Innovation EXTRA

Sonderheft

Ihr Boden – Ihr größtes Kapital

DSV

Innovation für Ihr Wachstum

www.dsv-saaten.de

DSV

Innovation für
Ihr Wachstum

Pflanzenzüchtung aus Leidenschaft!

Forschung
Züchtung
Produktion
Beratung und Vertrieb

Raps • Mais • Getreide
Gräser • Zwischenfrüchte

www.dsv-saaten.de

Deutsche Saatveredelung AG

Innovation für Ihr Wachstum

Die Deutsche Saatveredelung AG (DSV) zählt mit 340 Mitarbeitern und rund 96 Mio. Euro Jahresumsatz zu den führenden Pflanzenzuchtunternehmen Deutschlands. Dabei blickt das Unternehmen auf eine mehr als 80-jährige Firmengeschichte zurück. 800 Aktionäre, in der Hauptsache Landwirte und Mitarbeiter, halten heute das Stammkapital der DSV.

Zum Unternehmen zählen neben der Zentrale in Lippstadt verschiedene Saatzuchtstationen, eine Versuchsstation, zahlreiche Prüfstellen sowie ein flächendeckendes, regional verteiltes Zweigstellen- und Beratungsnetz mit eigenen Aufbereitungsanlagen, Saatgutlager und Vertriebseinrichtungen. Die DSV unterhält im In- und Ausland wesentliche Beteiligungen an namhaften Unternehmen der Saatgutbranche. Mit DSV Polska, DSV France, DSV United Kingdom und DSV Ukraina wurden eigenständige Tochterunternehmen im Ausland gegründet.

Zwischenfrüchte für Betrieb und Umwelt

Züchtung, Produktion, Beratung und Vertrieb von Saatgut sind das Ziel des Unternehmens. Der Schwerpunkt liegt auf den Kulturen Gräser, Klee, Raps, Getreide, Mais (Vertrieb) und Zwischenfrüchte. „Alles aus einer Hand" ist dabei eine Maxime. Auch heute umfassen DSV Züchtungsprogramme neben Getreide, Raps und Futtergräsern zahlreiche Zwischenfruchtarten.

Neue DSV Forschungen richten sich ganz speziell auf die besonderen Eigenschaften von „Mischungen". Sie schaffen durch ihre Artenvielfalt zahlreiche Vorteile für den Boden und die Umwelt. Lange wurde die Zusammensetzung der unterschiedlichsten Arten getestet. Daraus wurde für die verschiedenen Anforderungen ein Portfolio entwickelt. „TerraLife", der Name ist Konzept und Verpflichtung zugleich, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu fördern.

Johannes Peter Angenendt
Vorstand der DSV

Ihrem Boden zu Liebe

Der Boden ist das wichtigste Produktionsmittel im Pflanzenbau und das größte Kapital des Ackerbauers. Daher gilt es, den Boden nachhaltig zu bestellen, um somit die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten bzw. zu verbessern. Dies ist ein schwieriges Unterfangen angesichts der aktuellen betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die zu immer engeren und einseitigeren Fruchtfolgen und damit zur Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit führen.

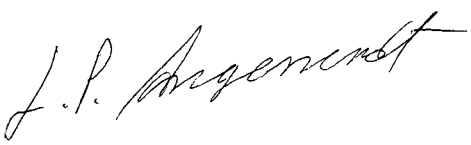
Die Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch den Anbau von Zwischenfrüchten hat in der Deutschen Saatveredelung AG (DSV) eine große Tradition. Bereits 1928 wurde mit der Einführung des Landsberger Gemenges der Startschuss für eine erfolgreiche Züchtung und Saatgutproduktion bei Zwischenfrüchten gegeben.

Um das Verständnis für die Bodenfruchtbarkeit zu fördern, haben wir in unserer Kundenzeitschrift INNOVATION, dem Magazin für die Landwirtschaft, immer wieder Beiträge zu diesem Themenkomplex veröffentlicht.

Das große Interesse unserer Leser an der Artikelserie „Ihr Boden – Ihr größtes Kapital" hat selbst unsere höchsten Erwartungen noch weit übertroffen. Mit dieser Extra-Ausgabe der INNOVATION, die der Bodenfruchtbarkeit gewidmet ist, entsprechen wir einem von zahlreichen Lesern geäußerten Wunsch.

Wir werden Ihnen auch künftig interessante Themen rund um den Boden und das Bodenleben anbieten.

Wir wünschen Ihnen eine interessante und informative Lektüre, die Ihnen viele Anregungen bei der Erhaltung bzw. Verbesserung der Fruchtbarkeit Ihres Bodens gibt.



Johannes-Peter Angenendt · Vorstand der DSV

Haben Sie Interesse, die Zeitschrift „Innovation" regelmäßig zu lesen? Dann registrieren Sie sich unter www.dsv-saaten.de

Inhalt

Einführung in den Kosmos Boden 4

Was ist Humus? 7

Regenwürmer, wahre Weltmeister im Tunnelbau 10

Die Wurzel, Teil 1 bis Teil 6 12

Hohe monetäre Einbußen durch Nährstoffverluste im Boden 24

TerraLife – Der Name ist Konzept 26

Was bringt der Anbau von Zwischenfrüchten? 30

Calcium – mehr als nur ein pH-Wert-Regulator 32

Tun Sie etwas für Ihre Humusbilanz 34

Impressum

Herausgeber: Deutsche Saatveredelung AG und Verlag Th. Mann

Redaktion: Ludger Alpmann, Johannes-Peter Angenendt, Inken Steppentrup, Angelika Hemmers, Martin Koch, Rieke Nack, Carmen Rustemeyer, Frank Trockels, Oliver Wellie-Stephan, Deutsche Saatveredelung AG, Weissenburger Straße 5, 59557 Lippstadt, Fon 0 29 41.2 96-0, Fax 0 29 41.2 96-1 00, info@dsv-saaten.de, www.dsv-saaten.de

Konzeption: Plantamedium GmbH, Everswinkeler Straße 7, 48231 Warendorf, Fon 0 25 81.9 27 90-0, www.plantamedium.de

Gestaltung und Realisierung: AgroConcept GmbH, Clemens-August-Str. 12–14, 53115 Bonn, Fon 0 22 8.96 94 26-0

Urheberrecht: Die in »Innovation« veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung. Beiträge mit Verfassernamen geben nicht unbedingt die Meinung der Deutsche Saatveredelung und der Redaktion wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotografien u.a. Materialien wird keine Haftung übernommen. Jährlich Euro 10,- inkl. Versandkosten und MwSt. Einzelpreis Euro 3,- netto

Einführung in den Kosmos Boden

Prof. Dr. Thomas Weyer, FH-Südwestfalen, Soest

Was ist Boden?

Der Boden als oberste und belebte Schicht der Erdrinde besteht aus mineralischen Bestandteilen, insbesondere Gesteinsbruchstücken und Mineralen sowie aus den organischen Bestandteilen der Bodenorganismen und der Pflanzenwurzeln. Er ist von Vegetationsrückständen bedeckt mit Humus ausgestattet, Wasser und Luft zirkulieren darin. Böden entstehen folglich überall dort, wo Gesteine (Lithosphäre), organisches Material (Biosphäre), Wasser (Hydrosphäre) und Luft (Atmosphäre) zusammentreffen, um sich dann unter dem Einfluss von Raum, Zeit und menschlichen Aktivitäten weiter zu entwickeln. Deshalb gibt es beispielsweise keine Böden auf unserem Erdtrabanten, dem Mond.

In der Europäischen Bodencharta ist zu lesen, „Der Boden ist eines der kostbarsten Güter der Menschheit. Er ermöglicht es, Pflanzen, Tieren und Menschen auf der Erdoberfläche zu leben." Dies macht auf die umfassende Bedeutung des Bodens aufmerksam.

Böden sind zudem ein knappes Gut und nicht vermehrbar. Folglich sind Böden die unverzichtbare Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Darum muss darauf geachtet werden, dass ihre natürliche Fruchtbarkeit und ihre ökologischen Funktionen erhalten bleiben. Neben der Funktion als Nutzungsgrundlage haben Böden aber auch wichtige Funktionen im Naturhaushalt als Filter und Puffer in Stoffkreisläufen sowie als Wasser- und Kohlenstoffspeicher.

Ausgangsgesteine und Bodenentwicklung

Die wichtigsten Ausgangsgesteine landwirtschaftlich genutzter Böden sind die durch Vulkanismus entstandenen Magmatite, wie Basalt und Granit, die durch Druck und Temperatur umgewandelten Metamorphite, wie Schiefer und Gneis und die durch Wind oder Wasser transportierten Sedimente wie Sand und Löss. Während die vulkanischen Basaltgesteine der Mittelgebirge (Eifel, Westerwald und Rhön) sowie die metamorphen Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges viele Millionen Jahre alt sind, wurden viele Sand- und Lösssedimente in Nordrhein-Westfalen erst in der letzten Eiszeit, ca. 117.000 bis 12.000 Jahre vor heute, abgelagert. In geologischen Zeiträumen ist dies geradezu jung, nach menschlichem Ermessen ein unvorstellbar langer Zeitraum. Der Anteil der Sedimente an den Gesteinsgruppen der Erdoberfläche beträgt ca. 75 %.

Lebendiger Boden: Nur der Regenwurm verbindet organische Stoffe und Tonminerale zu einem stabilen Bodengefüge

Braunerde – der Allerweltsboden!

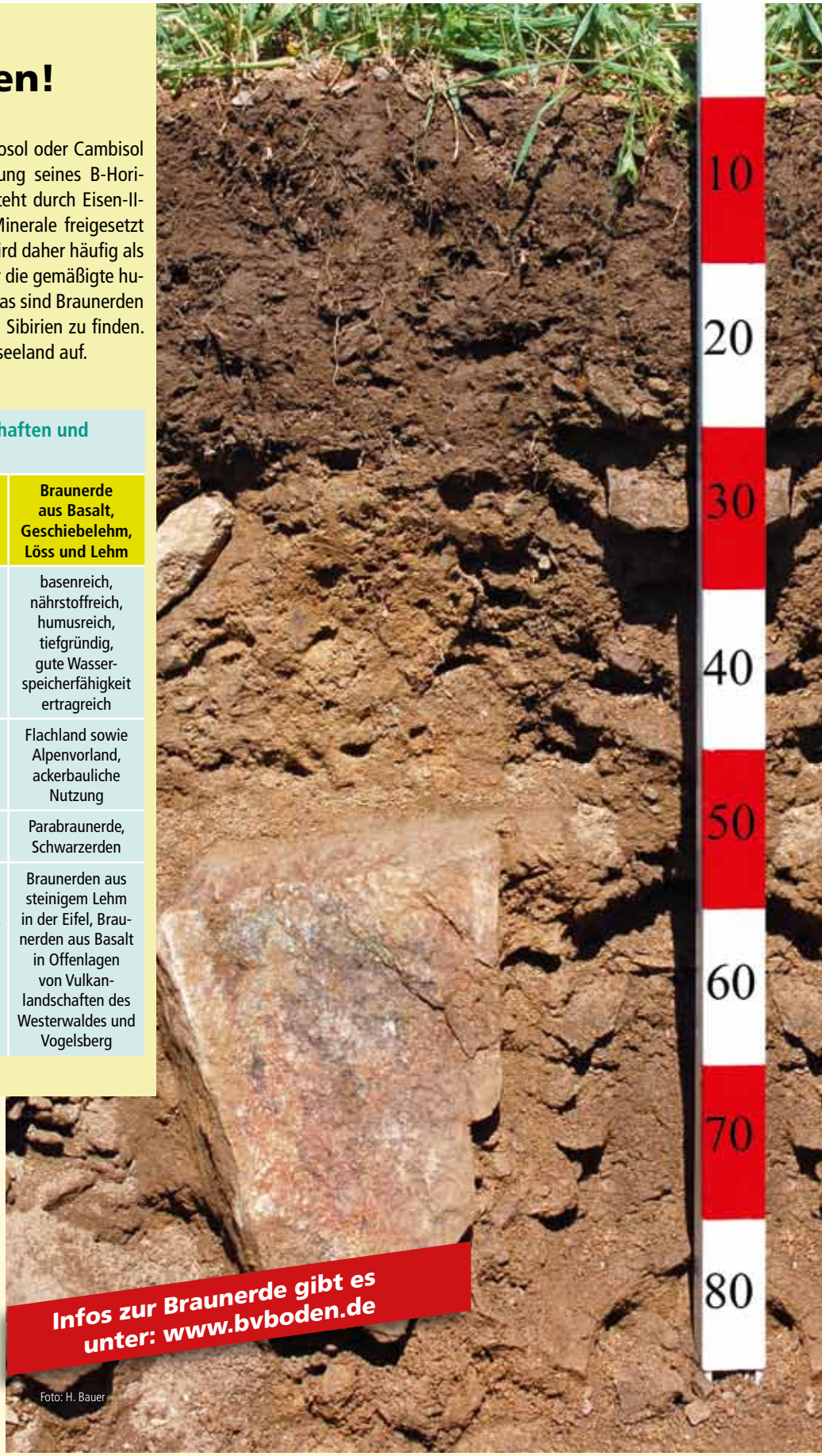
Seinen Namen erhielt die Braunerde, auch Arenosol oder Cambisol genannt, durch die typbestimmende Verbraunung seines B-Horizonts. Der Bodenprozess der Verbraunung entsteht durch Eisen-II-Ionen, die bei der Verwitterung eisenhaltiger Minerale freigesetzt werden. Die Braunerde ist weit verbreitet und wird daher häufig als „Allerweltsboden" bezeichnet. Typisch ist sie für die gemäßigte humide Klimazone Mitteleuropas. Außerhalb Europas sind Braunerden in Nordamerika und in den südlichen Teilen von Sibirien zu finden. Vereinzelt treten sie auch in Australien und Neuseeland auf.

Bodentyp Braunerde – variierende Eigenschaften und Nutzung je nach Ausgangsgestein

Ausgangs-gestein	Braunerde aus Sandstein, Quarzit, Gneis, Granit	Braunerde aus Sand, Flugsanden	Braunerde aus Basalt, Geschiebelehm, Löss und Lehm
Eigen-schaften	sauer bis basen-arm, nährstoffarm, steinig, flachgründig, trocken	basenarm, nährstoffarm, grobkörnig, flachgründig, trocken wenig fruchtbar/ ertragreich	basenreich, nährstoffreich, humusreich, tiefgründig, gute Wasser-speicherfähigkeit ertragreich
Nutzung	Bergland mit Forstnutzung	Flachland mit forst- und land-wirtschaftlicher Nutzung	Flachland sowie Alpenvorland, ackerbauliche Nutzung
Vergesell-schaftung	Rankern, Rendzinen	Podsol	Parabraunerde, Schwarzerden
Beispiele der Vor-kommen	Braunerde aus Granit, unter Laubwald im Bayerischen Wald, podsolierte Braunerde unter Nadelwäldern und Heidevegetation	Braunerde aus Sand in Mecken-burg-Vorpommern, hessisches Ried, Spargelanbau	Braunerden aus steinigem Lehm in der Eifel, Brau-nerden aus Basalt in Offenlagen von Vulkan-landschaften des Westerwaldes und Vogelsberg

Quelle: VHE, HuMuss Nr. 19

Besonders im kühlhumiden Klimabereich Deutschlands führen der Wechsel von Frost und Hitze einerseits und „Saurem Regen" andererseits zur Verwitterung der Gesteine. Dieser „Alterungsprozess" der Gesteine führt zur Bildung neuer Minerale und markiert den ersten Schritt zur Bodenbildung.
Zu den Faktoren, welche die Richtung und das Ausmaß der Bodenbildung bestimmen, zählt neben dem Ausgangsgestein, dem Wassereinfluss, dem Landschaftsrelief, dem Pflanzen- und Tierbesatz, den menschlichen und zeitlichen Einflüssen vor allem das Klima. Erhöht sich beispielsweise die Bodentemperatur um 10 °C, so verdoppeln sich alle biochemischen



Die Braunerde ist typisch für die gemäßigte, humide Klimazone Mitteleuropas. In Nordrhein-Westfalen beispielsweise überwiegt die Braunerde mit einem Flächenanteil von 27 Prozent.

Prozesse im Boden. Die Schwarzerde-Böden in der Ukraine und in Kasachstan verdanken den Erhalt ihrer Fruchtbarkeit unter anderem auch dem kontinentalen Klima mit warm-trockenen Sommern und kalten Wintern.

Seit ca. 12.000 Jahren, seit dem Ende der letzten Eiszeit, bilden sich unsere heutigen Böden. Dies geschieht vorwiegend durch chemisch-physikalische Umwandlungsprozesse und durch Verlagerungsvorgänge in den Böden selbst. In der Summe führt dies zu charakteristischen Ausdifferenzierungen, den sog. Bodentypen. Auf diese Weise entwickelten sich beispielsweise über einen langen Zeitraum die Parabraunerden aus Löss: Nachdem die Säure des Regens den im Löss enthaltenen Kalk aufgebraucht hatte, verlagerten sich die Tonminerale des Oberbodens nach unten und reicherten sich im Unterboden an.

