesschluss. Kein Bestandesschluss konnte in den Varianten ohne Mulch bzw. nach Beikrautbrache oder Landsberger Gemenge sowie in den Varianten, die mit Stroh gemulcht wurden, erreicht werden.



Abb. 5: Der Aufbau des Bodens findet bis zur Ernte statt. Die Befürchtungen, dass die Dämme zu flach sind und viele grüne Knollen entstehen erwiesen sich als unbegründet.

Phytophanitäre Effekte der Mulchauflage

Der Mulch hatte auch phytophanitäre Effekte. So wurden Kartoffelkäferlarven und -eigelege durch den Mulch um bis zu 30 % reduziert, was wahrscheinlich einerseits mit einer Pflanzenstärkung und andererseits der Förderung von Prädatoren zusammenhängt. Die Braunfäule (*Phytophthora infestans*) und Blattdürre (*Alternaria solani*) werden deutlich verzögert, was durch den pflanzenstärkenden Effekt, ein ungünstiges Mikroklima für die Schaderreger, aber auch durch die physische Barriere zwischen Boden und Pflanze bedingt wird. Die angeführten Effekte traten in mehreren Experimenten über die Jahre auf (Finckh et al., 2018). Trotz der Zuführung hoher Mengen organischer Substanz konnte keine fördernde Wirkung auf *Rhizoctonia solani*, *Erwinia carotovora*, Drahtwurm- oder Drycoreschäden an den Kartoffelknollen festgestellt werden. Ebenfalls führte die Bedeckung durch den Mulch zu keinen erhöhten Mäuseschäden. Einzig der Klee grassmulch führte zu signifikant erhöhten Schäden durch Schnecken, was mit deren Nahrungspräferenzen zusammenhängt. Die Wirkung gegen Beikräuter hängt von vielen Faktoren wie Häcksellänge, Stickstoffgehalt und allelopathischen Ausscheidungen bei der Zersetzung ab. Zu empfehlen sind stickstoffreiche Mulchmaterialien, die einen raschen Reihenschluss und damit die Lichtkonkurrenz fördern. Vorsicht ist bei Wurzelunkräutern geboten. Deren Rhizome sind den Speicherorganen der Kartoffel nicht unähnlich,

Im Rahmen des vom Bundeslandwirtschaftsministerium geförderten Forschungsvorhabens VORAN (Verbesserung Ökologischer Fruchtfolgen mit Transfermulch für ein Regeneratives, Angepasstes Nährstoffmanagement) wird die effiziente Nutzung der Nährstoffe aus den Mulchmaterialien und die Erfassung möglicher Auswaschungsverluste sowie die bodenbiologischen Mechanismen hinter dem Gareaufbau untersucht. Zusammen mit vier teilnehmenden Betrieben soll die Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit des Systems erforscht und verbessert werden. Das EU-Projekt ECOSTACK untersucht begleitend die Wirkung des Mulches auf Nützlinge. Daneben werden Spritzungen mit Komposttees, wie von einigen Praktikern und der Beratung der Grünen Brücke empfohlen, getestet. Ihnen werden Düngeeffekte und eine positive Beeinflussung des Mikrobioms auf der Pflanze zugeschrieben.

weswegen sie von den positiven Eigenschaften der Mulchauflage wie die Kartoffel profitieren können. Strohmulch kann wegen seiner stickstoffimmobilisierenden Eigenschaften nicht empfohlen werden. Das Landsberger Gemenge eignete sich nur bedingt als Vorfrucht. Es führte zwar zu einem sehr guten Gefügebau, das Weidelgras in der Mischung war jedoch trotz Einsatz der Fräse nur schwer zu regulieren und sorgte für Durchwuchs. Die Wirkung auf den Ertrag war schwach bis mittelmäßig.

Auswirkungen auf die Nachfrüchte

Die ertragswirksamen Effekte zeigten sich bis in die Nachfrucht Triticale im extrem trockenen Folgejahr 2018. Der Auflauf im Herbst war in den Varianten ohne Mulch im Vergleich zu den gemulchten Varianten wegen Wassermangel gehemmt. Dazu scheint das weite C/N-Verhältnis des Strohs zu einer klassischen Stickstoffimmobilisierung geführt zu haben. Im Vorjahr ungemulchte bzw. mit Strohmulch behandelte Parzellen brachten nur unterdurchschnittliche Erträge von 47 und 45 dt/ha. Klee gras, Heu und Wicktriticale als Mulch steigerten den Ertrag hingegen auf 55, 56 bzw. 57 dt/ha.

