

Praxistests zur Sojadirektsaat im Ökolandbau am südlichen Oberrhein

 Bericht zu den Anbaujahren 2014 - 2017



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg



Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Einleitung und Zielsetzung..... | 3 |
| Aufbau und Durchführung der Praxistests..... | 3 |
| Witterung..... | 3 |
| Versuchsvarianten..... | 4 |
| Bodenbearbeitung und Aussaat..... | 4 |
| Ernte..... | 6 |
| Erfahrungen aus den Praxistests..... | 7 |
| Saison 2014/15..... | 7 |
| Saison 2015/16..... | 8 |
| Saison 2016/17..... | 8 |
| Diskussion..... | 10 |
| Etablierung der Zwischenfrucht..... | 10 |
| Aussaat und Keimung der Sojabohne..... | 11 |
| Beikrautentwicklung und -unterdrückung..... | 12 |
| Erträge und Wirtschaftlichkeit..... | 12 |
| Vergleich mit konventionellem Versuch..... | 13 |
| Fazit..... | 13 |
| Literatur..... | 14 |
| Anhang..... | 15 |

Einleitung und Zielsetzung

Im ökologischen Sojaanbau ist die Zeit der Jugendentwicklung vor dem Reihenschluss eine besondere Herausforderung. Die Sojabohne mit ihrer anfänglich langsamen Entwicklung und geringen Konkurrenzkraft ist in dieser Phase auf eine intensive und konsequente Beikrautbekämpfung angewiesen. In der Regel braucht die Sojakultur drei bis fünf Striegel- und Hackgänge bis ausreichend Blattmasse vorhanden ist, die das Aufwachsen weiterer Beikräuter unterdrückt (Recknagel & Weber 2017). Der über lange Zeit offene Boden ist häufig Verschlammung ausgesetzt und insbesondere auf hängigen Standorten stark erosionsgefährdet.

Bei der Sojadirektsaat wird die Sojabohne ohne weitere Bodenbearbeitung in eine frühblühende, unkrautunterdrückende Vorkultur gesät. Dabei sind unterschiedliche Varianten in der Bearbeitung der Vorkultur möglich. Soll noch eine Nutzung der Vorkultur als Biogas oder Futter erfolgen, wird diese vor der Sojaeinsaat gemäht und abgeräumt. Verfahren, bei denen die Biomasse auf dem Acker verbleibt, sind das Mulchen oder - als weniger energieintensive Variante - das Walzen der Vorkultur. Für den ökologischen Landbau eignen sich besonders diejenigen Verfahren, bei denen die Zwischenfrucht als gewalzte Schicht auf dem Acker verbleibt (Cropp 2016; Bernstein et al. 2014; Vogt-Kaute 2014; Asam et al. 2013; Böhler & Dierauer 2017). Dies bestätigen auch die Ergebnisse aus einem dem vorliegenden Praxistest vorangegangenen Tastversuch am LTZ in Müllheim (Nußbaumer et al. 2014).

Direktsaatverfahren bei denen die Vorkultur gewalzt oder als Mulch auf dem Acker verbleibt, tragen durch die dauerhafte Bodenbedeckung und den Wegfall von Überfahrten zur Bodenschonung und zum Humusaufbau bei. Die Bedeckung des Bodens sorgt für eine effektive Beikrautunterdrückung (Ateh & Doll 1996; Bernstein et al. 2014). Nicht zu vernachlässigen ist zudem der Aspekt des Brechens von Arbeitsspitzen durch die eingesparten Striegel- und Hack-Überfahrten in einer Zeit mit ohnehin hohem Arbeitsanfall im Ackerbau (Cropp 2016; Recknagel & Weber 2017).

In den vorliegend beschriebenen dreijährigen Praxistests wurde der Frage nachgegangen, unter welchen Voraussetzungen sich die Direktsaat in gewalztes Wintergetreide für den breiteren Anbau eignen kann. Wichtige Bausteine zur Beantwortung dieser Frage waren die Erfahrungen und Bewertungen der PraktikerInnen.

Aufbau und Durchführung der Praxistests

Die Praxistests wurden im Raum Müllheim (Höhe ü. NN \pm 225 m, \varnothing Jahresniederschlag 675 mm, mittlere Jahrestemperatur 11,1 °C) auf ökologisch bewirtschafteten Flächen des LTZ Augustenberg (Bioland) sowie in Kooperation mit dem Betrieb Ruesch (Demeter) durchgeführt. Alle Flächen werden seit vielen Jahren viehlos bewirtschaftet. Der Anbau erfolgte jedes Jahr an mindestens zwei Standorten. Die Schläge des LTZ hatten eine Größe von rund 1 ha. Die Schläge des Betriebs Ruesch waren zwischen 2 und 4 ha groß.

Witterung

Die Temperaturverläufe und Niederschläge waren in den drei Jahren recht unterschiedlich. So war die Saison 2014/15 schon früh sehr heiß und besonders im Frühsommer geprägt von Trockenheit, die in ihren Auswirkungen durch die vorgängig geringen Winterniederschläge verstärkt wurde. Die Saison 2015/16 dagegen war insgesamt und besonders zur Aussaat sehr feucht, bei über die gesamte Saison

hinweg recht kühlen Temperaturen. Auch in der Saison 2016/17 waren die Winterniederschläge wieder sehr gering, besonders gekennzeichnet war diese Saison allerdings durch eine lang anhaltende Kälteperiode Ende April bis weit in den Mai hinein (Anhang Abbildungen 8 - 10). Die Witterungsverläufe spiegeln sich auch in der Frühjahrsbodentemperaturentwicklung der betreffenden Jahre. Ab spätestens Anfang Mai war in allen drei Jahren die für die Sojabohne kritische Bodentemperatur von 10°C dauerhaft überschritten (Abbildung 1).