„Der Boden ist eines der kostbarsten Güter der Menschheit. Er ermöglicht es Pflanzen, Tieren und Menschen, auf der Erdoberfläche zu leben." Europäische Bodencharta

Warum Tonminerale in Böden eine Hauptrolle spielen

Die Bodenfruchtbarkeit ist ein Maß für die nachhaltige Ertragssicherheit der Böden. Sie ist abhängig vom Humusgehalt und der Bodenart und dabei insbesondere vom Tonanteil an der Bodenart.

Pseudogley aus Löss über Kalksteinverwitterung mit Krümelstruktur im Oberboden

Während der Bodentyp (z.B. Parabraunerde) die Entstehungsgeschichte, die Entwicklungsstufe und den Aufbau eines Bodens bezeichnet, ist die Bodenart die Summe der verschieden großen Bodenteilchen eines Bodens. Die Bodenteilchen werden nach ihrer Korngröße in die Hauptbodenarten Sand, Schluff und Ton unterteilt. Lehm ist ein Gemisch aus den drei Hauptbodenarten, hat aber keine eigene Korngröße. Sandpartikel haben einen Durchmesser von 2–0,063 mm, Schluffpartikel liegen zwischen 0,063 und 0,002 mm. Tonteilchen sind die kleinsten Bodenteilchen mit einem Durchmesser kleiner als 0,002 mm. Damit ist ein Schluffteilchen 1.000 Mal kleiner als ein Sandteilchen und ein Tonteilchen sogar 1 Millionen Mal kleiner als ein Sandkorn. Die Anteile der Sand-, Schluff- und Tonteilchen bilden in der Summe die Bodenart, z.B. lehmiger Sand (Sl3). Lössböden enthalten beispielsweise einen sehr hohen Schluffanteil und häufig einen Tonanteil zwischen 10 und 24 %.

Die kleinen Tonplättchen bilden erheblich feinere, dafür aber wesentlich mehr Poren als die größeren Sandkörner. Schluffreiche Böden liegen mit ihrer Korn- und Porengrößenverteilung zwischen den Sand- und Tonböden. Sie haben einen besonders hohen Anteil an Mittelporen (d = 0,0002–0,01 mm), die das pflanzenverfügbare Wasser (= nFK = nutzbare Feldkapazität) enthalten. Tonböden besitzen viele Feinporen (d = < 0,0002 mm). Das hierin enthaltene Wasser wird als „Totwasser" (TW) bezeichnet, weil die Pflanzen es kaum verwerten können. Den verhältnismäßig größten Anteil an Sickerwasser leitenden Grobporen (d = > 0,01 mm) besitzen Sandböden.

Diese Umstände haben Einfluss auf die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern oder versickern zu lassen. Sandböden sind schlechte Wasserspeicher, da sie das Wasser schnell versickern lassen – ihre Poren sind zu weit, als das die Wassermoleküle durch Anziehungskräfte im Boden gehalten werden könnten (Haftwasser). Im Gegensatz dazu sind Tonböden hervorragende Wasserspeicher, weil sie sehr viele feine Poren besitzen. Ihre Poren sind jedoch überwiegend so klein, dass sie einen Großteil des Wassers mit einer sehr hohen Anziehungskraft „festhalten". Das macht es den Pflanzenwurzeln fast unmöglich, dieses Wasser aufzunehmen.

Das Wasser im Sandboden versickert, während der Lehmboden (hoher Schluffanteil) das Wasser hält, es aber gleichzeitig für die Pflanzenwurzeln zur Verfügung stellen kann (pflanzenverfügbares Wasser). Der Tonboden hingegen bindet einen Großteil des Wassers so stark, dass die Pflanzenwurzeln es nicht aufnehmen können (Totwasser). Dies ist die Ursache dafür, dass sich ein Tonboden bei 20 % Wassergehalt trocken, ein Schluffboden bei gleichem Wassergehalt feucht und ein Sandboden nass anfühlt. Tonteilchen sind also sehr quellfähig.

Die Bodenart hat durch die Form und die Größe der Oberfläche der Bodenteilchen einen entscheidenden Einfluss auf die Bodenstruktur. Die winzigen Tonpartikel können dank ihrer Struktur komplexe Bindungen mit Stoffen im Boden eingehen – ihre verhältnismäßig große Oberfläche sorgt zudem für erheblich mehr Bindungsmöglichkeiten als dies bei Sandkörnern der Fall ist. Das ist der Grund dafür, warum tonreiche Böden sehr komplexe und stabile Bodenaggregate ausbilden können, während sandreiche Böden dazu neigen, in instabilen Einzelkorngefügen zu verharren. Sandböden können ihre Struktur nur in Kombination mit hohen Humusgehalten positiv verändern.

Eine auf die Bodenart abgestimmte Kalkung des Bodens mit dem Ziel optimaler pH-Werte (z.B. Sand pH 5,6, lehmiger Schluff pH 6,5, toniger Lehm pH 7,0) beeinflusst die Bindungen zwischen den Bodenteilchen positiv und fördert eine lockere, aber stabile Bodenstruktur.

Tonteilchen sind Produkte aus der Verwitterung der Gesteine und Minerale sowie der Bodenbildung. Den Grundbaustein der Tonteilchen bildet eine Verbindung aus den chemischen Elementen Silicium und Sauerstoff (SiO_4). Diese Grundbausteine werden zu Zwei- und Dreischicht-Tonmineralen aufgebaut, sie sind unterschiedlich vernetzt und verleihen allen Tonmineralen die Eigenschaft, Nährstoffe nicht nur zu binden und zu speichern, sondern diese auch verfügbar zu halten. Dies gilt insbesondere für die Nährstoffe Kalium und Ammonium. Es ist letztlich diese Eigenschaft der Tonminerale, die die Grunddüngung und auch die Kalkung innerhalb der Fruchtfolge möglich machen.

An den vielen Bindungsplätzen der Tonminerale werden außerdem Schadstoffe und auch die Einträge durch den „Sauren Regen" gepuffert. Diese Fähigkeit wird allerdings geschwächt, wenn Böden über lange Zeiträume nicht gekalkt werden. Sinken die pH-Werte von Böden unter pH 3,0, wie es bei vielen Waldböden der Fall ist, können sich Tonminerale nicht mehr regenerieren, die Tonminerale lösen sich dann auf, der Boden versandet. Die Bodenfruchtbarkeit dieser Böden geht dann irreversibel verloren. Deshalb ist die Bodenkalkung aktiver Bodenschutz.

Innovation 2/2009

Prof. Dr. Thomas Weyer
Fon 02921.378245
Fax 02921.378200
weyer@fh-swf.de

Was ist Humus?

Die wichtigsten 30 cm im Boden

Dipl. Ing. Agr. Michael Baumecker, Humboldt-Universität, Berlin

Böden bestehen aus mineralischer Substanz (ca. 45 %), Luft (ca. 25 %), Wasser (ca.23 %) und organischer Substanz (ca. 7 %). Es sind sehr gut gepufferte Systeme, die nur langsam auf Veränderungen reagieren und 20 bis 50 Jahre benötigen, um sich auf neue Fließgleichgewichte einzustellen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Bodens ist die organische Substanz, die neben den Tonanteilen die Fruchtbarkeit der Böden maßgeblich beeinflusst.
Schon Albrecht Daniel Thaer (1752–1828) stellte in seinem Werk „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft" fest:

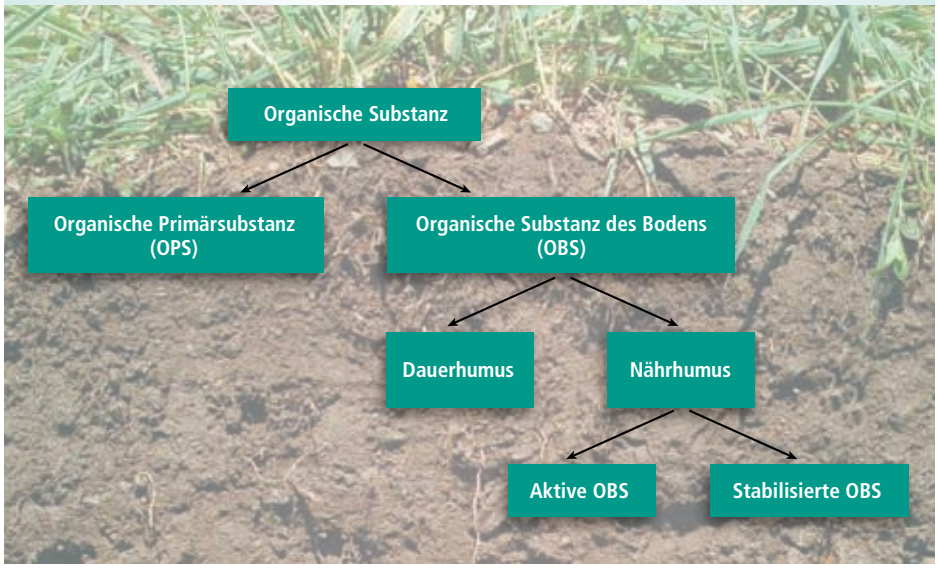
„So wie der Humus eine Erzeugung des Lebens ist, ist er auch die Bedingung des Lebens. Er gibt die Nahrung dem Organismus, ohne ihn lässt sich daher kein Leben, wenigstens der vollkommeneren Tiere und Pflanzen, auf dem Erdboden denken."

Humus positiv für Bodenfruchtbarkeit

Organische Bodensubstanz oder Humus im engeren Sinne ist nach SCHEFFER die abgestorbene organische Masse in und auf dem Boden, die sich in einem Abbau-, Umbau- und Aufbauprozess befindet. Dieser Vorgang wird durch biochemische Prozesse eingeleitet und gesteuert.

Es ist bei der Betrachtung der organischen Substanz zwischen der organischen Primärsubstanz (frische Ernte- und Wurzelrückstände, organische Dünger) und der organischen Substanz des Bodens (bereits umgewandelte Substanzen) zu unterscheiden (Abb. 1). Beim weiteren Abbau der organischen Substanz des Bodens bilden sich Fraktionen, die zum einen mit den Tonteilchen stabile Verbindungen eingehen und nicht weiter abgebaut werden (Dauerhumus) und die Fraktion des Nährhumus. Diese Fraktion des Nährhumus unterteilt sich wiederum in eine aktive und in eine stabilisierte Fraktion. Die aktive Fraktion ist rasch mineralisierbar. Bei der stabilisierten Fraktion verläuft der Mineralisierungsprozess dagegen

Abb. 1: Fraktionen der organischen Bodensubstanz (Körschens et al. 1997)



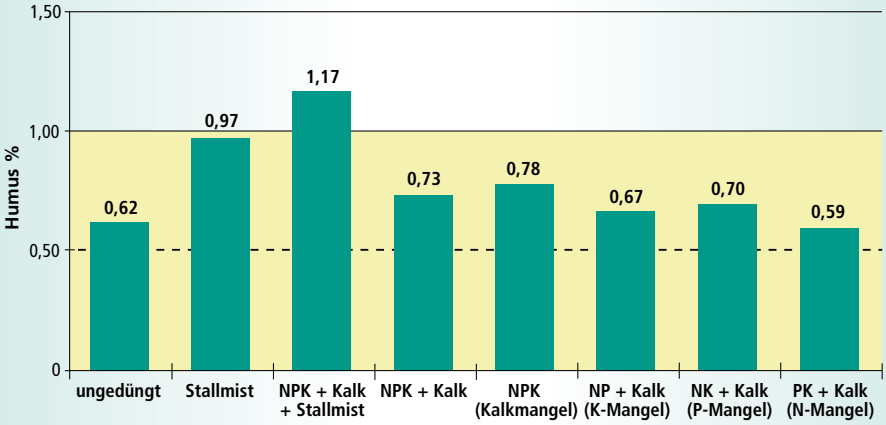
deutlich verlangsamt ab. Huminstoffe werden im Boden durch Ab- und Umbauprozesse ständig neu gebildet. Auf Grund ihrer chemischen Eigenschaften können bedeutende Mengen Wasser und Ionen reversibel gebunden werden. Huminstoffe und in Zersetzung begriffene Ausgangstoffe beeinflussen somit in hohem Maße die Gefügebildung, Nährstoff- und Wasserbindung sowie das Wärmeverhalten der Böden.

Die organische Bodensubstanz wirkt wie Kitt, sie verklebt die Mineralbestandteile, stabilisiert das Einzelkorngefüge und schafft Poren, die den Luft- und Wasseraustausch begünstigen. So wird durch den Humus die Fruchtbarkeit aller Böden positiv beeinflusst.

Ist es auf bindigeren Böden die Verbesserung der Durchlüftung und des Wärmeverhaltens, so ist es auf den sandigen Substraten die einzige Möglichkeit, durch die Erhöhung des Anteils organischer Substanz, das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen zu verbessern.

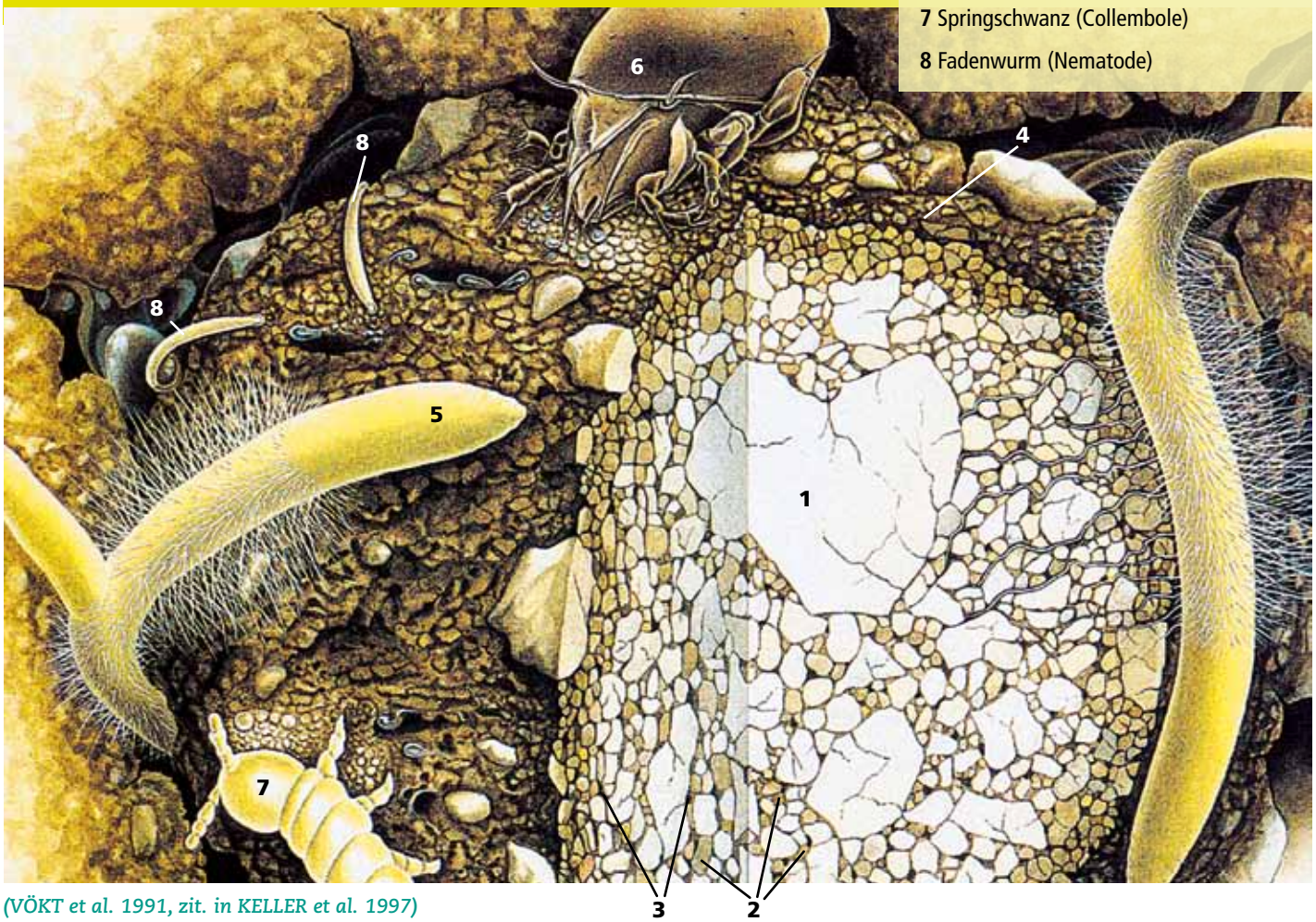
Der Humusgehalt eines Bodens ist in erster Linie von dessen Ton- und Feinschluffgehalt (Tab. 1) sowie von den klimatischen Bedingungen (Temperatur und Niederschlag) vor Ort abhängig. Somit ergeben sich für die landwirtschaftlich genutzten Böden standortspezifische optimale Humusgehalte, die auf der einen Seite das System Boden abpuffern und auf der anderen Seite erhöhte Nährstoffausträge vermeiden.

