

No-Till-Technologie – Vor- und Nachteile im ökologischen Gemüsebau

Автор(и): доц. д-р Цветанка Динчева, ИЗК "Марица" в Пловдив; доц. д-р Емил Димитров, ИПАЗР "Никола Пушкарров", София

Дата: 06.04.2025 *Брой:* 4/2025



Zusammenfassung

Der ökologische Gemüseanbau basiert auf den Hauptanforderungen der ökologischen Produktion und ist an die Eigenschaften und spezifischen Anforderungen von Gemüsekulturen angepasst. Zu den Schlüsselementen für eine erfolgreiche Produktion auf dem Betrieb gehören: Bodengesundheit, der Einsatz von Zwischenfrüchten und Unkrautkontrolle. Die Anwendung der Direktsaat-Technologie im Pflanzenbau ohne Bodenbearbeitung, durch Direktsaat/-pflanzung, bietet günstige Vorteile für den Boden (verringert Verdichtung, Erosion, erhält Feuchtigkeit) und verbessert die Produktivität landwirtschaftlicher Flächen. Die richtige Wahl der Kulturen

entsprechend ihrer Vegetationsperiode ermöglicht eine intensive Flächennutzung durch den Anbau von zwei, drei, manchmal sogar vier Kulturen in einer Vegetationsperiode.

Die Direktsaat-Technologie ist eine der Praktiken im Zusammenhang mit konservierender Bodenbearbeitung, deren Ziel es ist, die Bodenerosion zu verringern, während die Bodenoberfläche mit Ernterückständen bedeckt bleibt. Andere Praktiken, die einen ähnlichen Effekt erzielen, sind Streifenbearbeitung, Dammkultur und Mulchen, die jeweils durch eine spezifische Anwendungsmethode, Besonderheiten, Vor- und Nachteile gekennzeichnet sind.



Efeublättriger Ehrenpreis (Veronica hederifolia). Ein frühjahrskeimendes Unkraut, aufgenommen auf dem Direktsaat-Beet Anfang April 2024, nachdem die Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingestellt wurden.

Zur Verbesserung der Bodenqualität im ökologischen Gemüseanbau wird eine konservierende Bodenbearbeitung empfohlen, deren Anwendung jedoch durch Schwierigkeiten bei der Unkrautkontrolle und Bodenverdichtung behindert werden kann. In einigen Studien haben die Ergebnisse gezeigt, dass die Wirkung dieser Art der Bewirtschaftung eng mit Boden- und Klimabedingungen, Feldbewirtschaftungspraktiken, Art und Menge der Unkräuter, Vorfrucht, Bodenstruktur usw. zusammenhängt. Für eine umfassende Bewertung der Wirkung der Direktsaat-Technologie können Beobachtungen nicht auf wenige Jahre beschränkt werden, sondern es ist ein deutlich längerer Zeitraum erforderlich.



Garten-Melde (Atriplex hortensis) und Gewöhnliche Spitzklette (Xanthium strumarium L.). Frühjahrskeimende Unkräuter, aufgenommen auf dem Direktsaat-Beet Anfang April 2024, nachdem die Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingestellt wurden.

Im ökologischen Landbau wird eine große Anzahl von Bodenbearbeitungsmaßnahmen angewendet, hauptsächlich zur Unkrautkontrolle, aber auch zur Bodenbearbeitung vor der Aussaat/Pflanzung, zum Einarbeiten von Zwischenfrüchten, zur Ausbringung von organischen Düngemitteln und zur Erhaltung einer krümeligen Bodenstruktur. Dennoch zeigen Landwirte zunehmendes Interesse an der Direktsaat-Technologie, um folgende Probleme zu verringern: Bodenverdichtung durch wiederholte mechanisierte Bodenbearbeitung; Bildung einer Bodenkruste, die eine ordnungsgemäße Benetzung der Samen verhindern und die Bewässerungsverluste um bis zu 35 % erhöhen kann; negative Auswirkungen auf bodenbiologische Organismen. Laut FAO stützt sich die konservierende Landwirtschaft auf drei Hauptprinzipien: minimale Bodenstörung, permanente Bodenbedeckung und vielfältige Fruchtfolge.



Stachel-Lattich (Lactuca serriola) und Blutrote Fingerhirse (Digitaria sanguinalis). Frühjahrskeimende Unkräuter, aufgenommen auf dem Direktsaat-Beet Anfang April 2024, nachdem die Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingestellt wurden.