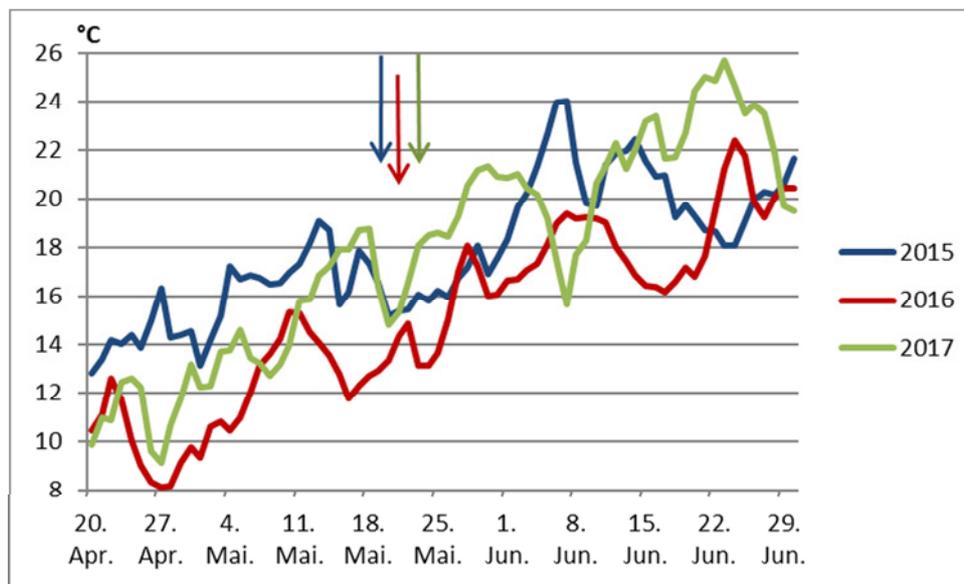


Abbildung 1: Bodentemperaturen unter bewachsenem Boden (5cm) Wetterstation Müllheim LTZ, Mai, Jahre 2011-17. Die Pfeile weisen auf die Aussaatzeitpunkte der betreffenden Jahre.

Versuchsvarianten

Im ersten Versuchsjahr wurde neben Winterroggen an beiden Standorten Wintergerste als zweite Zwischenfruchtvariante angebaut. Die Bearbeitung der Zwischenfrucht vor der Sojaaussaat wurde im ersten Versuchsjahr in den beiden Varianten 1) Walzen und 2) Häckseln ausgeführt. In den beiden letzten Versuchsjahren wurde nur noch Winterroggen als Zwischenfrucht angebaut, der zur Aussaat gewalzt wurde. Am Standort des LTZ war in den letzten beiden Jahren der Praxistest Teil eines Düngerversuchs. Da die Düngervarianten keinen wesentlichen Effekt auf den Ertrag der Sojabohnen hatten (s. Tabelle 3 im Anhang), werden diese an dieser Stelle nicht weiter besprochen.

Bodenbearbeitung und Aussaat

Die Grundbodenbearbeitung erfolgte am Standort des LTZ zur Aussaat des de facto als Zwischenfrucht dienenden Wintergetreides im 1. Jahr mit Pflug, im 2. und 3. Jahr mit Stoppelhobel, Grubber und Scheibenegge. Die Saatbettbereitung erfolgte mit einer Kreiselegge. Das Wintergetreide wurde Ende Oktober bis Mitte November (Tabelle 1) im üblichen Drillabstand ausgesät. Beim Betrieb Ruesch erfolgte die Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug und der Scheibenegge. Das Walzen bzw. Mulchen der Zwischenfrucht und die Aussaat der Sojabohne erfolgte am LTZ und beim Betrieb Ruesch in der zweiten Maihälfte in einem einzigen Arbeitsgang mit einer bodenangetriebenen Messerwalze im Frontanbau und einer Direktdrillsaatmaschine (Semeato TDNG 300M) im Heckanbau, beide mit einer Arbeitsbreite von 3 m. Der Reihenabstand betrug 17 cm und die Aussaatiefe lag bei 4 - 5 cm. Die Aussaatstärke wurde mit 60 - 65 keimfähige Körner/m² etwas höher

gewählt als für das herkömmliche Anbauverfahren empfohlen (Tabelle 1 und 2). Mit der Messerwalze wird der Roggen flach auf den Boden gedrückt, zusätzlich werden mit den an der Walze angebrachten stumpfen Messern die Roggenhalme gequetscht, um den Assimilattransport in den Pflanzen zu unterbrechen und somit ein Weiterwachsen und Wiederaufrichten der Pflanzen zu verhindern. Die Säscharen der Semeato schneiden durch die Mulchschicht und sorgen so zusammen mit den Andruckrollen für eine sichere Ablage und ausreichenden Bodenschluss des Saatgutes. Das Häckseln erfolgte mit einem Schlegelhäcksler unmittelbar vor der Aussaat. Damit sich das Wintergetreide nach dem Walzen nicht wieder aufrichtet bzw. nach dem Mulchen nicht wieder austreibt, muss es zu diesem Zeitpunkt die Vollblüte erreicht haben. Am südlichen Oberrhein wird dieses Stadium bei Wintergerste und frühem Winterroggen (Grünroggen) üblicherweise in der mittleren Maidekade erreicht.



Abbildung 2: Walzen des Roggens mit Messerwalze und Aussaat mit Semeato in einem Arbeitsgang.



Abbildung 3: Rollschare der Semeato. Sie schneiden durch die Roggendecke und ermöglichen eine sichere Ablage.

Ernte

Die Ernte erfolgte zwischen Mitte September und Mitte Oktober. Die Erntemengenerfassung wurde auf den Flächen des LTZ im ersten Jahr mittels Probeschnitten von Hand, in den beiden folgenden Jahren mit dem Parzellenmähdrescher vorgenommen. Beim Betrieb Ruesch erfolgte die Ernte mit einem handelsüblichen Mähdrescher. Die Erntemenge wurde dort nach dem Füllstand des Erntewagens geschätzt.

Tabelle 1: Standort- und Anbaudaten am Standort LTZ

| STANDORT LTZ | Versuchsjahr 2014/15 | Versuchsjahr 2015/16 | Versuchsjahr 2016/17 |
|---|---|-------------------------|-------------------------|
| Schlag | Winkelmatten Mitte | Hacher Weg | Winkelmatten West |
| Bodenart | uL | sL | uL |
| Bodenzahl/ Ackerzahl | 75/87 | 38/42 | 76/88 |
| Vorfrucht | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen |
| Zwischenfrucht | Grünroggen/ Futtergerste | Grünroggen | Grünroggen |
| Sorte Zwischenfrucht | Protector/Highlight | Protector | Protector |
| Sojasorte | Primus | Primus | Lenka |
| Aussaatstärke Soja [KfK/m²] | 65 | 60 | 65 |
| Saatzeitpunkt Zwischenfrucht | 27.10.2014 Nachsaat Hafer: 10.03.2015 | 20.10.2015 | 03.11.2016 |
| Saatzeitpunkt Soja | 19.05.2015 | 20.05.2016 | 23.05.2016 |
| Erntezeitpunkt | 02.10.2015 | 15.09.2016 | 17.10.2017 |
| Bemerkungen | Varianten wurden nicht getrennt erfasst | Teil von Düngeversuch | Teil von Düngeversuch |