Abb. 3: Humusgehalte Statischer Nährstoffmangelversuch in Abhängigkeit der organisch-mineralischen Düngung



Quelle: Dauerversuch HU Berlin, Thyrow

Abb. 2: Bodenkrümel mit Pflanzenwurzeln und Bodentieren



(VÖKT et al. 1991, zit. in KELLER et al. 1997)

1 Mineralpartikel
2 Organische Bestandteile („Humus")
3 Porensystem mit Luft/Wasser
4 Krümeloberfläche mit Humusanreicherung
5 Wurzelspitze mit Wurzelhaaren
6 Milbe (Acari)
7 Springschwanz (Collembole)
8 Fadenwurm (Nematode)

Einfluss der Düngung auf den Humusgehalt

Zur Ermittlung der optimalen Gehalte an organischer Substanz wurden und werden Dauerversuche durchgeführt. Deren Anzahl ist durch Aufgabe von Versuchen in den vergangenen Jahrzehnten stetig zurückgegangen, so dass heute nur noch wenige Versuche zur Verfügung stehen. Am Beispiel des Thyrower Statischen Nährstoffmangelversuches, 1937 angelegt, soll nun auf den Einfluss der Düngung auf den Humusgehalt eingegangen werden.

Im jährlichen Wechsel werden Kartoffeln – Sommergerste – Silomais – Sommergerste angebaut.

Erhaltung optimaler Humusgehalte wichtig

Die Abbildung 3 zeigt die Humusgehalte der Prüfglieder des Statischen Nährstoffmangelversuches nach 70-jähriger Versuchsdauer. Im Verlauf der Versuchsdurchführung haben sich deutliche düngungsspezifische Unterschiede im Humusgehalt eingestellt. Der optimale Humusgehalt von 1 % wird in den organisch gedüngten Prüfgliedern erreicht. Alle ausschließlich mineralisch gedüngten Prüfglieder erreichen diesen Gehalt nicht. Der Verzicht auf die mineralische Stickstoffzufuhr hat den Humusgehalt am stärksten abgesenkt. Dieses Niveau ist auch bei unterlassener Düngung zu finden.

Das Ertragsniveau wurde durch die differenzierte organisch-mineralische Düngung auch beeinflusst (Abb. 4).

Gegenüber der mineralischen Düngung hat die kombinierte organisch-mineralische Düngung die Erträge von Kartoffeln, Silomais und Sommergerste um 30 bis 40 % erhöht. Bei Verzicht auf die mineralische Düngung kann bei ausschließlicher Stallmistdüngung nur Silomais die Nährstoffdefizite ausgleichen. Das Ertragsniveau der Kartoffeln sinkt um 14 %.

Tab. 1: Humusgehalte

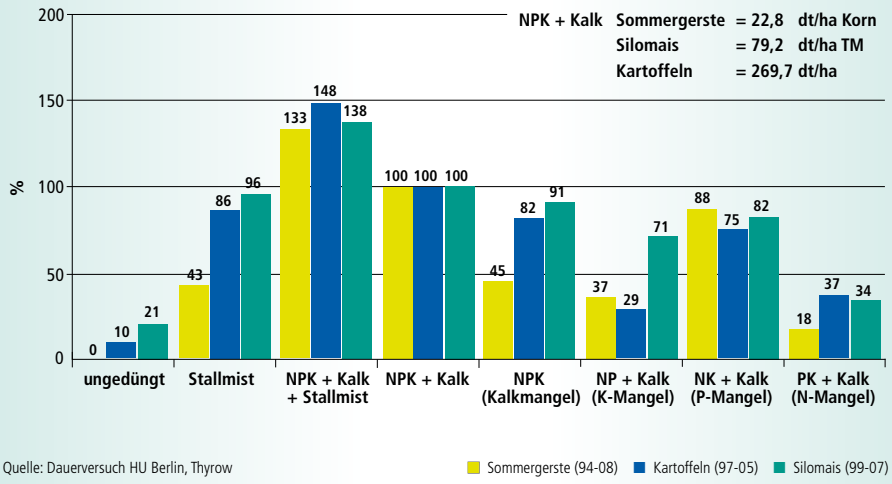
Bodenart	Tongehalt (%)	Humusgehalt (%)
Sand	0–17	1,0–1,8
Lehm	12–35	2,5–4,6
Ton	45–65	5,3

Quelle: nach ELLMER 2005

Die auf Bodenversauerung empfindlich reagierende Sommergerste fällt im Ertrag um 60 % ab. Die Ertragsdefizite nehmen in der Reihenfolge Phosphormangel < Kaliummangel < Stickstoffmangel zu. Die Unterlassung jeglicher Nährstoffzufuhr hat Ertragsausfälle zwischen 80 % (Silomais) und 100 % (Sommergerste) zur Folge.

Für eine nachhaltige Bodennutzung mit stabilen Erträgen ist es deshalb unumgänglich optimale Humusgehalte, entsprechend der Standortbedingungen, zu erhalten. Dies ist nur durch eine kontinuierliche Zufuhr organischer Primärsubstanz möglich. In diesem Zusammenhang ist auch der Einfluss der Stickstoffdüngung zu beachten, da diese in ihrem Einfluss auf den Gehalt der organischen Bodensubstanz nicht unterschätzt werden darf.

Abb. 4: Relativerträge Statischer Nährstoffmangelversuch in Abhängigkeit der organisch-mineralischen Düngung



Quelle: Dauerversuch HU Berlin, Thyrow

Innovation 3/2009

Dipl. Ing. Agr. Michael Baumecker
Fon 033731.15469
Fax 033731.80307
michael.baumecker@agrar.hu-berlin.de

Regenwürmer, wahre Weltmeister im Tunnelbau

Die Bedeutung des Bodenlebens für die Bodenfruchtbarkeit

Der größte Vertreter der Regenwürmer in heimischen Ackerböden ist Lumbricus terrestris.

Dr. Monika Joschko, Müncheberg

Die Fruchtbarkeit eines Bodens ist eng mit der Aktivität von Bodenorganismen verknüpft. Wichtige fruchtbarkeitsbestimmende Bodeneigenschaften, wie die Nährstoffdynamik, der Humusgehalt oder der Gefügezustand eines Bodens, sind in starkem Maße das Ergebnis der Tätigkeit von Bodenorganismen. Das Bindeglied zwischen Bodenlebewesen und Bodenfruchtbarkeit ist die organische Primärsubstanz, welche – als Ernte- oder Wurzelrückstand oder organische Düngung – den meist heterotrophen Organismen als Nahrung dient, und deren Reste, oft nach zahlreichen Umsetzungsprozessen, als Humus im Boden verbleiben.

Schon seit der Antike sind die engen Beziehungen zwischen Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit bekannt. So schrieb Plinius der Ältere bereits ein Jahrhundert vor unsere Zeitrechnung: „Jenes Land ist gut, das, sobald es aufgepflügt ist, von gierigen Vögeln überfallen wird, die den Pflug begleiten“ (nach Müller, 1965). Die Bedeutung der Regenwürmer für die Humusbildung wurde später von Charles Darwin umfassend dargestellt (Darwin 1881). Ende des 18. Jahrhunderts hatte bereits de Saussure die Grundlagen zur Erkenntnis der Rolle des Humus in der Ernährung der Pflanzen gelegt. Allmählich wurde klar, dass nicht nur die Regenwürmer, sondern die verschiedensten Organismengruppen für die Humusbildung und Stoffumsetzung im Boden verantwortlich sind. Die Bedeutung des Bodenlebens für die Bodenfruchtbarkeit war damit endgültig anerkannt.

Regenwürmer – die größten Bodenorganismen

Die teils zum Pflanzen-, teils zum Tierreich gehörenden Bodenorganismen werden in ihrer Gesamtheit als „Edaphon“ bezeichnet. Die größte Gruppe der Bodenorganismen bilden die Bodenmikroorganismen, zu denen vor allem Bakterien und Pilze, aber auch Protozoen, Algen und Viren gehören. Sie sind überwiegend sessil (lat., festsitzend) und haften auf der Oberfläche der Substrate und Bodenkolloide; sie gehören zum Lebensformtyp der „Bodenhafter“. Mikrobiologische Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit sind die mikrobielle Biomasse, d.h. die Gesamtmasse lebender Mikroorganismen in einem Boden, oder das Verhältnis von mikrobieller Biomasse zu Kohlenstoffgehalten des Bodens. Bei entsprechenden Untersuchungen wird mit unterschiedlichen Verfahren die Kohlenstoffmenge in der mikrobiellen Biomasse bestimmt. In Ackerböden beträgt die mittlere Menge an mikrobieller Biomasse 3 t/ha, entsprechend

15 t/ha Frischmasse oder 30 Großvieheinheiten/ha.
Die Bodenfauna umfasst Tiergruppen verschiedener Größenklassen. Zu den kleinsten Bodentieren gehören die Protozoen und Nematoden mit einer Körpergröße ab 1/1000 mm. Sie leben als „Bodenschwimmer" in wassergefüllten Poren oder im Wasserfilm, welcher die Mineralpartikel umschließt, und Populationsdichten von mehreren Millionen pro m² erreichen können.

Äußerst vielgestaltig sind die Vertreter der Mesofauna, die verschiedene Gliederfüßler wie Collembolen und Milben einschließen. Sie sind als „Bodenschliefer" auf die luftgefüllten Hohlräume des Bodens angewiesen; die räuberischen Arten bewegen sich auf der Suche nach Beutetieren zum Teil in rasendem Lauf durch die engen Gänge. Die größten Bodenorganismen (Makrofauna) sind die „Bodenwühler" wie die Regenwürmer, deren größte Vertreter bis über 20 cm lang werden können *(Lumbricus terrestris)*. Je nach der Textur und dem Kohlenstoffgehalt des Bodens können über 1 t/ha Frischmasse an Regenwürmern in einem Ackerboden vorhanden sein.

Leistungen allgemein

Den Bodenorganismen kommt in ihrer Gesamtheit die Aufgabe zu, die von höheren Pflanzen gebildete und von Tieren und Menschen teilweise umgeformte organische Substanz weiter umzubauen (Humifizierung) bzw. abzubauen (Mineralisierung). Dabei werden die in der organischen Substanz vorhandenen Verbindungen so weit zerlegt, dass sie als in der Bodenlösung vorhandene Ionen von der Pflanze wieder aufgenommen werden können. Die Bodenorganismen schaffen so die Existenzgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen und schließen den Stoffkreislauf der Natur.

Die Tätigkeit der Bodenorganismen wird durch organisches Material gefördert.

Leistungen im Agrarökosystem

Als Hauptträger der Stoffumsetzungen sind Bodenmikroorganismen die wichtigste Organismengruppe im Boden. Sie bewerkstelligen den Ab- und Umbau der organischen Substanz, setzen Nährstoffe frei und beeinflussen das Bodengefüge durch die Ausscheidung von Schleimstoffen. Bodentiere „schreddern" C-haltige Pflanzenreste und Ernterückstände, verteilen sie im Boden und vermischen sie mit Mineralpartikeln. Bei der Passage von Boden und organischem Material durch den Darmtrakt der Bodentiere kommt es zu Veränderungen des Substrates: Die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe wird erhöht und die Bildung von Huminstoffen aus organischem Material gesteigert. In Gefäß- und Feldversuchen konnten häufig Ertragssteigerungen durch die Bodentiertätigkeit festgestellt werden. Bei ihrem Weg durch den Boden verändern die Bodentiere das Bodengefüge in kleinsten Dimensionen (µm-Bereich), aber auch im Makrobereich durch das Anlegen von Gängen, die mehrere Meter tief in den Unterboden reichen können.

Bodenorganismen richtig füttern

Wie kann nun die so wichtige Tätigkeit der Bodenorganismen gefördert werden? Wichtig ist vor allem die richtige „Fütterung" durch leicht verwertbares organisches Material, welches zum Beispiel in Form der Ernte- und Wurzelrückstände den Bodenorganismen zur Verfügung gestellt wird. Langjährige Untersuchungen in Müncheberg zeigten den großen Einfluss der Pflanze, d.h. der Fruchtfolge, auf das Bodenleben. Besonders förderlich für Bodenmikroorganismen und Bodentiere wirken sich Leguminosen in der Fruchtfolge aus. Eine Aufweitung der derzeit üblichen engen Fruchtfolgen mit der Wiedereinbeziehung von Futterpflanzen als Haupt- und Zwischenfrüchte ist aus bodenökologischer Sicht unbedingt anzustreben. Eine organische Düngung mit leicht verwertbaren Kohlenstoffquellen fördert ebenfalls die Bodenorganismen – je nach Art des Materials in unterschiedlichem Ausmaß.
Ein weiteres Mittel zur Beeinflussung des Bodenlebens ist die Bodenbearbeitung; eine Reduzierung der Bodenbearbeitung wirkt sich dabei besonders auf Regenwürmer, vor allem auch auf den tiefgrabenden Tauwurm günstig aus.

Fotos: Ehrmann

Bei ihrem Weg durch den Boden verändern die Bodentiere das Bodengefüge.

Ausblick

Zwischen Humushaushalt und Bodenleben besteht eine enge Beziehung, die für die Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit von großer Bedeutung ist. Landwirte wissen seit langem, dass Landwirtschaft in erster Linie „Humuswirtschaft" ist – die Erhaltung und Vermehrung der Humusmenge im Boden war immer schon ein wichtiges Anliegen bei der Bodenbewirtschaftung. Allerdings müssen auch die ökonomischen Rahmenbedingungen entsprechend beschaffen sein.

Innovation 4/2009

Dr. Monika Joschko
Fon 033432.82254
Fax 033432.82243
mjoschko@zalf.de

Die Wurzel

Teil 1

Aufbau und Funktion

Kirsten Engelke, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Durch Wurzelumbildungen können auch Stützwurzeln entstehen.

Die Seitenwurzeln bilden ebenfalls Wurzelhaare aus.

Die Wurzel nutzt vorhandene Hohlräume, um den Boden in Tiefe und Breite zu durchdringen.

Nur ein gut ausgebildetes Wurzelsystem ermöglicht eine optimale Pflanzenentwicklung und damit hohe Erträge. Dabei hängt die Ausbildung eines leistungsfähigen Wurzelsystems von vielen Faktoren ab. Darüber hinaus nehmen Wurzeln auch eine wichtige Stellung im Ökosystem Boden ein und stehen in enger Wechselbeziehung zur Bodenfruchtbarkeit.

Das Wurzelsystem variiert mit der Pflanzenart

Je nach Pflanzenart aber auch in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen können Wurzelsysteme und Wurzeln in Aussehen und Funktion stark von einander abweichen. Zweikeimblättrige Pflanzen bilden eine Primärwurzel (oder Polwurzel), die bei Raps, Rüben, Lupinen oder Luzerne als verdickte, senkrecht wachsende Pfahlwurzel ausgebildet wird, aus der die untergeordneten Seitenwurzeln wachsen. Einkeimblättrige Pflanzen wie Getreide und Gräser bilden zunächst drei bis sechs Keimwurzeln sowie später von dem unterirdischen Halmknoten aus Kronenwurzeln. Die einzelnen Wurzeln sind meist gleich dick und wachsen bogenförmig nach unten und durchwurzeln vor allem den Oberboden. Bei diesem sekundären Wurzelsystem sterben die Keimwurzeln ab oder nehmen eine gleichrangige Stellung zu den Kronenwurzeln (sprossbürtige Nebenwurzeln) ein. Durch Wurzelumbildungen können auch Speicherwurzeln (Zuckerrübe), Stützwurzeln (Mais) oder Saugwurzeln (Efeu) entstehen.

Wurzeln – Wahre Wachstumskünstler

Durch das stetige Wurzelwachstum, die Ausbildung von Wurzelhaaren und Seitenwurzeln erreicht das gesamte Wurzelsystem einer einzelnen Pflanze eine erstaunlich große Wurzellänge. Sie wird durch äußere Faktoren wie Bodenart, Bodenzustand, Wassergehalt des Bodens, O_2- bzw. CO_2-Konzentration, Temperatur, Licht und Nährstoffversorgung beeinflusst. Der perfekte Boden für die Wurzelentwicklung ist feucht, warm, nährstoffreich, tiefgründig, besitzt ausreichend sauerstoffführende Grobporen und hat einen hohen Feinerdeanteil.
Bei ungestörtem Tiefenwachstum können die Wintergetreidearten, Raps und Rüben bis über 2 m tief in den Boden vordringen. Bei Luzerne

wurden sogar noch Wurzeln in einer Tiefe von mehr als 12 m nachgewiesen.
Nach einer Untersuchung von Russel (1954) betrug die Wurzellänge von Roggen in einem Bodenzylinder von 7,6 cm Durchmesser und 12,2 cm Tiefe 64 Meter. In dem untersuchten Bodenzylinder konnte Russel 12,5 Millionen Wurzelhaare finden. In der Literatur finden sich Angaben von einer Gesamtlänge der Wurzeln einer Roggenpflanze von bis zu 80 Kilometern, bei Weizen in der Krume bis zu 50 Kilometern. Der Großteil, rund 75 bis 90 %, der Wurzeln befindet sich in den oberen 30 bis 35 cm des Bodens.
Wurzeln sind in der Lage, Nährstoffe zu erwachsen. In Bodenbereichen mit hoher Nährstoffkonzentration ist das Wurzelsystem deutlich dichter, dies gilt insbesondere für die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff, während Kalium kaum zu einer verstärkten Wurzelbildung führt.
Die Wurzelentwicklung beginnt zeitlich vor dem Sprosswachstum und nimmt nach der Blüte ab. Dabei sterben ständig ältere Wurzeln ab und neue werden gebildet. In einer Untersuchung wurde festgestellt, dass sich das Wurzelsystem bei Weizen in der Krume zwischen Ende Bestockung und Teigreife innerhalb von drei bis sechs Wochen komplett erneuerte. Die in dieser Zeit gebildeten Wurzeln machten 35 bis 65 % der gebildeten Gesamttrockenmasse aus.