Die konservierende Bodenbearbeitung ist durch mehrere Hauptprobleme gekennzeichnet. Zur besseren Übersichtlichkeit wird ein Vergleich mit der konventionellen Bodenbearbeitung gezogen, bei der die Arbeitsteile der Landmaschinen eine Tiefe von etwa 20 cm erreichen. Die Unterschiede in der Bearbeitungstiefe und dem Grad der Bodenzerkleinerung, bedingt durch die verschiedenen Werkzeuge, wirken sich unterschiedlich auf die Bodenstruktur aus. Dies wirkt sich positiv auf die homogene Umverteilung der organischen Substanz in der bearbeiteten Bodenschicht und auf die Unkrautkontrolle durch tieferes Einarbeiten von Unkrautsamen aus, abhängig von den verwendeten Landmaschinen. Das Einstellen der Bodenbearbeitung verhindert die Bildung einer Bodenkruste und schützt vor Erosion, indem Ernterückstände (organische Substanz) an der Oberfläche belassen werden. In der oberen Bodenschicht wurden unter konservierender Bodenbearbeitung stabilere Aggregate gemessen als beim Pflügen. Darüber hinaus haben mehrere Studien gezeigt, dass das Fehlen von Bodenbearbeitung den organischen Kohlenstoff im Boden sowie die Menge, Artenvielfalt und Aktivität von Mikroorganismen in dieser Bodenschicht erhöht. Der Mangel an Bodenbearbeitung führt auch zu einer Zunahme der Biomasse und Vielfalt von Regenwürmern, erhält ihren Lebensraum und fördert die Wasserinfiltration und die Entwicklung des Wurzelsystems. Die Zunahme der Regenwurmpopulation verstärkt die biologisch gebildete Makroporosität in den tieferen Bodenschichten.

Es stellen sich Fragen bezüglich der Auswirkungen der Direktsaat-Technologie auf die Bodenfruchtbarkeit und die Pflanzenproduktivität. Es besteht die Tendenz zu einer Zunahme der organischen Substanz in den ersten 10 cm Boden aufgrund der Ansammlung und Zersetzung von Ernterückständen an der Oberfläche, aber sie nimmt in den tieferen Bodenschichten stark ab. In den Bodenschichten, die nicht mechanisch zerkleinert werden, wird eine Abnahme der Gesamtporosität beobachtet, insbesondere in Böden mit geringer Schrumpf-Schwell-Aktivität (sandige Böden). Umgekehrt neigt die konservierende Bodenbearbeitung in schlecht drainierten Tonböden dazu, Probleme zu verschärfen. Eine Lösung könnte darin bestehen, die "mechanische" Porosität durch "biologische" Porosität zu ersetzen, die aus der Grabtätigkeit von Regenwürmern resultiert. Andererseits können Bodenverdichtung und reduzierte organische Substanz in den tieferen Bodenschichten die Aktivität von Bodenmikroorganismen einschränken. In dieser Hinsicht ergeben sich zwei Probleme, für die langfristige Lösungen gefunden werden müssen. Das erste betrifft die Anzahl der Regenwürmer, die Wirksamkeit ihrer Aktivität bei der Erhaltung und Verbesserung der Makroporosität im Boden unter Direktsaat-Technologie und ob diese Aktivität für das optimale Funktionieren des Boden-Pflanzen-Systems ausreicht. Das zweite Problem betrifft die reduzierte mikrobielle Aktivität in den tieferen Bodenschichten und welche Konsequenzen sich daraus für das nachhaltige Nährstoffmanagement ergeben.

Im ökologischen Landbau hängen die adaptiven und produktiven Eigenschaften der angebauten Kulturen von den biologischen Prozessen im Boden für die Nährstoffaufnahme ab. Die Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Landbau tendiert dazu, höher zu sein als im konventionellen Landbau, aufgrund eines höheren Gehalts an organischer Substanz, einer reicheren Bodenmikro- und -makrofauna sowie der Aktivität und Vielfalt von Regenwürmern. Somit könnten konservierende Bodenbearbeitungstechniken, die die Bodenfruchtbarkeit verändern, den Nährstoffgehalt, die Wassereigenschaften, die Unkrautmenge und das gesamte Pflanzenproduktionssystem stark beeinflussen – Ertragsmenge und -stabilität, Unkrautarten und -menge. Unkrautbefall ist ein bedeutendes Problem in der Gemüseproduktion. Das Verbot von Herbiziden und die Einstellung der Bodenbearbeitung während der Saison ermöglichen es Unkräutern, kritische Werte zu erreichen, starke Konkurrenten für Kulturpflanzen zu werden und die Ernte zu gefährden. Andererseits erreichen sie ihre volle Entwicklung, produzieren Samen und vermehren sich in großem Umfang, was die Vegetation von Gemüsekulturen im folgenden Jahr stark behindern wird. Daher ist die Unkrautkontrolle ein Hauptproblem für den ökologischen Gemüseanbau und muss unter der Direktsaat-Technologie in dieser Art der Bewirtschaftung gut angepasst werden, insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass auf der Bodenoberfläche belassene Ernterückstände die Praxis der mechanischen Unkrautbekämpfung einschränken. Die Hauptherausforderungen für die Einführung der Direktsaat-Technologie sind die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Umsetzung einer wirksamen Unkrautkontrolle.