Tabelle 2: Standort- und Anbaudaten am Standort Betrieb Ruesch

| | Versuchsjahr 2014/15 | Versuchsjahr 2015/16 | Versuchsjahr 2016/17 |
|--|---------------------------------------|--|-------------------------|
| Schlag | 1) Hohle 2) Totenweg | 1) Entenloch 2) Britzingerstrasse | Laufen |
| Bodenart | 1) tL | 1) IT | uL |
| Bodenzahl/ Ackerzahl | 2) L | 2) uL | 76/88 |
| Vorfrucht | 1) Triticale 2) Soja | 1) Triticale 2) Triticale | Triticale |
| Zwischenfrucht | 1) Wi-Speiseroggen 2) Wintergerste | 1) Wi-Speiseroggen 2) Wi-Grünroggen | Wi-Speiseroggen |
| Sorte Zwischenfrucht | Danko | 1) Danko 2) Protector | Danko |
| Sojasorte | Primus | 1) Primus 2) Taifun 3 | Primus |
| Aussaatstärke Soja [kf.K/m²] | 90 | 90 | 90 |
| Saatzeitpunkt Soja | 19.05.2015 | 20.05.2016 | 23.05.2017 |

Erfahrungen aus den Praxistests

Saison 2014/15

Auf einer der Müllheimer Versuchsflächen des LTZ wurde im Spätherbst Grünroggen und als zweite Zwischenfruchtvariante Wintergerste ausgesät. Die im August 2014 ausgebrachte und eingearbeitete Kleegrassilage führte zu einem massiven Schneckenfraß, sodass im Frühjahr in den entstandenen Lücken mit Hafer nachgesät wurde. Dieser konnte allerdings bis zur Aussaat der Sojabohne nicht mehr genug Biomasse produzieren, um eine ausreichende Beikrautunterdrückung zu gewährleisten (Details zu Anbaudaten in Tabelle 1). Außerdem hatte der Hafer zum Zeitpunkt des Walzens noch nicht die Blühphase erreicht, in der sich das Getreide nach einem Knicken und Walzen der Halme nicht wieder aufrichtet. Somit kam es in den gewalzten Varianten im weiteren Verlauf zu einem beträchtlichen Haferdurchwuchs. Die Bestandesdichte der Sojabohne war insgesamt relativ dünn. Die Ertragsmessung ergab durchschnittliche Erträge von 20 – 28 dt/ha an den Stellen mit normaler Entwicklung (Durchschnittserträge Abbildung 7).



Abbildung 4: Sojabestand mit sich wieder aufrichtenden Roggenhalmen und teilweise Kleedurchwuchs

Auf dem Betrieb Ruesch wurden in der gleichen Saison in beiden Zwischenfruchtvarianten 23 dt/ha erzielt. Die Streifen, auf denen gemulcht wurde, waren stellenweise mit mehr Beikraut durchsetzt als die Flächen mit gewalzter Vorfrucht. Auch der Sojabestand mit Wintergerste als Vorfrucht war durch

die gegenüber dem Roggen weniger dicke Mulchschicht stellenweise mit etwas mehr Beikraut durchsetzt, was aber offenbar keine Auswirkung auf den Ertrag hatte. Insgesamt konnte sich durch die Roggenauflage (unabhängig davon ob gewalzt oder gehäckselt) ein für die Keimung der Sojabohnen günstiges feuchtes Mikroklima aufbauen. Zudem konnte die Roggenauflage in diesem sehr trockenen und strahlungsintensiven Sommer eine stete Beschattung des Bodens gewährleisten.

Saison 2015/16

Die Sojabohne erbrachte auf der Fläche des LTZ lediglich einen Ertrag von 13 – 20 dt/ha. Der in diesem Jahr genutzte Sojabohnenschlag ‚Hacher Weg‘ ist sehr kiesig und vom Boden her deutlich ärmer und trockener als die Schläge (Tabelle 1) in den beiden anderen Jahren. Außerdem gab es einen beträchtlichen Durchwuchs von Rotklee. Der Feldaufgang der Sojabohne war zögerlich und relativ lückig. Die Ertragsermittlung erfolgte mit dem Parzellenmähdrescher. Somit dürften die in diesem Jahr ermittelten Erträge deutlich näher an in der Praxis zu erzielenden Erträgen liegen, als die im Vorjahr von Hand durchgeführten Probeschnitte.

Auf dem Betrieb Ruesch wurden auf einem der beiden Schläge mit der Sorte Primus 25 dt/ha und 20 dt/ha mit der Sorte Taifun 3 erzielt. Auf einem weiteren, zu Staunässe neigenden Schlag erfolgte die Aussaat aufgrund von starker Nässe in sehr festen und zu feuchten Boden, wodurch die Bohnen im Saatschlitz nicht mehr richtig bedeckt werden konnten. Dort gingen die Erntemengen sehr stark auseinander. So wurden mit der Sorte Primus noch 18 dt/ha erzielt, Taifun 3 erbrachte nur 5 dt/ha. Sehr positiv bewertete die Landwirtin in diesem sehr feuchten Jahr mit häufigen Starkregenereignissen den Schutz des Bodens vor Erosion und Verschlammung durch die dicke Mulchschicht.

Saison 2016/17

Auch in diesem Jahr kam es wieder zu relativ starkem Kleegrasdurchwuchs auf der Fläche des LTZ. Zudem trat stellenweise eine starke Spätverunkrautung mit Melde, Hirse und Amaranth auf. Wie in den vorangegangenen Jahren stand die Soja relativ dünn. Gegenüber den stark mit Beikraut durchsetzten Parzellen wurde auf den weitgehend beikrautfreien Parzellen ein signifikant höherer Ertrag erzielt ($p < 0,001$). Die Erträge bewegten sich in einer weiten Spanne (Abbildung 5). Das Ertragsmittel lag jedoch auch bei den weitgehend beikrautfreien Parzellen deutlich unter den auf demselben Schlag mit herkömmlichen Anbauverfahren erzielten durchschnittlichen Sojaerträgen der letzten Jahre.

Auf dem Betrieb Ruesch wurden mit der Sorte Primus 27 dt/ha erzielt. Teilweise, besonders im Vorgewende gab es eine relativ starke Verunkrautung mit Hirse. In diesem Jahr war statt des biomasseintensiven Grünroggens eine Speiseroggensorte verwendet worden. Möglicherweise hatte die Roggenauflage an diesen Stellen nicht ausgereicht, um kräftigere Sommerunkräuter zu unterdrücken.