Gute Bodenstruktur für ungestörtes Wurzelwachstum

Die Wurzel nutzt vorhandene Hohlräume, um den Boden in Tiefe und Breite zu durchdringen. Selbst feinste Haarrisse werden für die Durchwurzelung genutzt. Über das Dickenwachstum werden Hohlräume erweitert, die Durchlüftung des Bodens gefördert, leichte Verdichtungen aufgesprengt und so der Weg für jüngere Wurzeln bereitet. Feinerdereiche Böden lassen bei guter Durchlüftung ein größeres Tiefenwachstum zu als grobe Böden, denn Steine müssen umwachsen werden. Stark tonhaltige Böden neigen bei Trockenheit zur Aggregatbildung, welche von den Wurzeln nur oberflächlich bewachsen und nicht durchdrungen werden können. Trotz einer hohen Versorgungsstufe können Bodenwasser und Nährstoffe kaum genutzt werden, die Salzkonzentration in der Bodenlösung nimmt ab. Es können Mangelerscheinungen auftreten.
Die Wurzeln benötigen einen feuchten Boden, um sich ausbreiten zu können. Das maximale Längenwachstum wird bei Bodenwassergehalten zwischen Feldkapazität und Welkepunkt erreicht. Bei beginnender Austrocknung des Bodens schieben die Pflanzen, vor allem Flachwurzler wie Getreide und Mais, die Wurzeln

Foto: Wurzelatlas, DLG-Verlag Frankfurt

Wurzelwachstum:
links: Boden wenig verdichtet;
rechts: Boden stark verdichtet

vermehrt in die Tiefe. Pfahlwurzler wie Raps und Leguminosen dringen ohnehin in tiefere Bodenschichten vor und sind weniger anfällig für Trockenstress. Tiefgründige Böden wie Lös und Lehm sind bei Trockenheit aufgrund besserer Durchwurzelungstiefe und Wasserspeicherkapazität von Vorteil.
Niedrige Temperaturen hemmen die Pflanzen- und somit auch die Wurzelentwicklung. Den höchsten Wurzelzuwachs erreichen Pflanzen in Zeiträumen mit unregelmäßiger Niederschlagsverteilung. Der Wechsel von starker Befeuchtung und Austrocknung regt die Wurzel scheinbar zu verstärktem Wachstum an. Der Aussaatzeitpunkt der Winterungen muss abhängig vom Standort so gewählt werden, dass eine ausreichende Vorwinterentwicklung möglich ist. Mit Bodenerwärmung im Frühjahr nimmt vorrangig die Durchwurzelung des Oberbodens zu. Bei steigenden Bodentemperaturen ist die Wurzelentwicklung vermehrt in die Tiefe gerichtet.

Fazit

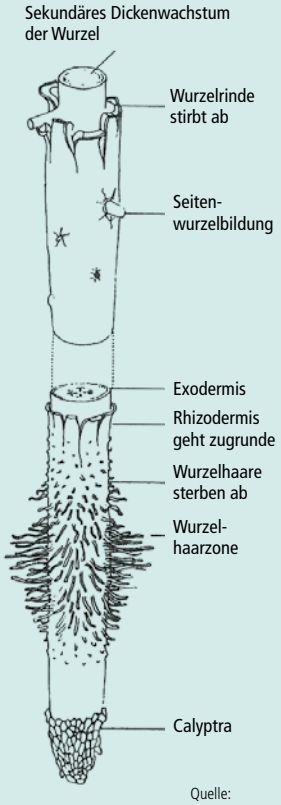
Gesunde und üppige Pflanzenbestände sind auf ein leistungsfähiges Wurzelwerk zurückzuführen. Bei der Pflanzenproduktion ist also nicht nur der oberirdische Bewuchs ausschlaggebend, sondern auch das Wurzelwerk ist zu beachten und zu fördern.

Innovation 4/2010

Kirsten Engelke

Aufbau der Wurzel

An der **Wurzelspitze** befindet sich die Zellvermehrungszone. Durch ständige Zellneubildung schiebt sich die Wurzel weiter in den Boden. Die **Wurzelhaube (Calyptra)** umschließt und schützt dieses Gewebe. Die Wände der Haube sind durch Ausscheidungen verschleimt und machen die Wurzelspitze im Boden gleitfähig. Nach oben hin folgen die Differenzierungszone und dann die **Wurzelhaarzone**.



Quelle: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band I

Wurzelhaare sind Ausstülpungen der äußeren Wurzelzellen, dienen zur Vergrößerung der Oberfläche und sterben meistens schon nach wenigen Tagen ab. Die Anzahl der Wurzelhaare richtet sich nach Pflanzenart, Bodendurchlüftung sowie Wasser- und Nährstoffgehalt. So werden in einem Boden mit hoher Wassersättigung aber auch bei extremer Trockenheit fast keine Wurzelhaare ausgebildet.

Über der Wurzelhaarzone schließt sich die Zone mit den **Seitenwurzeln** an, welche sich aus den inneren Zellen heraus entwickeln, um die Verbindung zu den Leitbahnen im Inneren der Wurzel zu erhalten. Die Seitenwurzeln bilden ebenfalls Wurzelhaare aus. Es entstehen große Wurzelsysteme.

Im Inneren der Wurzel befindet sich der **Zentralzylinder** mit den Leitgefäßen **Xylem** und **Phloem**. Das Xylem ist für die Wasserförderung in den Spross und das Phloem für die Assimilatförderung in die Wurzel verantwortlich. Durch seine verholzten Zellen hat der Zentralzylinder zusätzlich eine stützende Funktion. Er nimmt ca. 5–7 % des Durchmessers der Wurzel ein. Außerhalb des Zentralzylinders liegt das **Rindengewebe**, welches 93–95 % des Durchmessers der Wurzel ausmacht und als Speicher dient. Dieses Verhältnis wird selbst in einer 0,1 mm dicken Wurzel aufrechterhalten.

Teil 2

Die Wurzel

Die Nährstoffaufnahme

Kirsten Engelke, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Nährstoffe bilden die Grundlage des Lebens. Alle Stoffwechselvorgänge in der Pflanze hängen von der ausreichenden Nährstoffverfügbarkeit im richtigen Verhältnis ab. Dabei entdeckte der Wissenschaftler Justus von Liebig im Jahre 1855 das Gesetz vom Minimum: „Der Pflanzenertrag ist in erster Linie abhängig von dem relativ am meisten im Minimum befindlichen Nährstoff." Das bedeutet, dass der Mangel eines Wachstumsfaktors nicht durch einen anderen ausgeglichen werden kann, sondern das Wachstum begrenzt.

Bis auf die gasförmigen Stoffe CO_2, H_2O und O_2 nehmen Pflanzen die meisten Nährstoffe in geladener Form als Ionen aus dem Boden auf. Eine große Wurzeloberfläche bildet dafür die Voraussetzung, um große Bodenareale zu erschließen. Bei einer Vorschubgeschwindigkeit von ca. 2 cm pro Tag erreichen Wintergetreidewurzeln bis Dezember Bodentiefen von 20–40 cm und nach Einsetzen der Vegetation können im April auch Tiefen von 40–70 cm und tiefer erschlossen werden. Es kommt jedoch nicht nur auf das Tiefenwachstum an sondern auch auf eine intensive Durchdringung des A-Horizontes.

Bodenfeuchtigkeit ist entscheidend

Der überwiegende Teil der Nährstoffe gelangt über kurze Strecken mit der Bodenlösung durch Massenfluss und Diffusion zu den Pflanzenwurzeln. Doch auch über direkten Kontakt der Wurzeln mit Ton- oder Humusteilchen können locker gebundene Kationen im Austausch

Pflanzen können über Wurzelausscheidungen auch das Bodenleben beeinflussen.

mit H^+- Ionen adsorbiert werden. Diese Prozesse hängen von der Bodenfeuchtigkeit ab. Je geringer die Feuchtigkeit ist, desto schlechter gelangen Nährstoffe zu den Pflanzenwurzeln. In trockenen Jahren muss die Wurzel in feuchte Bodenschichten vordringen, um die Mineralstoffversorgung sicherzustellen. Somit muss auch der Unterboden mit ausreichend Nährstoffen versorgt und gut durchwurzelbar sein.

Bodenart und Bodenleben steuern die Bereitstellung

Die Nährstoffbereitstellung hängt nicht nur von den im Boden vorhandenen Nährstoffmengen sondern auch von Bodenart, Feuchtigkeit, pH-Wert, Aktivität des Bodenlebens und der Temperatur ab. Die Bodenart bestimmt die Höhe der gebundenen Nährstoffe an den Tonteilchen, die Feuchtigkeit dient als Transportmedium, der pH-Wert beeinflusst die Verfügbarkeit und Antagonismen der Mineralien. Das Bodenleben wandelt organische Substanz in mineralische Stoffe um und die Temperatur steuert die Ablaufgeschwindigkeit der Prozesse. Pflanzen können hier über Wurzelausscheidungen (Exsudate), wie organische Säuren, Aminosäuren, Zucker etc. sowohl den pH-Wert als auch das Bodenleben beeinflussen.

Aktive Aufnahme in die Wurzelzellen

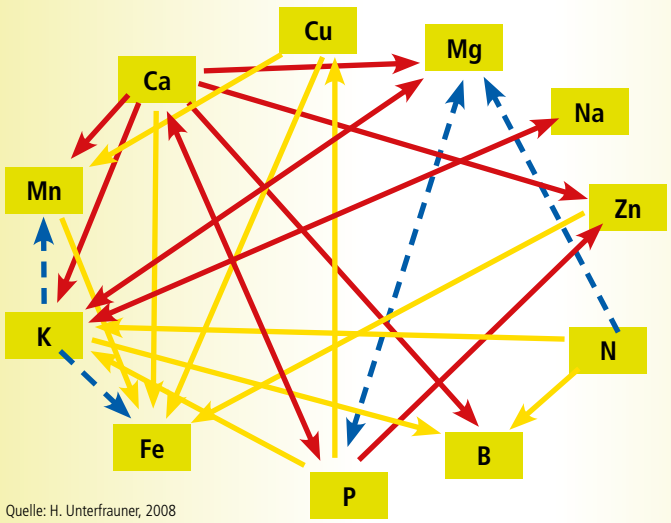
Nährstoffe werden aktiv und passiv durch die Wurzelzellen aufgenommen. Dieser Vorgang benötigt Energie, denn je besser die Wurzeln mit Sauerstoff versorgt sind, desto besser funktioniert die Nährstoffaufnahme. Starke Verdichtungen oder Vernässung reduzieren die Wurzelatmung sowie die Nährstoffaufnahme aufgrund von Sauerstoffmangel bzw. CO_2-Vergiftung. Bei Aufnahme von Nährionen geben Pflanzen zum Ladungsausgleich H^+- bzw. OH^--Ionen an die Wurzelumgebung ab. Dabei kommt es zum pH-Wert-Abfall oder -Anstieg in der Rhizosphäre. So erklärt sich die saure oder alkalische Wirkung mancher Dünger.

Mit einer großen Wurzeloberfläche können weite Bodenareale erschlossen werden.

Komplexe Wechselwirkungen

Bei der Anhäufung von Ionen an der Wurzeloberfläche können sich diese gegenseitig behindern (Antagonismus). Die Ionen konkurrieren sowohl um Anlagerungsstellen als auch um Carrier an der Zelle. Mehrfach geladene Ionen wie Ca^{++} und Mg^{++} besitzen eine größere Hydrathülle als einfach geladene Ionen wie K^+ oder Na^+ und gelangen nur langsam in die Zellen. Dadurch kann es zu Nährstoffdisharmonien in der Pflanze kommen. Bekannte Ionenantagonismen bestehen zwischen K^+- und Ca^{++}-Ionen sowie K^+- und Mg^{++}-Ionen. Solche Verhältnisse gilt es bei der Düngung zu berücksichtigen. Ein Nährstoff kann trotz ausreichender Verfügbarkeit im Mangel sein, da durch den Überschuss eines anderen Nährstoffes die Aufnahme gehemmt wird (Abb. 1).

Abb. 1: Das Wirkungsgefüge der Nährstoffe



Quelle: H. Unterfrauner, 2008

Fazit

Eine optimale Nährstoffversorgung sichert Wachstum und Ertrag. Damit die Pflanzenwurzel die benötigten Nährstoffe aufnehmen kann, müssen die Elemente in ausgewogenen Mengenanteilen bereitgestellt und mobilisiert werden. Durch angepasste Bodenbearbeitung und Bestandesführung kann das lebende System Boden unterstützt werden, um den Transport und die Aufnahme der Nährstoffe zu fördern.

Innovation 1/2011

Kirsten Engelke

Die Wurzel – Teil 3

Die Wurzelentwicklung richtig fördern

Oliver Wellie-Stephan, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Ein gutes Wurzelsystem ist das Fundament für hohe Erträge. Beschäftigt man sich damit, wie der Landwirt die Wurzelentwicklung fördern kann, kommt man immer zum gleichen Schluss – wesentlich für die Ausbildung kräftiger Wurzelsysteme und ein gesundes Pflanzenwachstum ist ein intakter, gut strukturierter Boden mit einem ausreichenden Anteil an Grob-, Mittel- und Feinporen.

Regenwurmgänge wirken positiv auf Versickerung und Durchwurzelung.

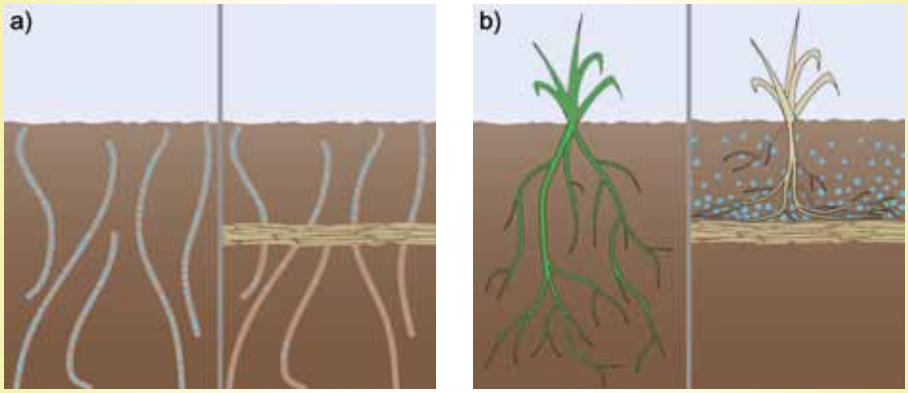
Günstige Bodenstruktur ist das A und O

Für optimales Wachstum benötigen die Wurzeln einen Luftgehalt von 10 bis 15 % im Boden. Ist der Boden erst verdichtet, kann dies kurzfristig nicht behoben werden und deutliche Ertragseinbußen sind die Folge. In verdichteten Bereichen des Ackers kommt es in der Regel nach Niederschlägen zu Staunässe, die wiederum zu Sauerstoffmangel in der Wurzelzone führt. Sauerstoff wird aber als Energielieferant für die Aufnahme und den Transport von Nährstoffen benötigt. Bei O_2-Mangel ist insbesondere die Kalium-, Calcium- Magnesium-, Phosphat- und Eisenaufnahme sowie der Transport dieser Ionen in der Pflanze deutlich erschwert. Durch Denitrifikationsvorgänge bedingte N- Verluste können massiv sein und sogar zu vorübergehendem Stickstoffmangel führen. Gleichzeitig steigt die Konzentration von Schwermetallen und Mangan in der Bodenlösung, Vergiftungserscheinungen der Pflanzen können die Folge sein. Erkennbar kann das unter anderem an verbräunten Wurzeln sein, insbesondere die Feinwurzeln sterben ab und der Spross ist vergilbt und bildet Nekrosen an den Blättern aus. Bei derartigen Wurzelschädigungen ist die Synthese des Phytohormons Cytokinin deutlich eingeschränkt. Cytokinin spielt aber beim Getreide eine wichtige Rolle bei der Bestockung und Ährendifferenzierung. Dies ist der Grund, warum Pflanzen in Bereichen mit Staunässe meist schlecht bestockt sind und nur kleine Ähren ausbilden. Grundsätzlich sollte der Ackerboden nur soviel wie nötig, unter Beachtung der Bodenverhältnisse (Feuchtezustand), mit schwerer Technik befahren werden. Reifendruckregelsysteme ermöglichen eine Absenkung des Reifendrucks auf dem Acker und können so den Bodendruck und das Verdichtungsrisiko deutlich senken. Bei der Ernte ist es ratsam, die meist mit schmalen Reifen bestückten Transportanhänger, auf den angrenzenden Feldwegen abzustellen.