Der ökologische Anbau von Kulturen in Kombination mit Direktsaat-Technologie ist durch eine größere mikrobielle Biomasse und eine bessere Mineralisierung von Gesamt-C und -N in der oberen Bodenschicht (etwa 15 cm) gekennzeichnet. Diese Erkenntnisse unterstreichen, dass die erhöhte mikrobielle Biomasse und ihre Aktivitäten in dieser Bodenschicht ihre Verringerung in den tieferen Schichten aufgrund des Mangels an frischer organischer Substanz und einer stärkeren Verdichtung der Bodenpartikel ausgleichen. Das Bodenmikroklima an der Oberfläche (Temperatur und Feuchtigkeit) spielt eine entscheidende Rolle bei der Mineralisierung von Stickstoff und Kohlenstoff, und unter konservierender Bodenbearbeitung können diese Bodenbedingungen den Prozess verlangsamen.



*Windender Knöterich (*Polygonum convolvulus* L.) und Gewöhnlicher Erdrauch (*Fumaria officinalis*).*

Frühjahrskeimende Unkräuter, aufgenommen auf dem Direktsaat-Beet Anfang April 2024, nachdem die Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingestellt wurden.

Unkrautkontrolle kann durch die Gestaltung einer geeigneten Fruchtfolge, den Wechsel der Aussaatzeiten, die Verwendung von zweijährigen Kulturen und die Nutzung der Konkurrenzfähigkeit von Sorten in Kombination mit konservierenden Bodenbearbeitungspraktiken im ökologischen Gemüseanbau erreicht werden. Der Anbau von Hülsenfrüchten – Gartenerbse und Gartenbohne – lässt sich gut mit Spätkulturen kombinieren, die gleichzeitig die Entwicklung von früh- und späthjahrskeimenden Unkräutern unterdrücken, ihre Dichte verringern und bei Auftreten einzelner stärkerer Unkrautpflanzen eine mechanische Reinigung des Bestandes durchgeführt wird.

Nach der Ernte im Handelsreifestadium kann die blattstängelige Masse geschnitten und als lebender Mulch auf der Bodenoberfläche belassen werden.



Acker-Winde (Convolvulus arvensis) und Schwarzer Nachtschatten (Solanum nigrum). Frühjahrskeimende Unkräuter, aufgenommen auf dem Direktsaat-Beet Anfang April 2024, nachdem die Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingestellt wurden.

Unkrautkontrolle kann durch Mähen der Unkräuter in einer Höhe von 1–2 cm über der Bodenoberfläche nach dem Auflaufen der Gemüsepflanzen bei Direktsaat oder vor dem Umpflanzen durchgeführt werden. Diese Maßnahme begrenzt ihr Wachstum und sie konkurrieren nicht mit den Kulturpflanzen um Licht. Auf der Bodenoberfläche belassen, trocknet die gemähte Unkrautvegetation aus und dient als Mulch, der die Bodenfeuchtigkeit erhält. Die Begrenzung von Unkrautwachstum und -entwicklung durch Mähen erlaubt es ihnen nicht, das Blüten- und Samenbildungsstadium zu erreichen und schränkt so ihre Ausbreitung im folgenden Jahr ein. Die Bekämpfung einjähriger Unkräuter wird durch Mähen in einem bestimmten Zeitintervall leicht erreicht, aber die Bekämpfung mehrjähriger Gräser ist viel schwieriger, von denen die gefährlichste die Guineahirse ist. Die Einschränkung der Ausbreitung dieser Unkrautart kann nur durch mechanische Entfernung in einem frühen Entwicklungsstadium erreicht werden.



Die beiden Beete – Direktsaat (links) und mit Bodenbearbeitung (rechts) – ein Jahr später, Ende März 2025, wo die reduzierte Unkrautdichte auf dem Beet ohne Bodenbearbeitung zu sehen ist.

Unter konservierender Bodenbearbeitung werden Bodenverdichtung und erhöhte Stabilität von Bodenaggregaten beobachtet. Während der ersten 2 Jahre des Übergangs vom Pflügen zu reduzierter oder stark reduzierter Bodenbearbeitung wurde eine Zunahme verdichteter Zonen im Bodenprofil beobachtet; jedoch haben nach 5–6 Jahren die Aktivität von Regenwürmern und Bodenrisse dazu beigetragen, dass Wurzeln diese verdichteten Zonen durchdringen. Daher sind mehr langfristige Forschungen erforderlich, um Schlussfolgerungen über die Bodenverdichtung unter konservierender Bodenbearbeitung und die Auswirkungen auf das Boden-Pflanzen-System zu ziehen.

Ein weiteres bedeutendes Problem im ökologischen Gemüseanbau ist die Profilierung der Bodenoberfläche, die entsprechend den biologischen Eigenschaften der angebauten Kulturen durchgeführt wird und die Anwendung der Direktsaat-Technologie für einige Gemüsearten behindert. Dies betrifft jene, die die Bildung von hohen Beeten erfordern: Knoblauch, Zwiebel, Tomate, Paprika, Karotte, Salat, Kopfkohl. Für andere Kulturen werden Dämme gebildet (Kartoffeln), was ihren Anbau ebenfalls erschwert. Direktsaat ist anwendbar, wenn sie auf einer