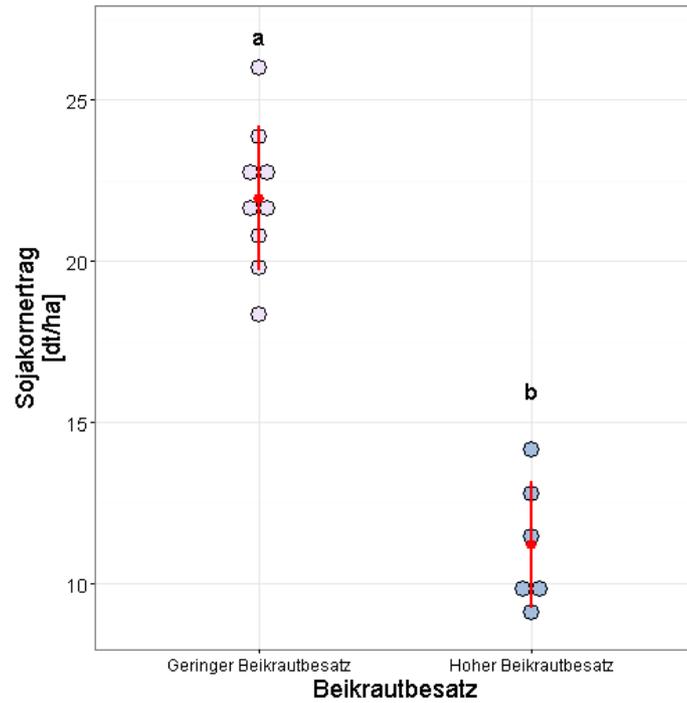


Abbildung 5: Sojakornertrag (dt/ha, TS 86%) in Abhängigkeit vom Beikrautbesatz. Dargestellt sind die einzelnen Werte als Punkte. Rote Punkte und Linien = Mittelwerte mit Standardabweichung (Geringer Beikrautbesatz: \bar{x} 22 dt/ha, Hoher Beikrautbesatz; \bar{x} 11 dt/ha). Die Buchstaben über den Graphen bezeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,001$).



Abbildung 6: Sojabestand in gewalztem Roggen mit Verunkrautung durch Gänsefußgewächse

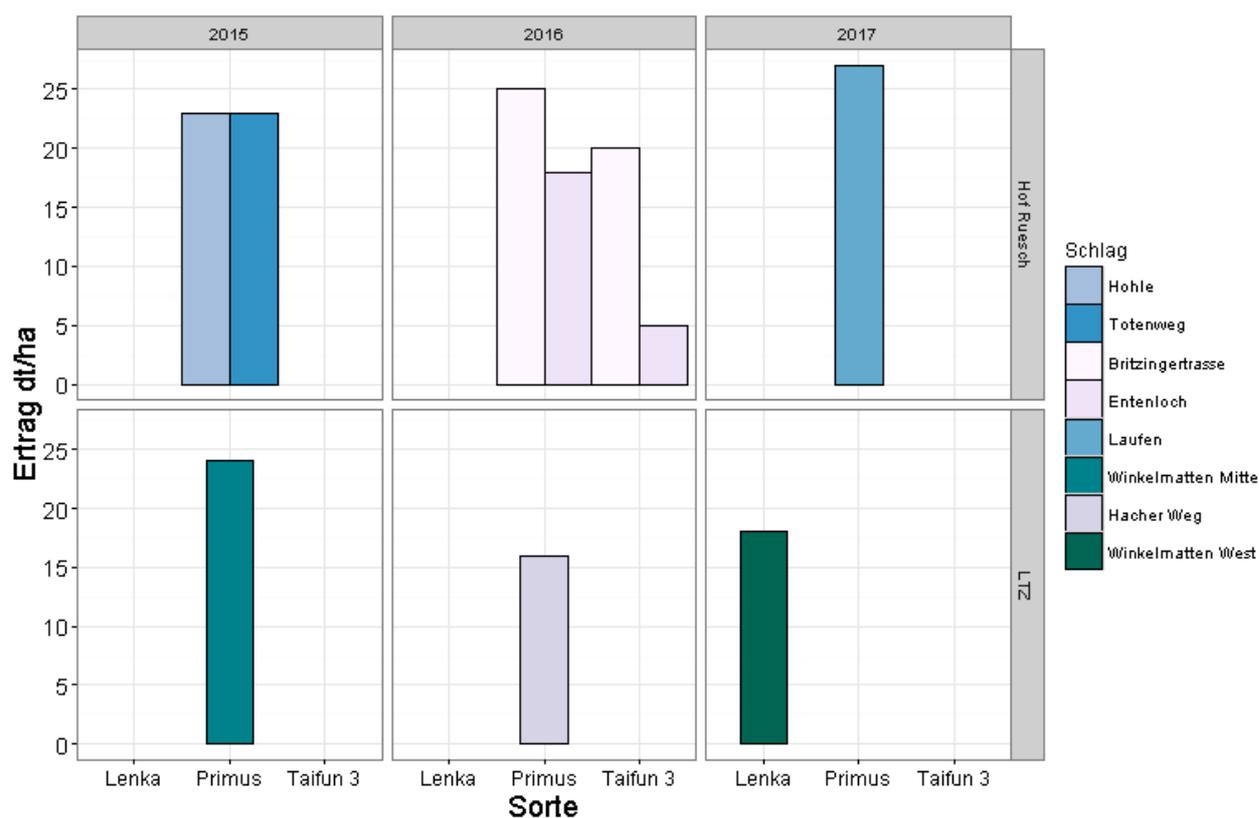


Abbildung 7: Durchschnittliche Erträge der Sojadirektsaat in den Jahren 2015 - 2017 bei Hof Ruesch und LTZ

Diskussion

Etablierung der Zwischenfrucht

Wie bereits im vorangegangenen Tastversuch hat sich im vorliegenden Praxistest gezeigt, dass für einen Erfolg der Sojadirektsaat eine gut etablierte Zwischenfrucht von größter Bedeutung ist. Die Zwischenfrucht muss bis zur Sojaaussaat ausreichend Biomasse produziert haben, um eine entsprechend dicke Mulchschicht zu bilden, die Erosion und Verschlammung und ganz besonders das Keimen und Durchwachsen von Beikräutern weitgehend verhindert. Vielfach wird bei Wintergetreide als optimale Biomasse eine Menge von etwa 8 t TM/ha angegeben (Cropp 2016; Smith et al. 2011). Die Biomasse wurde in vorliegendem Praxistest nicht systematisch erfasst, jedoch wird aufgrund der Auflagenstärke davon ausgegangen, dass 8 t TM/ha in der Regel nicht erreicht wurden. Auch bereits vor der Sojaaussaat sollte die Zwischenfrucht in der Lage sein, Beikräuter weitgehend zu unterdrücken. Die Zwischenfrucht muss blühen und sollte möglichst homogen entwickelt sein, damit sie nach der Bearbeitung mit der Messerwalze gleichmäßig liegen bleibt. Die Erfahrung zeigte, dass trotzdem einige der kleineren Bestockungstribe wieder aufstehen. Optisch ergibt das einen etwas „unordentlichen“ Eindruck, jedoch stören diese wenigen kleinen Getreidehalme die Sojabohne offenbar nicht in ihrer Entwicklung.