Bei Strukturproblemen Tiefenlockerung durchführen

Abhilfe bei Strukturproblemen schafft nur eine gezielte Lockerung, die unterhalb der Verdichtungszone ansetzt und bei ausreichend trockenen Bodenverhältnissen durchgeführt werden muss. Wichtig ist, dass nachfolgend

Folgen von Bodenschadverdichtungen



Schema zu Verhältnissen in unverdichteten (links) und verdichteten Böden (rechts):
a) Kapillarität unterbrochen, b) Wurzelwachstum und Versickerung gehemmt Quelle: T. Weyer, 2010

oder zeitgleich eine Rückverdichtung erfolgt und Pflanzen angebaut werden, zum Beispiel im Rahmen des Zwischenfruchtanbaus, die den Boden weiter lockern, aufschließen und vor allem stabilisieren. Nur die so genannte Lebendverbauung kann die Bodenstruktur nachhaltig verbessern und das für die Durchwurzelung notwendige stabile Krümelgefüge schaffen. Wird nach der Unterbodenlockerung keine Zwischenfrucht angebaut, werden keine beständigen Krümel aufgebaut und der Boden kann wieder verschlämmen. Bei mangelnder Rückverfestigung kann sich diese Verschlämmung (Tonauswaschung) bis zum Bearbeitungshorizont ausdehnen und eine Schicht mit schlechter Wasserdurchlässigkeit bilden. In der Folge können sich neue Verdichtungs- und Stauhorizonte aufbauen und die ursprüngliche Situation zusätzlich verschlimmern. Diese Art der Bodenlockerung ist leider gängige Praxis beim Lockern von Fahrspuren.

Besonders nach längeren nassen Phasen sind auf vielen Flächen wieder gravierende Strukturprobleme zu sehen. Wir sollten uns darüber klar sein, dass unser Boden unsere Produktionsgrundlage für die Zukunft ist. Gerade in Zeiten von häufigen Witterungsextremen sind unsere Pflanzenbestände einem zunehmenden Stress ausgesetzt. Praxiserfahrungen zeigen, dass Bestände, die auf einem intakten Boden wachsen, diesen Stress deutlich besser kompensieren.

Ausreichende Humusgehalte wichtig

Die im Rahmen der Spezialisierung häufig vorgenommene Trennung von Ackerbau und Tierhaltung sowie die Verengung der Fruchtfolgen mit wenigen Marktfrüchten haben dazu geführt, dass in reinen Ackerbaubetrieben Futterbau mit Gräsern oder Leguminosen-/Grasgemischen nicht mehr betrieben wird und organische Düngemittel selten oder gar nicht mehr eingesetzt werden. Sinkende Humusgehalte sind die Folge. Häufig wurde aufgrund wirtschaftlicher Zwänge zusätzlich noch an der Grunddüngung gespart. Vermutlich ist dies ein Grund, dass in diesen Betrieben, insbesondere auf leichten Böden, die Bestände bei Stresssituationen wie zum Beispiel Hitze oder Trockenheit deutlich früher und stärker zeichnen als Bestände, die auf Flächen wachsen, die regelmäßig mit organischen Düngern versorgt werden.

Einige Betriebe haben dies erkannt und kaufen organische Dünger wie zum Beispiel Hühnertrockenkot, Kompost, Gülle oder Gärsubstrat zu und bauen Zwischenfrüchte an. Stroh sollte auf dem Acker verbleiben, muss aber unbedingt kurz gehäckselt und gut eingemischt werden, damit es die Wurzelentwicklung und die Etablierung der Bestände nicht behindert. Mit diesen Maßnahmen kann der Humusgehalt im Boden erhalten oder bei Zufuhr größerer Mengen organischer Substanz sogar noch gesteigert werden. Besonders effizient ist der Humusaufbau, wenn die organische Düngung mit einer wachsenden Hauptkultur und Zwischenfrucht kombiniert wird. Eine bessere Bodenstruktur, bessere Wasser- und Nährstoffspeicherung, reges Bodenleben sowie eine leichtere Bearbeitbarkeit und deutlich bessere Durchwurzelbarkeit sind die Folgen. Eine wichtige Rolle spielt in diesem Zusammenhang der Regenwurm, der durch die Zufuhr von ausreichend organischer Biomasse deutlich gefördert wird. Regenwürmer schaffen durch ihre Grabtätigkeit Gänge, die dann die Wurzeln der Kulturpflanzen erwachsen können, so werden der Wurzeltiefgang und die Verzweigung der Wurzel gefördert und letztendlich die Erträge sicherer und nachhaltig gesteigert.

Humus ist ein sehr guter Wasser- und Nährstoffspeicher und unterstützt in erheblichem Maße das Puffersystem des Bodens. Darüber hinaus ist der Humus eine langsam fließende Nährstoffquelle und stellt eine ausgewogene Pflanzenernährung mit allen wichtigen Nährstoffen sicher.

Auch mit speziellen Düngungsmaßnahmen kann natürlich die Entwicklung des Wurzelsystems gefördert werden.

Das Bodengefüge wird durch Zwischenfrüchte positiv beeinflusst

Winterweizen

TerraLife-RIGOL

DLG-Feldtage Bockerode 2010 (Bodenprofil der LWK Niedersachsen)

Innovation 2/2011

Oliver Wellie-Stephan
Fon 02941.296487
Fax 02941.2968487
wellie-stephan@dsv-saaten.de

Die Wurzel Teil 4

Das Leben im Wurzelraum

Dr. Philipp Franken, Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau, Großbeeren

Im Wurzelraum leben viele Mikroorganismen, die das Wachstum und die Gesundheit der Pflanzen beeinflussen. Unter den Nützlingen sind die arbuskulären Mykorrhizapilze am weitesten verbreitet. Sie tragen vor allem zur Nährstoffversorgung der Pflanzen bei, erhöhen aber auch deren Widerstandskraft und die Photosyntheseleistung. Da sie in den Wurzeln vieler Nutzpflanzen und auf fast allen Bodentypen zu finden sind, ist es für den gezielten Einsatz wichtig, mehr über diese Symbiose zu wissen.

Arbuskuläre Mykorrhiza

Die Arbuskuläre Mykorrhiza ist eine Form der Symbiose von Pilzen und Pflanzen. Der Pilz dringt in die Wurzel ein und verzweigt sich innerhalb der Pflanzenzellen zu einer Bäumchen ähnlichen Struktur, der sogenannten Arbuskel. Diese Arbuskeln dienen dem Austausch von Nährstoffen (Abb. 1).

Pflanzen leben nicht allein

Pflanzen leben, wie alle höheren Lebewesen nicht allein, sondern zusammen mit einer Vielzahl von Mikroorganismen. Dabei stellt der Wurzelraum nach wie vor eine ‚Black Box' mit vielen unbekannten Mitspielern dar. Die bisher bekannten Nützlinge kann man aufgrund ihrer Aktivität in drei Gruppen einteilen: Sogenannte ‚Biodünger' tragen zur Nährstoffversorgung der Pflanzen bei. So können manche Bakterien Luftstickstoff fixieren und ihn als Ammonium bereitstellen. Bestimmte Pilze wiederum lösen durch ihre Ausscheidungen festgelegtes Phosphat und machen es so pflanzenverfügbar. ‚Pflanzenprotektoren' erhöhen einmal durch ihre Wechselwirkung mit der Wurzel deren Widerstandskraft gegen Schädlinge oder ihre Stresstoleranz. Manche von ihnen greifen aber auch direkt die Pflanzenparasiten an und machen sie unschädlich. Das Pflanzenwachstum kann durch lebende ‚Bioregulatoren' gesteuert werden. Diese produzieren z.B. wurzelfördernde Auxine oder stören die Erkennung des Wachstumshemmers Ethylen.

Mikroskopische Aufnahme einer Wurzelkultur (auf Agarplatte) mit Mykorrhiza

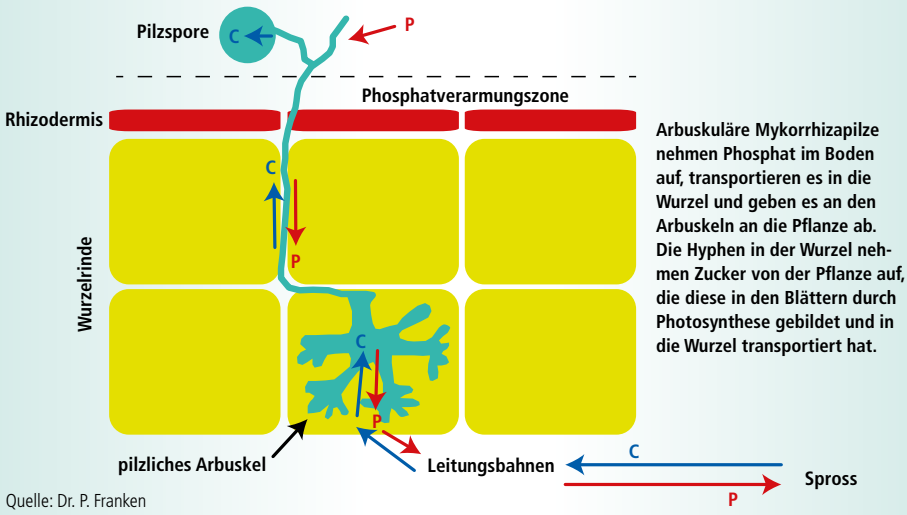
Eine uralte Geschichte

Als die ersten niederen Landpflanzen vor 550 Millionen Jahren das Land eroberten, konnten sie das wohl nur durch ihre Symbiose mit einer kleinen Gruppe von Mikroorganismen, den Arbuskulären Mykorrhiza (AM) Pilzen. Diese einzigartigen Lebewesen waren und sind immer noch so erfolgreich, dass sie sich als lebende Fossilien über die Jahrmillionen kaum verändert haben. Einige wenige Pflanzenfamilien wie die Kohl- und die Rübengewächse haben allerdings die Möglichkeit der Mykorrhizabildung verloren. Andere wiederum bildeten neuere Formen der Mykorrhiza. So beheimaten die Wurzeln der Bäume in unseren Breitengraden sogenannte Ektomykorrhizapilze. Viele Kulturpflanzen wie alle Getreide, die Nachtschattengewächse (Kartoffel, Tomate, Paprika) oder die Schmetterlingsblütler (Bohne, Erbse) sind aber nach wie vor von AM Pilzen besiedelt.

Wie Du mir, so ich Dir

Die wohl am besten bekannte Leistung der AM Pilze ist die Versorgung der Pflanzen mit Phosphat (Abb. 1). Durch seine geringe Diffusionsgeschwindigkeit entsteht schnell um die Wurzel eine Verarmungszone. Diese kann durch die Hyphen der Pilze überbrückt werden, die den Nährstoff aus weit entfernten Regionen des Bodens heranschaffen, in die Pflanze transportieren und über die Arbuskel, kleine intrazelluläre Hyphenbäumchen, an die Pflanzenzellen abgeben. Aber auch die Versorgung mit anderen Nährstoffen wie dem Spurenelement Zink kann der pilzliche Partner übernehmen, was sich vor allem bei entsprechenden Mangelbedingungen bemerkbar macht. Weiterhin erweisen sich Pflanzen, die von AM Pilzen besiedelt

Abb. 1: Nährstoffaustausch in der Mykorrhiza



Arbuskuläre Mykorrhizapilze nehmen Phosphat im Boden auf, transportieren es in die Wurzel und geben es an den Arbuskeln an die Pflanze ab. Die Hyphen in der Wurzel nehmen Zucker von der Pflanze auf, die diese in den Blättern durch Photosynthese gebildet und in die Wurzel transportiert hat.

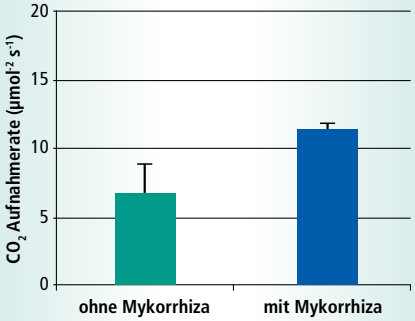
Quelle: Dr. P. Franken

sind als resistenter gegen Wurzelpathogene und widerstandsfähiger bei Trockenheit. Wie im richtigen Leben ist aber auch hier nichts umsonst: Der Pilz bekommt von der Pflanze Zucker, die durch Photosynthese in den Blättern gebildet wurden, und die er für die Bildung der sehr nährstoffreichen Sporen braucht. Dies muss allerdings für die Pflanze nicht von Nachteil sein. Interessanterweise haben verschiedene Studien gezeigt, dass Pflanzen, die von AM Pilzen besiedelt werden, mehr CO_2 assimilieren und so auch mehr Zucker erübrigen können (Abb. 2). Inwieweit die erhöhte Photosyntheseleistung sogar zum Klimaschutz beiträgt, ist noch zu klären.

Balance aus dem Gleichgewicht

Die positive Wechselwirkung zwischen Pflanze und Pilz kann aber auch aufgehoben werden. So zeigen sehr junge Pflanzen bei gleichzeitig starker Entwicklung des Pilzes eine Wachstumsdepression. Auch die Fähigkeit des AM Pilzes, die Phosphataufnahme der Pflanze über die Rhizodermis zu unterdrücken und alleine die Versorgung der Pflanze zu übernehmen, kann sich unter bestimmten Umständen negativ auswirken. Verschiedene Untersuchungen legen inzwischen nahe, dass neuere Kultursorten einige Funktionen der Mykorrhiza verloren haben, da diese Eigenschaften bei der Züchtung nie eine Rolle spielten. Nach wie vor werden die Wurzeln besiedelt, da die Pilze ja überall vorkommen, doch der Vorteil für die Pflanze und damit für den Produzenten ist nicht mehr gegeben.

Abb. 2: Photosyntheseleistung unter dem Einfluss von Mykorrhiza



Pflanzen mit einer aktiven Mykorrhiza in der Wurzel zeigen eine erhöhte Photosyntheseleistung.

Quelle: aus Katja Boldt: Diplomarbeit an der HU Berlin

Fazit

Dank des Einsatzes moderner biologischer Methoden können wir eine Reihe von Phänomenen der Wechselwirkung zwischen Pflanzen und AM Pilzen erklären. Im Gartenlandschaftsbau werden sie sogar schon von einigen Betrieben bei der Neubepflanzung von z.B. Böschungen und bei der Dachbegrünung dank der Förderung des Wurzelwachstums routinemäßig eingesetzt. Für die weitergehende Anwendung müssen wir aber in Zukunft zum einen die Auswahl von Pilzen verbessern, die an bestimmte Anforderungen optimal angepasst sind und dort ihre positiven Eigenschaften entfalten können. Zum anderen gilt es, bei der Entwicklung neuer Kultursorten die optimale Ausnutzung der Mykorrhizasymbiose als Züchtungsziel mit einzubinden.

Innovation 3/2011

Dr. Philipp Franken
Fon 033701.78215
Fax 033701.55391
franken@igzev.de

DSV
Innovation für Ihr Wachstum

Ihr Boden – Ihr größtes Kapital!

Schützen Sie Ihren Boden mit Humus-Plus Maisuntersaaten!

Enge Fruchtfolgen hinterlassen ihre Spuren in den Böden. Maisuntersaaten sind kostensparend und verbessern den Humushaushalt nachhaltig.

Ihre Vorteile:
- N-Bindung nach Ernte
- Erhöhung der biologischen Aktivität
- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Humusaufbau
- Schutz vor Erosion
- Reduzierung von Arbeitsspitzen

u.v.m.

www.dsv-saaten.de

Wurzelausscheidungen (Exsudate) an den Adventivwurzeln des Maises.

Die Wurzel Teil 5

Wechselwirkungen im Wurzelraum

Christoph Felgentreu, Deutsche Saatveredelung AG · Bückwitz

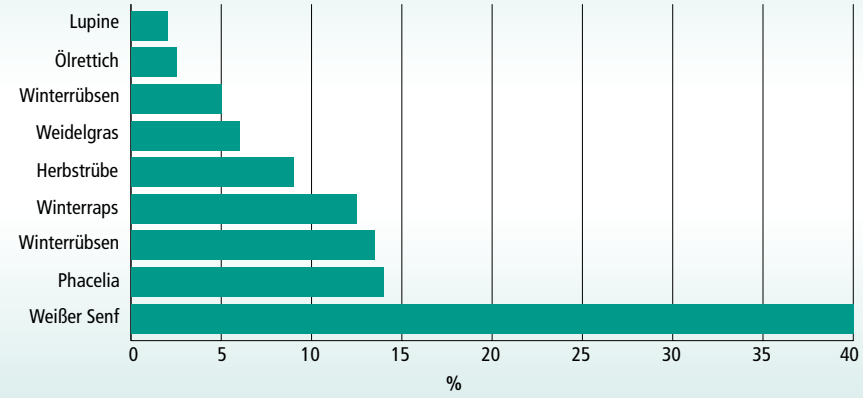
Einen intakten gesunden Boden zeichnet vor allem ein guter Humusgehalt (Humus = lebendiges Erdreich) und eine vielschichtige Interaktion aller zwischen, in oder auf dem Boden lebenden Organismen aus. Die Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen wird als Edaphon bezeichnet. Sowohl positive als auch negative Interaktionen des Edaphons können sich auf das Pflanzenwachstum und somit auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken.

Es gibt Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen (Mikroflora), auch untereinander. Eine der bekanntesten Interaktionen ist die zwischen Leguminosen und stickstoffproduzierenden Knöllchenbakterien. Eine weitere Interaktion, die bei ca. 90 % aller an Land lebenden Pflanzen (in der Landwirtschaft bei Getreide, Mais, Kartoffeln und vielen Futterpflanzen) eine bedeutende Rolle spielt, besteht mit Mykorrhizapilzen (siehe dazu Die Wurzel, Teil 4). In beiden Fällen handelt es sich um Symbiosen, wovon beide Partner profitieren. Interaktionen können aber auch zum Nachteil einer Art ausfallen, wie z.B. zwischen Pflanzen durch hemmend wirkende Wurzelausscheidungen (allelopathische Exsudate). Ein gutes Beispiel stellt der Rauhafer *(Avena strigosa)* dar, der vor allem Kreuzblütler an der Keimung hindert. Dafür sind in der Regel etherische Öle wie Terpene oder auch Phenolverbindungen verantwortlich.