Stephan Junge,
Fachgebiet Ökologischer
Pflanzenschutz,
Universität Kassel



Fazit

Das einjährige Experiment zeigte, dass im ökologischen Kartoffelanbau gute Erträge bei gleichzeitigem Gareaufbau möglich sind. Entscheidend für den Erhalt der Gare ist die zeitnahe Einsaat einer Zwischen- oder Nachfrucht (hier im Beispiel Triticale) nach der starken Bodenbewegung zur Ernte. Insbesondere nach trockenen Sommern, in welchen die organische Substanz nicht zersetzt wird, müssen Zwischenfrüchte oder Folgekulturen gewählt werden, welche in der Lage sind, den Reststickstoff vor dem Winter zu binden und vor der Auswaschung zu bewahren. Brassicaceen bieten sich hier als Hauptfrucht oder Untersaat im Wintergetreide an. Neben den hohen Stickstofffrachten ist die bisher geringe Flächenleistung bzw. der hohe Arbeitszeitaufwand beim Ausbringen von Mulch für den großflächigen Anbau ein Hindernis.

Durch die effiziente Verwertung von Gründüngern und der Erzeugung hoher Speisequalitäten ist das System vor allem für viehlose Direktvermarkter geeignet. Ohne Mulch hat sich Winterwicke als Zwischenfrucht vor den Kartoffeln durch ihre Ertragswirksamkeit und die gute

Prof. Dr. Maria Finckh,
Fachgebiet Ökologischer
Pflanzenschutz,
Universität Kassel



Beikrautkontrolle als praxisrelevante pfluglose Anbauvariante bewährt. Der Trend geht auch im Ökolandbau zur Spezialisierung, Intensivierung, und Ökonomisierung. Dies wirkt entgegen dessen Grundprinzipien der Fairness, Gesundheit von Boden, Pflanze und Menschen, der Nutzung von Kreisläufen im lebendigen Ökosystem und der Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen. Parallel zur ökonomischen Intensivierung ist daher auch eine ökologische Intensivierung notwendig, wenn der Ökolandbau seinen eigenen Ansprüchen und denen seiner Kunden gerecht bleiben will.

Literatur:

- Beste, A., 2003. Erweiterte Spatendiagnose: Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung, 1. Aufl. ed, Schriftenreihe Agrarwissenschaft. Köster, Berlin.
- Finckh, M. R., Bacanovic, J., Junge, S. M., Wedemeyer, R., Schmidt, J. H., Hallmann, J., Baresel, J. P., 2016. Neue Genotypen gesucht – Das EU-Projekt OSCAR (Optimising Subsidiary Crop Applications in Rotations) Ergänzende Pflanzen zur Systemoptimierung in der pfluglosen Landwirtschaft. LOP – Landwirtschaft. Ohne Pflug 32–39.
- Finckh, M. R., Junge, S. M., Schmidt, J. H., Weedon, O. D., 2018. Disease and Pest Management in Organic Farming: A Case for Applied Agroecology, in: Köpke, U. (Ed.), Improving Organic Crop Cultivation, Agricultural Science. Burleigh Dodds Science Pub, Cambridge, p. 480.
- Junge, S. M., Pfister, J., Wedemeyer, R., Finckh, M. R., 2019. Regenerative Landwirtschaft – Bewertung des Systems durch die Erweiterte Spatendiagnose am Beispiel Kartoffel, in: Innovatives Denken Für Eine Nachhaltige Land- Und Ernährungswirtschaft. Beiträge Der 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Presented at the 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Dr. Köster, Berlin.
- Kandeler, E., Tschirko, D., Spiegel, H., 1999. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralisation and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. Biol. Fertil. Soils 28, 343–351. <https://doi.org/10.1007/s003740050502>
- Nelson, K. L., Lynch, D. H., Boiteau, G., 2009. Assessment of changes in soil health throughout organic potato rotation sequences. Agric. Ecosyst. Environ. 131, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.01.014>
- Pittelkow, C. M., Liang, X., Linquist, B. A., Van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R. T., van Kessel, C., 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. Nature 517, 365–368.
- Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K., 1999. Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 1350–1358. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6351350x>