Generell wird Grünroggen wegen seiner schnellen Entwicklung und hohen Biomasseproduktion für die Sojadirektsaat empfohlen. Ziel ist eine Sojaussaat in der mittleren Mai-Dekade. Damit sich der Roggen nicht wieder aufrichtet, muss er zum Zeitpunkt des Walzens bereits in Vollblüte stehen.

Herkömmliche Roggensorten blühen etwa 7-10 Tage später. Für Bärbel und Friedrich Ruesch hatte der Anbau von normalem Roggen den Vorteil, dass er im Falle einer aus Witterungsgründen verunmöglichten Sojaaussaat noch als Marktfrucht gedroschen werden könnte. Zudem ist Grünroggenaatgut etwa ein Drittel teurer als normales Roggenaatgut.

Wintergerste als Zwischenfrucht hat den Vorteil, dass sie durch ihre zeitigere Blüte früher gewalzt werden kann als normaler Roggen, und so eine frühere Aussaat und entsprechend auch frühere Ernte der Sojabohne ermöglicht wird. Allerdings lassen am südlichen Oberrhein die Wärmesummen bzw. die Witterungsverhältnisse im Herbst auch bei einer sehr späten Sojasaat noch eine ausreichende Abreife zu und ermöglichen eine Ernte in der Regel bis in der ersten Oktoberhälfte, wie der vorliegende Praxistest und der vorangegangene Tastversuch bestätigen. Somit spricht in dieser Region nichts dafür, als Zwischenfrucht Wintergerste dem Winterspeise- bzw. grünroggen vorzuziehen. Die Gerste bildet weniger Biomasse als der Roggen und ist somit rein physisch durch die weniger dicke Auflage nicht so effektiv in der Beikrautunterdrückung. Beim Roggen führen zudem allelopathische Effekte zu einer wirkungsvollen Beikrautunterdrückung (Tabaglio et al. 2008), auch bereits während der Vegetationszeit.

Aufgrund der genannten klaren Vorteile des Roggens als gewalzte Matte wurde nach dem ersten Versuchsjahr nur noch Roggen als Zwischenfrucht angebaut. Auch das Häckseln der Zwischenfrucht wurde nicht weiterverfolgt, da die Bodenbedeckung mit diesem Verfahren nicht ausreichend war. In allen Jahren wurde der Roggen erst recht spät gesät. Nach (Cropp 2016), der sich auf Praxisversuche unter ökologischen Bedingungen in den USA bezieht, kann eine frühere Aussaat einen deutlichen Einfluss auf die Erhöhung der Biomasse haben. Auch eine Erhöhung der Saatkichte kann von Vorteil sein. Damit wird eine erhöhte Bestandesdichte erzielt, die während der Vegetationszeit des Roggens die Unkrautkeimung wirkungsvoller unterdrückt. In Jahren mit unterdurchschnittlichen Frühjahrsniederschlägen kann dies aber den Boden soweit austrocknen, dass die gleichmäßige schnelle Keimung der Sojabohne gefährdet wird.

Aussaat und Keimung der Sojabohne

Die ausreichende Bodenbedeckung der Sojabohne nach der Saat war auf dem Betrieb Ruesch auf schweren Böden bei starker Trockenheit wie im Jahr 2015 oder starker Nässe wie im Jahr 2016 nicht immer gewährleistet. Der Boden nicht zu feucht und klumpig sondern muss ausreichend krümelig sein, damit er wieder in den Saatschlitz rieselt und die Sojabohnen ausreichend bedeckt. Die Mulchschicht sorgt in der Regel für ein stabiles feuchtes Mikroklima, das die Sojabohne keimen lässt. Um möglichst wenig Unkrautsamen zur Keimung anzuregen, sollte der bei der Direktsaat bewegte Bodenstreifen möglichst schmal sein.

Ein weiterer hemmender Faktor, über den Asam et al. (2013) aus einem Praxisversuch in Niedersachsen im Jahr 2012 berichten, kann bei schweren Böden unter Direktsaat die dichte Lagerung des Bodens und seine damit erschwerte Durchwurzelbarkeit sein. Anstatt einer kräftigen Pfahlwurzel bildeten die Sojabohnen vor allem flache Seitenwurzeln aus und wiesen schließlich auch einen sehr geringen Besatz an Knöllchenbakterien auf. Möglicherweise waren in den Jahren 2015 und 2016 auf den schweren Böden des Betriebs Ruesch die Sojabohnen ebenfalls nicht in der Lage, ausreichende Pfahlwurzeln zu bilden.

Die Bestandesdichte war auf den Flächen des LTZ in allen drei Jahren unbefriedigend. Insofern stellt sich die Frage, ob sich eine Erhöhung der Saatstärke positiv auf den Feldaufgang auswirken könnte.

Auch die Saattiefe schien noch nicht optimal zu sein. Da der Sojakeimling bei der Mulchsaat nicht nur durch die Erde, sondern zusätzlich durch die etwa 5 – 8 cm dicke Roggenauflage stoßen muss, wäre eine flachere Ablage gegebenenfalls vorteilhafter. Unter der dicken Roggenauflage erwärmt sich der Boden mutmaßlich langsamer, als offener, bearbeiteter Boden. Die Sojabohne braucht für die Keimung und erste Entwicklung eine Bodentemperatur von mindestens 10°C. Die vorliegenden Daten der Müllheimer Wetterstation zur Bodentemperaturentwicklung unter bewachsenem Boden zeigen allerdings keine keimhemmenden Temperaturbereiche zur Zeit der Aussaat und frühen Jugendentwicklung (Abbildung 3).