Interaktionen mit Nematoden

Rauhafer und andere Pflanzenarten können aber noch mehr: Sie helfen bei der Reduzierung der wandernden Wurzelnematode *Pratylenchus penetrans* sowie der frei lebenden Nematoden der Familie der Trichodoriden. Diese können z.B. an Kartoffeln durch Übertragung des Tabakmosaikvirus (Rattlevirus) die Eisenfleckigkeit auslösen. Diese Wechselwirkung zwischen Pflanze und Tier ist für die Pflanze, in unserem Beispiel den Rauhafer, von Vorteil. Beim Befall von Rüben, Kartoffeln, Getreide usw. mit Nematoden handelt es sich ebenso um eine Interaktion Pflanze–Tier, hier aber zum Nachteil der Pflanze. Daran kann man erkennen, dass eine harte Abgrenzung nicht möglich ist und die Übergänge eher fließend verlaufen. Deshalb sollte im Ökosystem Boden nach Möglichkeit ein harmonisches Gleichgewicht angestrebt werden. Ökologische Nischen oder Mikrohabitate freizuräumen, sollte nicht unser Ziel sein. Hierzu ein kleines Beispiel aus der Wechselbeziehung Tier–Tier (Räuber-Beute-Beziehung): Die Raubmilbe Gamasellodes bildet nur Eizellen (Oogenese), wenn ein Teil der Nahrung aus Nematoden besteht. Da Raubmilben auch andere Schädlinge vertilgen, ist das Vorhandensein von Nematoden für die Vermehrung und das Überleben im Boden essenziell. Die daraus folgende Konsequenz ist, dass eine Nematodenbekämpfung sich nur auf die Arten konzentrieren sollte, die innerhalb einer Fruchtfolge zum

Tabakrattle-Virusbefall in Gründüngungspflanzen



Quelle: Zwischenfruchtbau Renius, Lütke Entrup

Problem werden können. Pflanzenarten wie Weißer Senf , Ölrettich, Rauhhafer, Tagetes und andere bieten für die Nematodenminderung eine sehr gute Möglichkeit.

Mikroflora schützt Pflanzen

Neben den genannten Wechselwirkungen gibt es noch eine Vielzahl von Beispielen. Einige erscheinen auf den ersten Blick wenig spektakulär, auf den zweiten Blick kann man oftmals ein geradezu geniales Zusammenspiel von Organismen erkennen. So sind Pflanzenwurzeln dicht von Mikroorganismen besiedelt, die in der Regel von den Wurzelausscheidungen leben. Ein klassisches Beispiel ist *Bacillus amyloliquefaciens* (ehemals *B. subtilis*), eine grampositive Bakterienart.

Wussten Sie schon...

In Deutschland gehen jährlich durchschnittlich etwa 20 Tonnen Mutterboden je Hektar verloren. Laut EU-Kommission sind 157 Millionen Hektar europäische Böden bereits von Erosion bedroht.

Während der Keimung von Pflanzen besiedelt *B. amyloliquefaciens* sehr rasch die Keimwurzeln und schützt diese durch Nährstoffkonkurrenz vor Schadpilzen. Durch die Bildung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC: volatile organic compounds) und deren fungizide Wirkung werden in der Folge die heranwachsenden Wurzeln geschützt. Die Menge an produzierten VOC ist unter anderem vom Zuckerangebot in den Exsudaten der Pflanzen abhängig. Diese Eigenschaft kann der Landwirt nutzen, um empfindliche Kulturen zu schützen. Dabei spielt die Förderung von *B. amyloliquefaciens* eine wichtige Rolle. Der gezielte Anbau von Zwischenfrüchten kann hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten. Bekannt ist z.B., dass Sommerwicken *B. amyloliquefaciens* stark fördern. Allgemein gilt, dass die aerobe Mikroflora in erster Linie durch wachsende (exsudatbildende) Pflanzen gefüttert wird. Dies bewirkt im Zusammenspiel mit den Bodenpartikelchen den Aufbau von wasserbeständigen Bodenkrümeln und damit einer stabilen Bodenstruktur. Die Wurzel der wachsenden Pflanze wird in einem gesunden Boden durch verschiedene Bakterien und Pilze vor Pathogenen geschützt. Je mehr Wurzeln bzw. je mehr Pflanzenarten pro Mischkultur, das heißt je größer die Rhizosphäre, umso höher ist auch die Vermehrungsrate der Bakterien und Pilze. In der Folge erreichen wir eine verbesserte Temperaturregelung sowie eine höhere Wasserinfiltration, was deutliche Vorteile gegenüber einer Schwarzbrache, vor allem in den Sommermonaten, mit sich bringt. Da die Mikroflora auf die Wurzelexsudate der Kulturpflanzen angewiesen ist, sollte von Hauptkultur zu Hauptkultur die Versorgung der Mikroorganismen durch Zwischenfrüchte, Untersaaten und Beisaaten (Mischkultur) gesichert werden.

Innovation 4/2011

Christoph Felgentreu
Fon 033970.9910
Fax 033970.99199
felgentreu@dsv-saaten.de

Rauhhafer scheidet über seine Wurzeln Stoffe aus, die hemmend auf die Keimung von ungewünschten Kreuzblütlern wirken. Lupe: Wurzelhaar mit Bakterienkolonie.

Foto: Iutinskaja

Die Wurzel

Teil 6

Steuerung des Wurzelwachstums

Dr. Kerstin A. Nagel · IBG-2: Pflanzenwissenschaften, Forschungszentrum Jülich GmbH

Ein gut ausgebildetes und leistungsfähiges Wurzelsystem ist eine wesentliche Grundlage für hohe Erträge. Der verborgene Teil der Pflanzen spielt eine entscheidende Rolle in der Entwicklung der Pflanze, bei der Verankerung im Boden, der Wasser- und Nährstoffaufnahme, der Speicherung von Reservestoffen sowie der Wechselwirkung mit dem Boden, Mikroorganismen, Tieren und anderen Pflanzen. Aufgrund fehlender Untersuchungsmethoden wurde jedoch bisher die Wurzel in der Züchtung eher vernachlässigt. Neue Charakterisierungsmethoden, die zurzeit unter anderem im Pflanzen-Phänotypisierungs-Zentrum in Jülich (Jülich Plant Phenotyping Centre, JPPC) entwickelt werden, ermöglichen die Erforschung des Wurzelsystems und die Züchtung von Sorten mit leistungsfähigeren Wurzelsystemen.

Die Ausbildung des Wurzelsystems kann sich von Pflanzensorte zu Pflanzensorte unterscheiden und zudem durch Umweltbedingungen variieren. Da Pflanzen – im Gegensatz zu Menschen und Tieren – bei Stress nicht davon laufen können, haben sie Strategien entwickelt, sich an die Umweltbedingungen anzupassen. So sind die Anzahl und Lage neuer Blätter, Triebe und Wurzeln in der Entwicklung der Pflanzen nicht vorherbestimmt, sondern werden entsprechend der vorherrschenden Bedingungen angepasst. Beispielsweise sind Pflanzen in der Lage zum Licht zu wachsen, um so der Beschattung durch andere Pflanzen zu entgehen.

Umweltbedingungen beeinflussen das Wurzelwachstum

Insgesamt wirken viele Umweltfaktoren auf das Wurzelwachstum. Eine besondere Herausforderung für Pflanzen stellen dabei stetig wechselnde Bedingungen, wie unregelmäßige Niederschläge oder die zeitgleiche Änderung mehrerer Umweltbedingungen, wie beispielsweise hohe Bodenverdichtung und Staunässe dar. Pflanzen können zwar vorhandene Hohlräume für die Durchwurzelung des Bodens nutzen, doch durch schwere Maschinen werden Bodenporen zusammengepresst. Stark verdichteter Ackerboden erschwert das Fortkommen der Wurzeln erheblich und führt häufig zu flachgründigen Wurzelsystemen (siehe Die Wurzel, Teil 3). Aufgrund der geringen Durchwurzelung und Verankerung im Boden sind Pflanzen anfällig für Trockenheit und Stürme. Bodenverdichtung kann nach heftigen Niederschlägen zudem zu Staunässe und schlechter Bodendurchlüftung führen. Ein Sauerstoffmangel im Boden hemmt nicht nur

Quelle: Forschungszentrum Jülich GmbH

Gut ausgebildete Wurzelsysteme spielen eine entscheidende Rolle bei der Pflanzenentwicklung.

das Wurzelwachstum, sondern verringert auch die Zahl an Bodenorganismen. Es entstehen in der Folge Moderprozesse und die Bodenfruchtbarkeit nimmt ab.

Nicht nur Wassermangel bzw. Wasserüberschuss beeinflussen die Entwicklung des Wurzelsystems, sondern auch die Düngung und Nährstoff-Verfügbarkeit im Boden. Wurzeln nehmen Informationen über das Nährstoffangebot wahr und passen ihr Wachstum entsprechend an. So sind Pflanzen in der Lage, ihre Wurzeln gezielt in nährstoffreichere Bodenareale zu platzieren, um so beispielsweise die Phosphataufnahme zu erhöhen. Ungünstige Temperaturen, z.B. niedrige Bodentemperaturen, verlangsamen dagegen das Wachstum der Pflanzen und besonders das der Wurzeln.

Schalter für leistungsfähige Wurzelsysteme

Optimale Bedingungen für das Wurzelwachstum herrschen vor, wenn Wasser und Nährstoffe im Boden ausreichend vorhanden und bestmöglich verfügbar sind. Zudem sollte starke Bodenverdichtung vermieden werden, sodass ausreichend Bodenporen für eine gute Durchlüftung sorgen können. Dies erlaubt den Pflanzen, sich gut im Substrat zu verankern und tief zu gründen. Ein optimaler Bodenzustand und eine gute Bodenstruktur ermöglichen Rapswurzeln sogar, bis in eine Tiefe von über 2 m vorzudringen (siehe Die Wurzel, Teil 1).

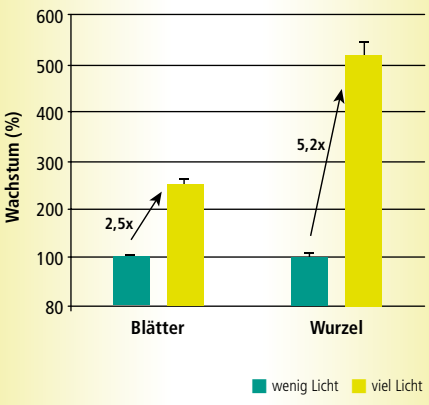
Für leistungsfähigen Winterraps sind gute Wurzelentwicklungen besonders in der Vorwinterphase entscheidend. Eine frühe Saat kann je nach Standort und Witterungsverhältnissen für vorteilhaftere Umweltbedingungen, wie wärmere Bodenbedingungen und bessere Lichtverhältnisse, sorgen. Beides fördert das Wurzelwachstum. Während der Zusammenhang zwischen Bodentemperatur und Wurzelwachstum schnell einleuchtet, bedarf die Verknüpfung zwischen Licht und Wurzeln einiger Erklärungen.

Licht für das Wurzelwachstum

Die wichtigste Energiequelle für das Leben auf der Erde ist die Sonne. Pflanzen haben die einzigartige Möglichkeit, mit der sogenannten Photosynthese die Sonnenenergie zu nutzen, um aus dem Kohlendioxid in der Luft Zucker, Reservestoffe und andere komplexe organische Verbindungen herzustellen. Diese Verbindungen sind unter anderem Baustein für jede pflanzliche Zelle und ermöglichen die Biomasse- und Samenproduktion der Pflanzen. Als Nebenprodukt der Photosynthese entsteht Sauerstoff, der in die Atmosphäre freigesetzt wird und das menschliche Leben auf der Erde erst ermöglicht. Die Photosynthese findet ausschließlich in grünen Pflanzenteilen – also in den Blättern von Raps – statt. Rapswurzeln, die keine Möglichkeiten haben, Zucker selbst herzustellen, sind auf die Lieferung aus den Blättern angewiesen. Mehr Licht führt zu einer Steigerung der Produktion und des Transportes von Zuckern in die Wurzeln. 2002 konnten Freixes und Kollegen zeigen, dass ein höheres Zuckerangebot in den Wurzelspitzen das Wachstum der Wurzeln stimuliert. Somit führt ein höheres Lichtangebot letztendlich zu einer schnelleren Entwicklung des gesamten Wurzelsystems (Abb. 1).

Neue Charakterisierungsmethoden ermöglichen die Erforschung des Wurzelsystems und die Züchtung von Sorten mit leistungsfähigeren Wurzelsystemen. Quelle: Forschungszentrum Jülich GmbH

Abb. 1 Wachstum von Blättern und Wurzeln unter Einfluss des Lichtes



Quelle: Forschungszentrum Jülich GmbH

Sogar auf kurzzeitige Änderungen der Lichtverhältnisse, beispielsweise aufgrund von Wolken-Sonne-Wechsel, können Wurzeln reagieren. Interessanterweise wird das Wachstum der Wurzeln sogar stärker beeinflusst als das der Blätter. Hier verhält sich die Pflanze sehr ökonomisch: Eine große Blattoberfläche hilft bei zu geringen Lichtintensitäten (aufgrund kurzer Tage oder Bewölkung), möglichst viel Sonnenlicht einzufangen. Ist aber viel Licht vorhanden, können die Pflanzen, auch ohne die Blattfläche stark zu vergrößern, viel Sonnenlicht einfangen und die Zuckerproduktion steigern. Da die Zuckerreserven dann nicht primär zum Wachstum der Blätter benötigt werden, dienen sie stattdessen zum Vergrößern des Wurzelsystems bzw. zur Reservestoffeinlagerung in die Wurzeln.

Fazit

Ein früher Saattermin kann dabei helfen, dass Winterraps in der Vorwinterphase mehr Reservestoffe einlagert und ein leistungsfähigeres Wurzelsystem ausbildet. Dies trägt dazu bei, dass die Pflanzen die notwendige Winterhärte aufweisen und im Frühjahr bessere Startbedingungen haben. Der verborgene Teil der Pflanzen sollte daher nicht außer Acht gelassen werden.

Innovation 2/2012

Dr. Kerstin A. Nagel
Fon 02461.619113
Fax 02461.612492
k.nagel@fz-juelich.de

Hohe monetäre Einbußen durch Nährstoffverluste im Boden

Kirsten Fricke, Christoph Felgentreu, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Böden haben eine natürliche Fähigkeit, anhaltend hohe Erträge abzusichern, ausgedrückt durch den Begriff Bodenfruchtbarkeit. Darunter versteht man die Speicherung sowie Bereitstellung von Nährstoffen und Wasser, die Erhaltung der Bodenstruktur mit geeignetem Durchwurzelungsraum und dem richtigen Verhältnis von wasser- und luftgefüllten Bodenporen.

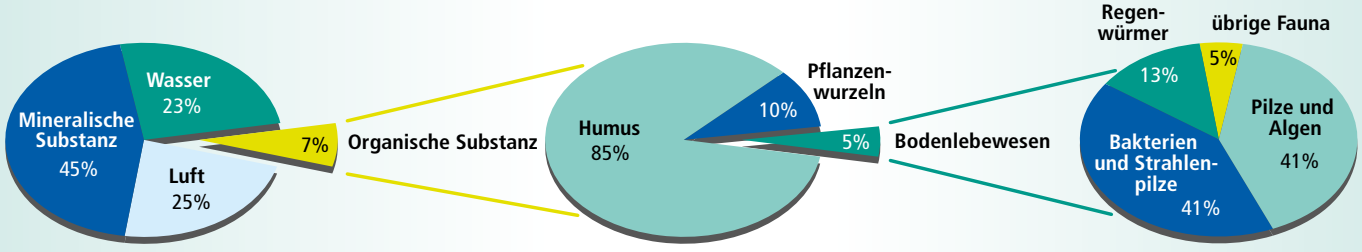
Diese Leistungsfähigkeit eines Bodens resultiert aus dem Zusammenspiel seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Für die Bodenfruchtbarkeit ist vor allem der Humusgehalt von zentraler Bedeutung und aktiv vom Landwirt beeinflussbar. Humus bildet unter anderem die Nahrungsgrundlage für das Bodenleben (Edaphon) und ist ständigen Auf- und Abbauprozessen unterworfen. Zusätzlich ist Humus mitverantwortlich für die Erhaltung der Bodenstruktur über die Bildung von Ton-Humus-Komplexen und fungiert als Wasser- und Nährstoffspeicher. Vielerorts ist jedoch das Potenzial der Böden durch Verdichtungen, Erosions- und Verschlämmungsschäden sowie einer Unterversorgung mit organischer Substanz gemindert.

Milde Winter verstärken Probleme

Die milden Winter der letzten Jahre fördern auf einigen Standorten zusätzlich die Schädigung der Böden. Fehlende Frostgare, Zunahme der Schädlinge und fast durchgängige Mineralisation sind die Folge. Es tritt keine längere Vegetationsruhe ein, das Bodenleben ist auch in der kalten Jahreszeit fast durchgängig aktiv. Die organische Substanz im Boden wird abgebaut und die Gefahr der Nährstoffverluste durch Auswaschung wird verstärkt.