Beikrautentwicklung und -unterdrückung

Der trotz eines größtenteils gut entwickelten Roggens stellenweise hohe Beikrautbesatz mit Gänsefußgewächsen wie Amaranth, Hirse und Melde auf den Flächen des LTZ im Jahr 2017 lässt die Wirkung der Roggenmulchdecke als effektive Unterdrückung dieser kräftigen und in Sojabohnen klassischen Sommerbeikräuter fraglich erscheinen. Nach Cropp (2016) wird es ab >10.000 potentiell keimfähigen Samen/m² problematisch. Böden mit sehr hohem Samenpotential sollten daher für die Direktsaat eher gemieden werden, da erhebliche Ertragsverluste bis hin zu Totalausfällen zu erwarten sind (Cropp 2016; Asam et al. 2013; Urbatzka et al. 2017). Allgemein bekannt ist, dass zur Unterdrückung von Wurzelbeikräutern und perennierenden Beikräutern die Mulchschicht generell nicht ausreicht. Häufig wurde in vorliegendem Praxistest beobachtet, dass die Beikräuter in gewalzten Roggen weniger wüchsig waren als bei herkömmlich gesäten Sojabeständen auf ganzflächig bearbeiteten Flächen. Stellschrauben für eine effizientere Beikrautunterdrückung liegen in der Förderung der Zwischenfrucht durch eine frühere Aussaat bzw. eine höhere Aussaatstärke. Auch eine N-Düngung zum Roggen wäre denkbar, diese begünstigt aber ebenso die Beikräuter und als organische Düngung u.U. auch die Schnecken, so dass der Effekt eher negativ ist (Müllheim 2014/15).

Erträge und Wirtschaftlichkeit

An beiden Standorten lag das Ertragsmittel der Sojadirektsaat um 20 - 40% unter dem auf den betreffenden Flächen in den Vorjahren mit herkömmlichen Anbauverfahren erzielten Ertragsmittel. Generell wird bei Direktsaat von geringeren Erträgen gegenüber gepflügten und gehackten Varianten ausgegangen. So ermittelte eine im Jahr 2014 durch Pittelkow et al. durchgeführte Metastudie, in der Ergebnisse von 610 Studien mit 48 Kulturen ausgewertet wurden, durchschnittlich geringere Erträge bei der Direktsaat von 5,7% gegenüber Pflugsystemen. Der ökonomische Vorteil liegt in der Kostenreduktion durch eingesparte Bearbeitungsgänge (Pittelkow et al. 2014 nach Seiter et al. 2017). Um bei den derzeitigen Preisen für ökologische Speisesoja von 90 €/dt mit der Direktsaat noch ökonomische Vorteile zu erzielen, darf der Minderertrag nicht über 8%¹ steigen. Diese Marke konnte über die drei Jahre an keinem der Standorte erreicht werden. In Betrieben mit knapper Arbeitskapazität im fraglichen Zeitraum wiegt aber die Einsparung von Arbeitszeit so schwer, dass auch größere Mindererträge akzeptiert werden. Als die wichtigsten Ertragshemmnisse wurden im vorliegenden Praxistest ungenügende Bestandesdichten der Sojabohne und hohe Beikrautkonkurrenz ausgemacht. Die entscheidenden Stellschrauben, wie eine optimal entwickelte und zum richtigen Zeitpunkt gewalzte Zwischenfrucht, eine angepasste Saatstärke und -tiefe sowie eine ausreichende Krümelstruktur des Bodens zur Saat wurden bereits diskutiert. Cropp (2016) betont zudem die Bedeutung der Bodengare unter der Zwischenfrucht für die Entwicklung der Hauptkultur. Ein schlecht

¹Eigener Rechenwert. Grundlage: Durchschnittliche Erträge Betrieb Ruesch mit herkömmlichem Saatverfahren 35dt/ha (3150 €/ha) bei durchschnittlich 5 Hackgängen (Maschineneinsatz: 250 €/ha). Hinzu kommen 5*1 h/ha Arbeitszeiterparnis. Die Saatgutkosten für (Grün)roggen wurden nicht berücksichtigt, da alternativ für Zwischenfrucht ebenfalls Saatgutkosten in ähnlicher Dimension anfallen würden.

durchlüfteter, zu dicht gelagerter Boden, der das Auslassen der Bearbeitung im Grunde nicht zulässt, sollte generell nicht für die Direktsaat in Betracht gezogen werden.

Vergleich mit konventionellem Versuch

In einem auf dem Stifterhof im Löbhoogelland des Kraichgaus in den Jahren 2015 - 2017 im konventionellen Landbau durchgeführten Versuch zur Sojadirektsaat wurden mit Grünroggen als Mulchdecke, unabhängig von der Art und Weise der Herbizidbehandlung deutlich geringere Erträge (10 – 12 dt/ha) als im vorliegenden Ökopraxistest erzielt. Offenbar führte der vermehrte Wasserbedarf des Grünroggens zu Wasserknappheit bei den Sojabohnen und hemmte so deren Entwicklung (Paeßens et al. 2016). Die Böden im vorliegenden Praxistest lieferten offenbar auch im trockenen Sommer 2015 noch genug Wasser nach, so dass dort Wasserkonkurrenz als ertragsmindernder Faktor weniger gravierend war. Während in den Monaten Juni-August 2015 die Niederschläge in Müllheim und am Stifterhof mit 130 mm praktisch gleich hoch ausfielen, gab es im Mai mit 91 mm in Müllheim und 48,5 mm auf dem Stifterhof etwa 42 mm höhere Niederschläge in Müllheim.

Fazit

Die Direktsaat von Sojabohnen in gewalzten Grünroggen ist unter den warmen Klimabedingungen des südlichen Oberrheins grundsätzlich ein geeignetes Anbauverfahren, insbesondere unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus, sofern die Wasserversorgung am Standort ausreicht.. Über den gesamten Versuchszeitraum reiften die Sojabohnen trotz des bei Direktsaat relativ späten Saattermins Mitte Mai noch ausreichend für eine problemlose Ernte zwischen Mitte September und Mitte Oktober ab.

Ertraglich war die Direktsaat herkömmlich bestellten Sojabohnen mit optimaler mechanischer Beikrautregulierung mehr oder weniger stark unterlegen. Als Ursachen dafür werden unzureichende Bestandesdichten und teilweise erhöhte Beikrautkonkurrenz angesehen.

Dennoch wurde die Direktsaat vom beteiligten Betrieb Ruesch als Ergänzung zum praktizierten herkömmlichen Anbauverfahren aufgrund der Arbeitszeiterparnis in Zeiträumen mit hohem Arbeitsanfall in anderen Betriebszweigen (Weinbau) sehr geschätzt. Sinnvoll erscheint die Direktsaat besonders bei ungünstig geschnittenen oder weit entfernten Flächen sowie auf Schlägen mit erosionsgefährdeten Lössböden und einigermaßen sicherer Wasserversorgung.

Als Voraussetzungen für das Gelingen der Direktsaat wurden eine ausreichende Biomasseproduktion der Zwischenfrucht mit den Stellschrauben Saatzeitpunkt, Saatstärke und Sortenwahl sowie eine ausreichende Bestandesdichte der Sojabohne durch eine etwas höhere Saatstärke der Sojabohne bei optimierter Saattiefe identifiziert.