Schon direkt nach der Ernte einer Frucht, vor allem einer Blattfrucht, sind die Nährstoffe in den Ernteresten über die Mineralisation der

Schematischer Aufbau des Bodens



Böden bestehen hauptsächlich aus mineralischer Substanz (45 %), entstanden durch die Verwitterung von Gestein. Hinzu kommen noch Wasser (23 %), Luft (25 %) und die organische Substanz (7 %).

Quelle: aid Heft, Bodenpflege, Düngung, Kompostierung

Tab. 1: Monetäre Bewertung von N-, K_2O- und P_2O_5-Gehalten der Erntereste bei durchschnittlichen Erträgen

	Weizen 75 dt/ha	Raps 35 dt/ha	Gerste 65 dt/ha
Korn-Stroh Verhältnis (laut CC)	0,80	1,70	0,70
Erntereste in dt	60	59,5	45,5
N-Gehalt der Erntereste in kg/dt	0,5	0,7	0,5
N-Summe in kg/ha	30	41,65	22,75
€/kg N (Juli 08)	~ 1,20	~ 1,20	~ 1,20
N-Gesamt in €/ha	36	49,98	27,3
K_2O-Gehalt der Erntereste in kg/dt	1,4	2,5	1,7
K_2O -Summe in kg/ha	84	148,75	77,35
€/kg K_2O (Juli 08)	~ 0,98	~ 0,98	~ 0,98
K_2O-Gesamt in q/ha	82	145,8	75,8
P_2O_5-Gehalt der Erntereste in kg/dt	0,3	0,4	0,3
P_2O_5-Summe in kg/dt	18	23,8	13,7
€/kg P_2O_5 (Juli 08)	~ 1,6	~ 1,6	~ 1,6
P_2O_5-Gesamt in q/ha	28,80	38,08	21,92
N + K_2O + P_2O_5 Gesamt in €/ha	146,80	233,86	125,02

Quelle: Eigene Darstellung (nach Nährstoffvergleichswerten der Landwirtschaftskammer NRW und den Cross Compliance Angaben) (2008)

Auswaschung ausgeliefert. Bei hohen Temperaturen und ausreichender Feuchtigkeit ist die mikrobielle Abbaurate relativ hoch. Besonders unter Schwarzbrache sind unter diesen Bedingungen die Nährstoffverluste gravierend. Nicht nur zum Schutz des Grundwassers sollten Nährstoffverluste unbedingt verhindert werden, sondern auch aus der Sicht monetärer Einbußen angesichts steigender Düngemittelpreise. Tab. 1 zeigt die Nährstoffgehalte der Erntereste von N-, K_2O- und P_2O_5 auf Basis aktueller Preise (2008).

Zwischenfrüchte binden Nährstoffe und dienen dem Humusaufbau

Über den Anbau von Zwischenfrüchten werden aktiv Nährstoffe durch das Pflanzenwachstum konserviert und bleiben dem Kreislauf weitestgehend erhalten. Zusätzlich führt der Bewuchs zu einer guten Schattengare, minimiert das Erosions- bzw. Verschlämmungsrisiko und hinterlässt einen lockeren Boden. Die Folgefrucht profitiert davon. Die Biomasse der Zwischenfrucht dient nach dem Umbruch dem Humusaufbau und vielen Bodenlebewesen als Nahrungsquelle. Insbesondere Leguminosen sind für den Humusaufbau geeignet, da für diesen Prozess Stickstoff benötigt wird (C/N-Verhältnis 10:1).

Zwischenfrüchte lassen sich relativ gut in bestehende Fruchtfolgen integrieren. Prädestiniert ist der Anbau vor der Aussaat einer Sommerfrucht, um das Brachliegen des Ackers über Winter zu verhindern. Bei ausreichender Feuchtigkeit bietet sich auch der Zeitraum zwischen Getreide- bzw. Rapsernte und Getreideaussaat für eine schnell wachsende Zwischenfrucht an. Eine kostengünstige Form der Aussaat mit deutlichem Vegetationsvorsprung bilden Grasuntersaaten, welche in einer Reihenfrucht wie z.B. Mais zusätzlich Erosionsschäden verhindern helfen.

Innovation 3/2008

Kirsten Fricke

Christoph Felgentreu
Fon 033970.9910
Fax 033970.99199
felgentreu@dsv-saaten.de

Nährstoffe – Elixier des Lebens

Stoffwechsel und Wachstum der Pflanzen werden von Nährstoffen bestimmt, die überwiegend aus dem Boden aufgenommen werden. Dort unterliegen sie unterschiedlichen Wandlungs-, Speicherungs- und Mobilisationsprozessen und können nur in bestimmten Verbindungen über die Wurzel aufgenommen werden.

Nährstoffe im Boden

Die Nährstoffe im Boden sind unterschiedlich stark an die Bodenfraktionen oder organisch gebunden und nicht sofort pflanzenverfügbar. Nur in geringem Maße liegen sie auch als freie Ionen in der Bodenlösung vor. Aufgrund geladener Bodenbestandteile besitzt der Boden die Fähigkeit, Nährstoff-Ionen zu binden und wieder in die Bodenlösung abzugeben. Im Boden herrscht eine negative Überschussladung von Ton- und Humusteilchen sowie Oxiden.

Es können somit vor allem positiv geladene Ionen – sogenannte Kationen – adsorbiert werden. Die Gesamtmenge aller Kationen, die ein Boden binden kann, wird als seine Kationen-Austauschkapazität bezeichnet. Sie ist umso größer, je mehr geladene Bodenbestandteile (Sorptionskomplexe) ein Boden enthält. Die wichtigsten gebundenen Kationen sind Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium und Ammonium. Negativ geladene Ionen, wie die für Pflanzen wichtigen Phosphor-, Schwefel- und Nitrationen, können nur in sehr geringen Mengen gebunden und leicht mit dem Bodenwasser ausgewaschen werden.

Bedeutung der Hauptnährstoffe

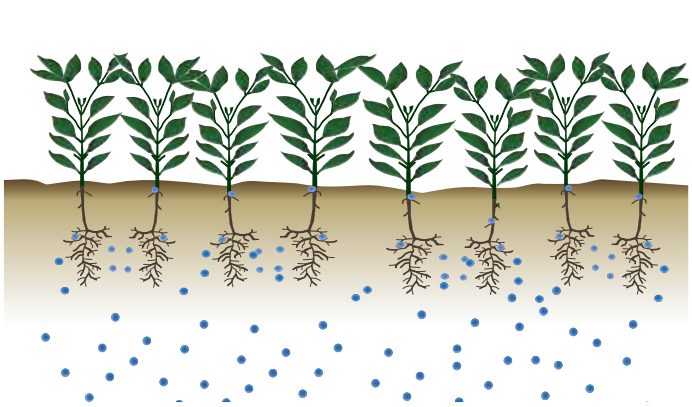
Nährelement	Aufnahme in Ionenform	Vorkommen im Boden	Aufgabe in der Pflanze
Stickstoff (N)	NO_3^-, NH_4^+	In lebender Wurzelmasse, Bodenlebewesen und abgestorbener organischer Masse im A-Horizont, geringe Mengen als NH_4^+, NO_3^- und NO_2^- im Bodenwasser	Baustein aller Proteine, Proteide, des Chlorophylls, Enzyme, Förderung des vegetativen Wachstums
Phosphor (P)	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}	Überwiegende Festlegung in stabilen Phosphaten, geringere Mengen in labilen Phosphaten, geringste Mengen in Bodenlösung	Energieträger der Pflanze, Förderung der Blüten- und Früchteausbildung Förderung der Jugendentwicklung
Kalium (K)	K^+	Gebunden an Tonmineralen, kleinerer Teil in Bodenlösung	Wasserhaushalt, Produktqualität, aktiviert Enzyme
Calcium (Ca)	Ca^{2+}	Gebunden an Tonmineralen zur Bildung von Ton-Humuskomplexen	Baustein der Zellwände, Förderung von Wurzel- und Längenwachstum
Magnesium (Mg)	Mg^{2+}	Gebunden an Tonmineralen, geringer Teil in Bodenlösung	Zentraler Baustein des Chlorophylls, Bestandteil vieler Enzyme
Schwefel (S)	SO_4^{2-}	Gebunden in organischer Substanz, geringer Teil in Bodenlösung	Essenziell für den Aufbau von Proteinen

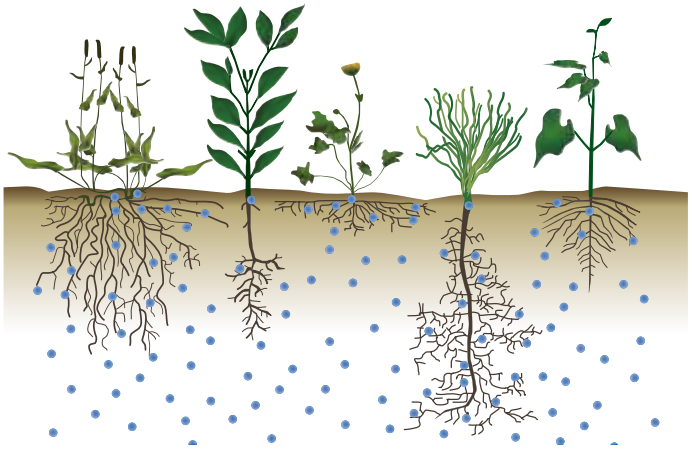
Innovation 1/2010

TerraLife – Der Name ist Konzept!

TerraLife-Mischungen lockern enge Fruchtfolgen auf und verbessern die Bodenfruchtbarkeit. Alle Mischungen haben durch ihren Anteil an schnellwachsenden Arten eine gute unkrautunterdrückende Wirkung. Die Artenvielfalt garantiert eine große biologische Diversität und die maximale Ausnutzung des Wurzelhorizontes.

Im Vergleich zu Reinsaaten liefern TerraLife-Mischungen viele Vorteile





Quelle: DSV, verändert nach Don et.al., 2008 Max Planck Inst. Jena

- Gleich hohe oder höhere Biomasse- und Wurzelerträge
- Mehr und vielfältigere Wurzelausscheidungen (Exsudate) und damit höhere mikrobielle Aktivität und Humusbildung
- Bessere Ertragsstabilität und -qualität
- Nährstoffmobilisierung, Bereitstellung von Nährstoffen für einen Gemengepartner und die Folgekultur
- Effizientere Nutzung der Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe
- Erhöhung der Biodiversität
- Abwehr von Krankheiten und Schädlingen
- Kompensation biotischer und abiotischer Stressfaktoren
- Gute Unkrautunterdrückung
- Minderung von Nährstoffverlusten über Bodenerosion oder Auswaschung
- Minderung der Lagergefahr durch Stützfruchtwirkung
- Blühelement in der Landschaft – dadurch Anlocken von Insekten
- Imagegewinn in der Landwirtschaft durch hohe Akzeptanz in der Bevölkerung

TerraLife-Mischungen jetzt auch mit „TR“

Tillage Radish (TR)

„Tillage Radish“ (TR) ist ein Rettich, der im Gegensatz zum Ölrettich eine sehr dicke Pfahlwurzel ausbildet, die Bodenverdichtungen durchbrechen kann.
Der Rettich bildet tiefe Bohrlöcher und friert im Winter relativ sicher ab. Durch diese Hohlräume kann sich der Boden im Frühjahr schnell erwärmen. Da die Bitterlupine auf Böden mit hohen pH-Werten nicht optimal wächst, wird diese in den Mischungen Rigol TR, SolaRigol TR und BetaMaxx TR gegen die Komponente „Tillage Radish“ ausgetauscht.
(Bitte die dadurch veränderte Aussaatstärke beachten.)

TerraLife-Rigol

Starke Wurzelbildung zur Stabilisierung des Bodengefüges

Auch als TR-Mischung erhältlich

Biologische Bodenbearbeitung durch die Auswahl von Pflanzen wie Lupine, Serradella, Alexandrinerklee, Öllein und Sonnenblume, die aufgrund ihrer Wurzelleistung in der Lage sind, Dichtlagerungen zu durchbrechen. Die Folgekultur kann die so entstandenen Wurzelgänge für einen raschen Wurzeltiefgang nutzen. Die anderen Pflanzenarten dienen der schnellen Beschattung und Feindurchwurzelung des A-Horizontes. Die harmonische Auswahl der Arten erlaubt neben der Durchwurzelung auch eine gute oberirdische Biomasseproduktion und durch den Anteil der Leguminosen eine gute Humus- und Nährstoffakkumulation. Die Mischung ist auf Böden mit pH-Werten > 6,8 – 7 nicht immer gut geeignet.

Zusammensetzung	Bitterlupine, Sonnenblume, Alexandrinerklee, Serradella, Phacelia, Rauhafer, Öllein, Buchweizen, Leindotter

TerraLife-Maispro

Ausgewogene, zum Teil winterharte Mischung für intensive Maisfruchtfolgen

Neu in der weiterentwickelten Mischung Maispro sind Öllein, Leindotter und Pannonische Wicke. Neben einer guten und tiefen Durchwurzelung helfen diese Komponenten bei der Stabilisierung des Bodengefüges. Ziel ist es, eine pfluglose Maisbestellung sicherzustellen. Bei gutem Gelingen der Zwischenfrucht reicht eine Bodenbearbeitung auf Tiefe des Maisablagehorizontes aus.

Das ausgewogene Verhältnis zwischen Pfahl- und Sprosswurzlern sorgt für eine tiefe Durchwurzelung des Bodens und wirkt damit stark humusbildend, wovon der nachfolgende Mais vor allem auf Trockenstandorten profitiert. Phacelia und Buchweizen mobilisieren für den nachfolgenden Mais Phosphor.

In Gebieten mit Frühjahrstrockenheit sollte der Wasserverbrauch der Mischung rechtzeitig durch mechanische oder chemische Maßnahmen unterbrochen werden. Die winterharten Komponenten sorgen für einen durchgängigen Erosionsschutz und ermöglichen in einigen Bundesländern auch die Teilnahme an Winterbegrünungsprogrammen.

Zusammensetzung	Felderbse, Futterroggen, Inkarnatklee, Phacelia, Buchweizen, Sonnenblume, Alexandrinerklee, Schwedenklee, Öllein, Leindotter, Pannonische Winterwicke

TerraLife-N-Fixx

Schnelle Bodenbedeckung und Stickstofffixierung

Harmonisch aufeinander abgestimmte Mischung zwischen groß- und kleinkörnigen, schnellwachsenden Leguminosen in Kombination mit fruchtfolgeneutralen Nichtleguminosen.

Die Mischung eignet sich hervorragend vor allem nach GPS- und Wintergerstenvorfrucht und ist eine ideale Zwischenfruchtmischung vor Raps, vor allem aufgrund der Stickstofffixierung durch die Leguminosen. TerraLife-N-Fixx hinterlässt eine gute Bodengare, wirkt stark humusbildend und trägt zur Gesundung und Vitalisierung stark beanspruchter Böden bei (z.B. in engen Fruchtfolgen).

Zusammensetzung	Felderbse, Alexandrinerklee, Perserklee, Serradella, Phacelia, Ramtillkraut, Buchweizen, Sonnenblume, Sommerwicke

TerraLife-Biomax TR

Ideale, schnellwachsende Mischung für Güllebetriebe zur optimalen Verwertung und Konservierung der in der Gülle enthaltenen Nährstoffe

Biomax wurde weiterentwickelt und steht jetzt als leguminosenfreie TR-Mischung (in einigen Wasserschutzgebieten gefordert) mit erweitertem Artenspektrum zur Verfügung. Aufgrund ihrer Schnellwüchsigkeit und des guten Wurzeltiefganges können auch Nährstoffe aus tieferen Schichten recycelt werden. Diese Mischung ist für eine Schneidwerkssaat (Mähdruschsaat) gut geeignet. Für sehr enge Rapsfruchtfolgen wird Biomax nicht empfohlen. Die große Menge an Biomasse ist vor allem in Mulch- und Direktsaatbetrieben von Vorteil und dient den Regenwürmern und anderen Bodenlebewesen lange als Futterquelle.

Zusammensetzung	Buchweizen, Sonnenblumen, Hafer, Phacelia, Leindotter, Öllein, Tillage Radish, Weißer Senf

TerraLife-BetaMaxx

Die Mischung für den Zuckerrübenanbau

Auch als TR-Mischung erhältlich

BetaMaxx ist eine ausgewogene, speziell auf den Zuckerrübenanbau zugeschnittene Mischung. Die Bitterlupine sorgt für tiefreichende Wurzelkanäle, die von der Zuckerrübe genutzt werden können. Die Sommerwicke wirkt positiv auf Bodenbakterien, die den Pflanzen helfen, sich vor Pilzen und Nematoden zu schützen. BetaMaxx ermöglicht im Folgejahr eine pfluglose Bestellung der Rüben. Das verbessert die Ablagegenauigkeit des Saatgutes und kann die Beinigkeit verringern. Erste Erfahrungen zeigen, dass der Zuckerertrag beispielsweise gegenüber Ölrettich in der Fruchtfolge deutlich gesteigert werden konnte. TL BetaMaxx kann auch im Gemüsebau eingesetzt werden.