Sehr deutlich zeigte sich, dass die Bodenbeschaffenheit eine große Rolle für eine gute Entwicklung der Sojabohne spielt. Die Entscheidung für die Direktsaat sollte von der Lagerungsdichte und der Gare, die potentiell unter der Zwischenfrucht erreichbar ist, abhängig gemacht werden. Auch sollten Schläge, die einen ausgesprochen hohen Beikrautdruck aufweisen, nicht für die Direktsaat in Betracht gezogen werden.

Literatur

- Asam, L., Spiegel, A., Schäfer, F., Wilbois, K.-P., Recknagel, J., 2013. Anbau von Sojabohnen in Mulch- und Direktsaat nach Futterroggen: Geht das in der Praxis? *LOP*, 5, S.30–35.
- Ateh, C.M. & Doll, J.D., 1996. Spring-planted winter rye (*Secale cereale*) as a living mulch to control weeds in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 10(2), S.347–353.
- Bernstein, E.R., Stoltenberg, D.E., Posner, J.L., Hedtcke, J.I., 2014. Weed Community Dynamics and Suppression in Tilled and No-Tillage Transitional Organic Winter Rye–Soybean Systems. *Weed Science*, 62(01), S.125–137.
- Böhler, D. & Dierauer, H., 2017. Messerwalze statt Glyphosat - Direktsaat von Mais in überwinternde Begrünungen unter Biobedingungen. *LOP*, 5, S.39–43.
- Cropp, J.-H., 2016. Quetschwalze statt Herbizid - Biodirektsaat von Soja und Körnermais in den USA. *LOP*, 8, S.32–37.
- Nußbaumer, H., Zeller, S. & Recknagel, J., 2014. *Direktsaat von Sojabohnen im Ökolandbau Tastversuche zur Direktsaat von Sojabohnen in Winterroggen und Wintergerste am Standort Müllheim, Berichtsjahre 2012-2014*. www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Versuchsergebnisse
- Pittelkow, C. M. et al., 2014. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture, *Nature* 13809
- Natasja van Gestel³, Johan Six⁴, Rodney T. Venterea^{5,6} & Chris van Kessel¹
- Recknagel, J. & Weber, J.F., 2017. Direktsaat von Sojabohnen in Süddeutschland – worauf kommt es an. *Landinfo*, 4, S.12–14.
- Seiter, C., Flaig, H., Hartung, K., Ott, J., Breuer, J., Möller, K., 2017. Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat: Systemvergleich Bodenbearbeitung, Abschlussbericht 2017.
- Smith, A.N., Rehberg-Horotn, S., Place, G., Meijer A., Mueller J., 2011. Rolled Rye Mulch for Weed Suppression in Organic No-Tillage Soybeans. *Weed Science*, 59(02), S.224–231.
- Tabaglio, V., Gavazzi, M., Schulz, M., 2008. Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(3), S.397–401.
- Urbatzka, P., Jobst, F. & Demmel, M., 2017. Mulch- und Direktsaat von Soja in abfrierende und überwinternde Zwischenfrüchte. In *Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Campus Weihenstephan, Freising-Weihenstephan, 7.-10. März 2017*. S. 66–67.
- Vogt-Kaute, W., 2014. *Direktsaat im ökologischen Landbau? Versuchsergebnisse aus den USA zeigen wie'sgeht*. Fibl und Sojainfo.de
www.sojafoerderring.de/wpcontent/uploads/2013/12/soja_website_direktsaat_rodale_ref.pdf

Anhang

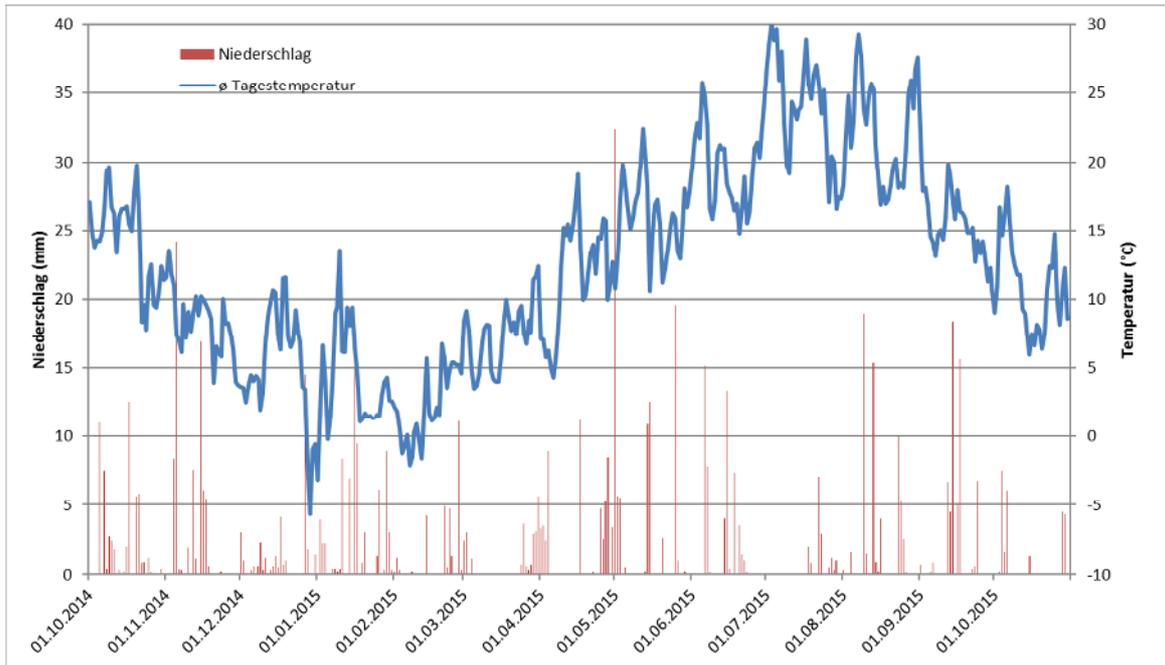


Abbildung 8: Durchschnittliche Tageslufttemperaturen (°C in 2 m Höhe) und Tagesniederschläge (mm) in der Saison 2014/15, Wetterstation Müllheim, LTZ

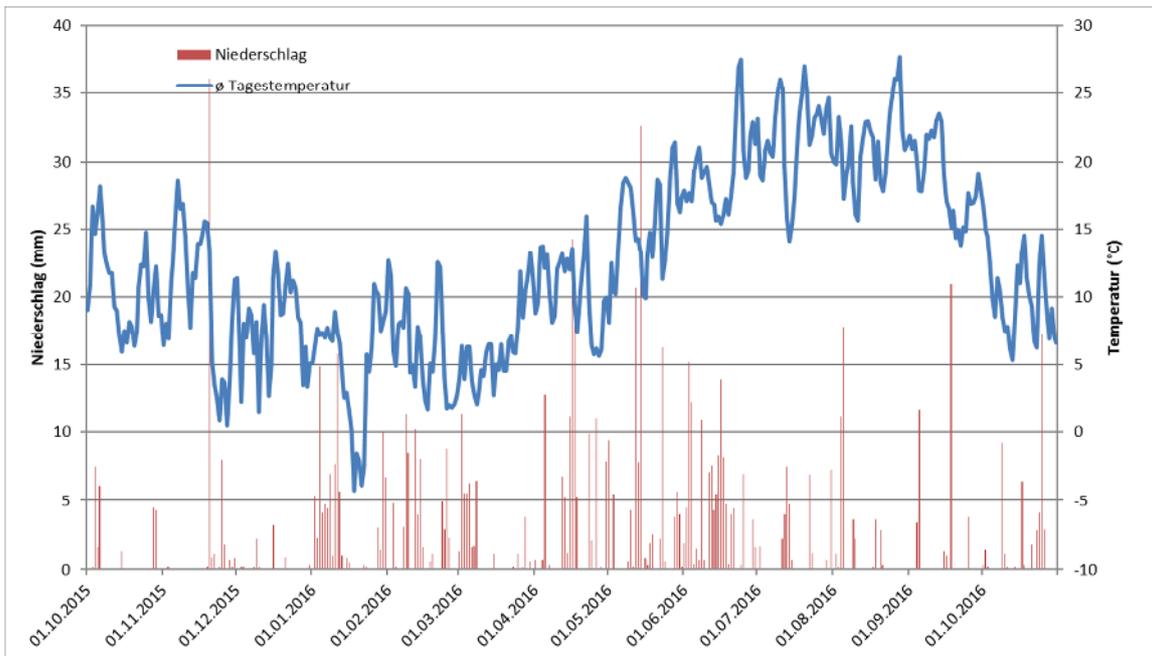


Abbildung 9: Durchschnittliche Tageslufttemperaturen (°C in 2 m Höhe) und Tagesniederschläge (mm) in der Saison 2015/16, Wetterstation Müllheim, LTZ

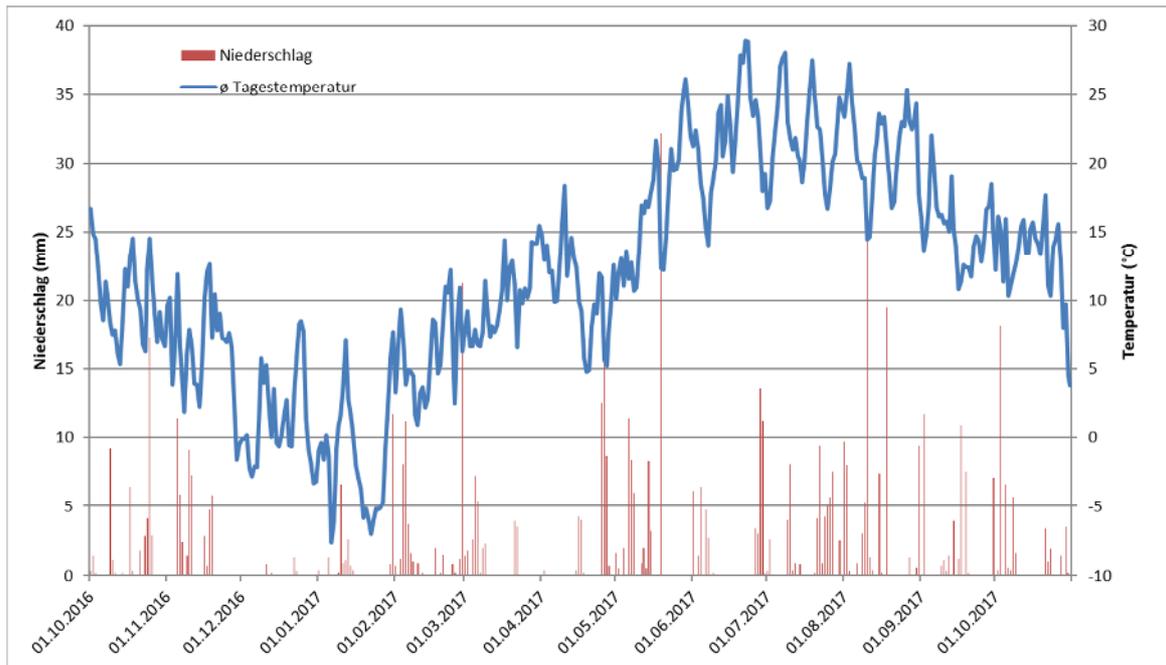


Abbildung 10: Durchschnittliche Tageslufttemperaturen (°C in 2 m Höhe) und Tagesniederschläge (mm) in der Saison 2016/17, Wetterstation Müllheim, LTZ

Tabelle 3: Einfluss der Düngevarianten in den Versuchsjahren 2016 und 2017 auf den Sojaertrag

| Jahr | Düngevariante | Ertrag [dt/ha] 86%TS | p < 0,05 |
|------|-------------------------|----------------------------|----------|
| 2017 | Kontrolle 0-Düng. | 22,1 | – |
| | Min. Düng. P K Mg | 20,0 | – |
| | Kleesilo + Min.Düng. | 15,1 | – |
| | Kompost | 18,7 | – |
| | K Mg | 12,5 | – |
| 2016 | Kontrolle 0-Düng. | 16,0 | ab |
| | Min. Düng. P K Mg | 16,5 | ab |
| | Kleesilo + Min.Düng. | 12,6 | b |
| | Kompost | 18,6 | ab |
| | K Mg | 19,6 | a |

Impressum:

Herausgeber:
Landwirtschaftliches Technologiezentrum
Augustenberg (LTZ)
Neßlerstraße 25
76227 Karlsruhe
Tel.: 0721 / 9468-0
Fax: 0721 / 9468-209
eMail: poststelle@ltz.bwl.de
Internet: www.ltz-augustenberg.de

Bearbeitung und Redaktion:
LTZ Augustenberg
Annette Haak, Helmut Nußbaumer, Jürgen Recknagel
Ref. 14: Ökologischer Landbau
Fotos: Jürgen Recknagel
Auflage:
Druck:

Stand: Juli 2018