Zusammensetzung	Alexandrinerklee, Bitterlupine, Felderbse, Phacelia, Ramtillkraut, Rauhafer, Leindotter, Sommerwicke

TerraLife-Aquapro

Die Mischung für Wasserschutzgebiete

Die leguminosenfreie Mischung Aquapro eignet sich besonders gut für Wasserschutzgebiete. Sie produziert selbst keinen Stickstoff und bindet andererseits Nährstoffüberhänge. Aquapro eignet sich auch bei einer etwas späteren Aussaat (Anfang September) für den Einsatz in engen Rapsfruchtfolgen und kann hier durch die ausgewogene Mischung an Humusbildnern die Bodendynamik weiter verbessern. Die Mischung wurde in Zusammenarbeit mit Praktikern und Wasserschutzberatern entwickelt.

Zusammensetzung	Hafer, Sonnenblume, Ramtillkraut, Öllein, Buchweizen, Phacelia, Leindotter

TerraLife-Landsberger Gemenge

Bewährte Zwischenfruchtmischung für Futternutzung und Gründüngung

Das Landsberger Gemenge liefert hohe Grün- und Trockenmasseerträge mit exzellentem Futterwert und eine hohe Wurzelmasse. Es hat einen überdurchschnittlichen Humusreproduktionswert. Der Aufwuchs kann beweidet, frisch verfüttert, siliert oder als Grünbrache gemulcht werden.

Zusammensetzung	Inkarnatklee, Welsches Weidelgras, Winterwicke

TerraLife-SolaRigol

Mischung für Kartoffelfruchtfolgen

Auch als TR-Mischung erhältlich

SolaRigol ist eine vielseitige, insbesondere auf den Kartoffelanbau abgestimmte Mischung, die schnell den Boden beschattet, für eine gute Durchwurzelung sorgt und die Biodiversität erhöht. Bitterlupine, Öllein und Leindotter sorgen für tiefreichende Wurzelkanäle, die von der Kartoffel genutzt werden können.

Die Bitterlupine reduziert wie keine andere Pflanzenart den Befall mit Tabakrattle-Viren. Die Sommerwicke wirkt positiv auf Bodenbakterien, die den Pflanzen helfen, sich vor Pilzen und Nematoden zu schützen. Öllein kann die Phosphorverfügbarkeit verbessern.

Zusammensetzung	Alexandrinerklee, Bitterlupine, Leindotter, Öllein, Ramtillkraut, Rauhafer, Serradella, Sommerwicke, Sonnenblume

Mehr Infos unter www.dsv-saaten.de oder in der Zwischenfruchtbroschüre.

Was bringt der Anbau von Zwischenfrüchten?

Dr. Manfred Roschke, Fachberatung, Seddinersee

Mit dem Rückgang der Tierbestände und dem verstärkten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen hat sich die pflanzliche Produktion in den letzten Jahren gravierend verändert. In den Betrieben wurden die Fruchtfolgen entsprechend ihrer Ausrichtung auf Tierproduktion, Marktfruchtanbau und Energiegewinnung eingeengt. Fruchtartenwechsel zwischen Halm- und Blattfrucht sowie Winter- und Sommerkulturen müssen heute so ausgewählt werden, dass damit ein möglichst hoher ökonomischer Nutzen erzielt wird.

Ein Landwirt kann heute mit seinen Erzeugnissen ca. 120 Leute ernähren, sich selbst aber kaum. Unter den Bedingungen, dass möglichst alle aufgewachsenen Produkte von der Fläche abgefahren werden, darf die Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit nicht auf der Strecke bleiben. Hier kann mit dem Anbau von Zwischenfrüchten ein Beitrag zur Auflockerung der Fruchtfolgen und zur Humusreproduktion geleistet werden. Unter Beachtung der unterschiedlichen Standortverhältnisse und Anbaubedingungen ist vom Landwirt zu entscheiden, ob und welche Zwischenfrüchte angebaut werden. Dabei kann zwischen Stoppelfrüchten, Winterzwischenfrüchten oder einer Untersaat ausgewählt werden.

Stoppelfrüchte

Nach der Ernte von Winterraps und früh abreifendem Wintergetreide kann der Anbau von Leguminosen (Lupinen, Erbsen, Bohnen, Seradella, Wicke u.a.) und/oder Nichtleguminosen (Senf, Ölrettich, Phacelia, Rübsen u.a.) geprüft werden. Mit der Ernte im Spätherbst sind noch Abfuhren an Biomasse zur Verfütterung oder zur Energiegewinnung von 100 bis 150 dt/ha FM möglich. Allerdings ist die Verfügbarkeit von Wasser zu berücksichtigen. Insbesondere auf grundwasserfernen Sandböden kann es bei Trockenstress im Spätsommer und Herbst zum verzögerten Auflaufen, ungleichmäßiger Entwicklung der Bestände und vereinzelt zum Totalausfall der Ernte kommen.

Winterzwischenfrüchte

Winterzwischenfrüchte (z.B. Futterraps, Buchweizen und Wickroggen) eingeordnet zwischen Getreideernte im Juli/August und Silomais im Folgejahr haben den Vorteil, dass auch nach den ersten Nächten mit Bodenfrost im Spätherbst und Winter bei offener Witterung noch ein Pflanzenwachstum erfolgen kann. Dadurch können sich auch auf sandigen Böden nach verzögertem Auflaufen die Bestände noch relativ gut entwickeln, so dass bis zum April ein Aufwuchs bis 200 dt/ha FM erzielt werden kann.

Tab. 1: Bedarf an organischen Düngern im Vergleich zum Zwischenfruchtanbau

	Humus-C je t FM	Zufuhr an t FM/ha
Stallmist (25%TS)	40	6
Stroh (86%TS)	80	3
Gülle (7%TS)	9	26
Gärrückstand (4 % TS)	6	40

Untersaaten

Beim Anbau von Getreide oder Silomais kann auch eine Untersaat mit Gräser- und/oder

Leguminosenmischungen zur nachfolgenden Nutzung als Zwischenfrucht geprüft werden. Bei Aussaat mit der Hauptfrucht bildet sich unter der Hauptfrucht das Wurzelsystem der Untersaat aus und nach Ernte der Hauptfrucht können sich die oberirdischen Pflanzenteile entfalten. Insbesondere beim Anbau von Silomais kann durch eine Untersaat auf erosionsbeeinflussten Standorten den Anforderungen des Bodenschutzes entsprochen werden.

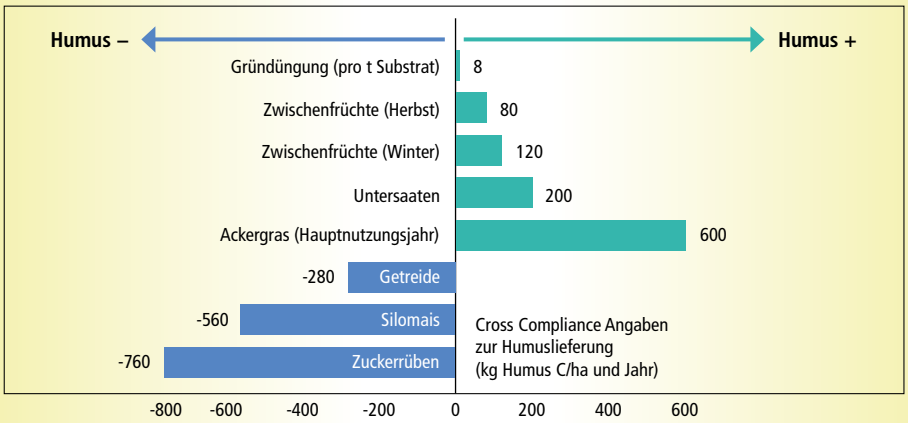
Stickstoffdüngung

Um genügend Wurzel- und Blattmasse zu bilden, ist die ausreichende Versorgung der Pflanzen mit mindestens 40 kg N/ha notwendig. Sollte der N-min Wert unter 40 kg N/ha liegen, ist eine Stickstoffzufuhr vorzunehmen. Diese kann in Form von mineralischen oder organischen Düngemitteln erfolgen. Gülle, Gärrückstände oder Schlempen können dabei unterschiedliche Mengen an verfügbaren Stickstoff aufweisen, so dass darauf zu achten ist, dass die Stickstoffgabe im Herbst insgesamt 80 kg N/ha bzw. 40 kg NH_4-N nicht überschreiten darf.

Humusreproduktion

Während die derzeit dominierenden Fruchtarten im Ackerbau wie Wintergetreide, Winterraps sowie Silomais Humuszehrer sind, kann mit dem Anbau von Zwischenfrüchten, Leguminosen und mehrjährigen Gräsermischungen auf dem Ackerland ein Beitrag zur Humusreproduktion geleistet werden (Abb. 1).
Werden die Zwischenfrüchte nicht abgeerntet, ist bei einer Gründüngung je t Frischmasse mit 15 % TS mit einer Humuszufuhr von 12 kg Humus-C zu rechnen. Beim Verbleib von 10 bis 20 t Frischmasse/ha werden somit 120 bis 240 kg Humus-C zusätzlich dem Boden zugeführt. Der Anbau von Winterzwischenfrüchten in Kombination mit einer Gründüngung von 10 t Frischmasse entspricht einer Humus-C Zufuhr von 240 kg/ha; diese lässt sich mit anderen organischen Düngern wie folgt vergleichen (Tab. 1).
Hier sei darauf verwiesen, dass 6 t Stallmist etwa dem Anfall von 0,6 GV entsprechen oder eine Strohmenge von 3 t die auf einer Getreidefläche von 0,7 ha aufwächst. Bei Gülle und Gärrückstand kann die Zufuhrmenge durch die enthaltene Stickstoffmenge weiter begrenzt werden.

Abb. 1: Gräser und Zwischenfrüchte liefern Humus



Bodenschutz

Der Zwischenfruchtanbau ist noch mit weiteren positiven Effekten aus pflanzenbaulicher, ökologischer und bodenschutztechnischer Sicht verbunden:

- Mit der Ausbildung von Wurzelmasse und der Bedeckung durch die Pflanzen wird der Boden nahezu ganzjährig wirksam vor Erosionen geschützt; dafür sind schon 30 % Bodenbedeckung ausreichend.
- Mit dem Anbau tief wurzelnder Kulturen wird der Boden wirksam gelockert, das Porenvolumen erhöht und somit Schadverdichtungen entgegen gewirkt.
- Mit der Auswahl von verschiedenen Zwischenfrüchten, z.B. Senf, Lein, Phacelia und Rübsen lassen sich zusätzlich die Fruchtfolgen auflockern.
- Die nach der Ernte im Boden noch vorliegenden Nährstoffe werden durch die angebaute Frucht im Boden gebunden, von den Pflanzen ausgenutzt und somit vor Verlagerung geschützt.
- Infolge der Ausnutzung der Nährstoffe durch die Pflanzen im Herbst werden während der vegetationslosen Zeit Verlagerungen aus der Bodenkrume und damit Belastungen der Gewässer weitgehend vermieden.
- Nach der Ernte der Zwischenfrüchte werden bei der Umsetzung der organischen Substanz im Boden Nährstoffe freigesetzt und stehen somit der nachfolgenden Fruchtart zur Verfügung.

Mit der Auswahl von verschiedenen Zwischenfrüchten lassen sich zusätzlich die Fruchtfolgen auflockern

Fazit

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist mit vielfältigen positiven Wirkungen für die weitere pflanzenbauliche Nutzung und die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit verbunden.

Gerade bei der verstärkten Abfuhr organischer Stoffe aus dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf kann mit dem Anbau von Zwischenfrüchten ein Beitrag zur Reproduktion des Humus geleistet werden. Aus bodenschutztechnischen, ökonomischen und ökologischen Gründen ist jedem Landwirt zu empfehlen die unter seinen Standortverhältnissen geeignete Form des Zwischenfruchtanbaus auszuwählen.

Unter der Hauptfrucht bildet sich das Wurzelsystem der Untersaat aus und nach Ernte der Hauptfrucht können sich die oberirdischen Pflanzenteile entfalten.

Infos Untersaatenmischungen:
www.dsv-saaten.de

Innovation 2/2010

Dr. Manfred Roschke
Fon 033205.45916
Fax 033205.46771
dr.mroschke@web.de

Auf diesem Schlag wurde nur einmalig im Rahmen der Fruchtfolge gekalkt, das plattige Bodengefüge behindert das Wurzelwachstum.

Eine jährliche Kalkung mit 200 kg Algenkalk bewirkt eine optimale Krümelstruktur und gesundes Wurzel- und Pflanzenwachstum.

Calcium – mehr als nur ein pH-Wert-Regulator

Oliver Wellie-Stephan, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Im Allgemeinen denkt man in Bezug auf Calcium (Ca) nur an die Bodendüngung mit Kalk, um den pH-Wert im Boden zu regulieren. Die Kalkung erfolgt in der Regel einmalig in der Fruchtfolge, meist zur Blattfrucht. Oft unterschätzt wird aber die vielfältige Bedeutung des Nährstoffs Calcium in der landwirtschaftlichen Praxis.

Calcium erfüllt vielfältige Funktionen im Boden

Der pH-Wert ist der Indikator für die Konzentration der Wasserstoffionen (H). Diese haben selbst keine giftige Wirkung auf die Pflanzen. Erst der durch die Absenkung des pH-Wertes hervorgerufene Basenverlust, einhergehend mit dem Zerfall der Ton-Humus-Komplexe, führt zu einer Freisetzung von Aluminium-, Mangan- und anderen Metallionen. Diese können dann pflanzentoxisch sein. Calcium puffert den Boden gegen diese Metallionen ab.

Der pH-Wert ist ein Indikator für viele von ihm abhängige Prozesse. Er bildet aber nur indirekt die Ca-Versorgung am Sorptionskomplex (Ton-Humus-Komplex) des Bodens ab, deshalb ist eine alleinige Untersuchung auf pH-Wert als Information für den Ca-Gehalt des Bodens nicht ausreichend. Im Rahmen der Bodenuntersuchung ist es zusätzlich sehr hilfreich, den Ca-Gehalt des Bodens bestimmen zu lassen.

Mit Calcium verbindet man den Begriff Kalkung. In erster Linie ist Kalk ein Bodendünger, in zweiter Linie auch ein Ca- und häufig auch ein Magnesium (Mg)- Lieferant für die Pflanzen. Der Kalkbedarf richtet sich nach dem Humus- und Tongehalt des Bodens. Humusverlust steht in direktem Bezug zur Kalkversorgungssituation unserer Böden und vermindert langfristig die Bodenfruchtbarkeit. Folgen sind unter anderem der Zerfall von Ton-Humus-Komplexen, Verschlechterung der Krümelstruktur und abnehmende Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit. Am Ende kann dieser Prozess zu Erosion führen und der energetische Aufwand für die Bodenbearbeitung steigt. Ein Absinken des Ertrages trotz stetigem Züchtungsfortschritt ist die Folge.

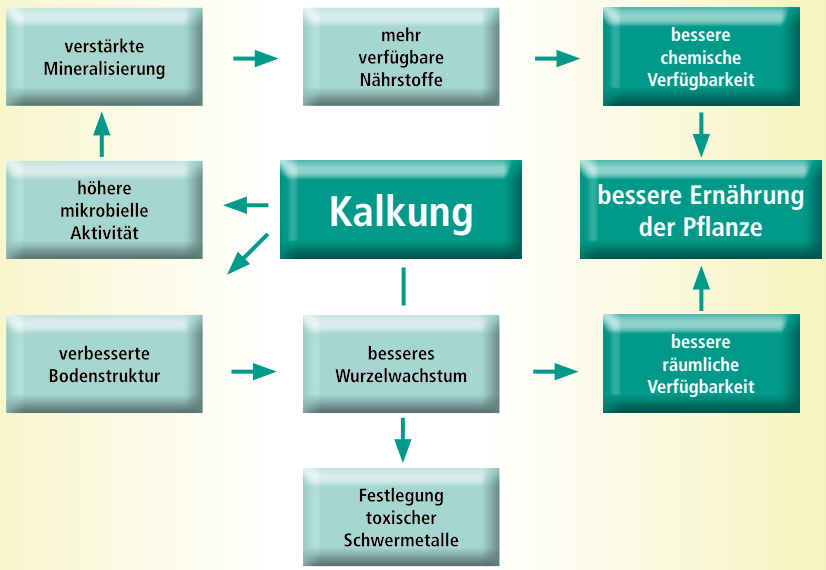
Aus ökologischer und bodenbiologischer Sicht sollte nicht übersehen werden, dass Calcium wichtige Funktionen in den Bakterien, Algen, Mollusken (Weichtiere), Regenwürmern und Wirbeltieren erfüllt, die Ca-Salze ausscheiden

Funktionen von Calcium in der Pflanze

1. Ca hilft bei der Nitrateinbindung in Proteinstrukturen
2. Ca aktiviert Pflanzenwachstum regulierende Enzymsysteme
3. Ca ist notwendig für Funktionen der Zellwand und für die Zellteilung
4. Ca neutralisiert, gemeinsam mit Mg und K, organische Säuren in der Pflanze
5. Ca trägt zur besseren Resistenz gegen Krankheiten bei

Quelle: IPNI – International Plant Nutriation Institut

Kalkung und Nährstoffverfügbarkeit



Quelle: Prof. Scherer, Institut für Pflanzenbau und Ernährung

und so im System halten. Calcium geht mit der organischen Substanz stabile Verbindungen in Form von Ca-Humat und Ca-Chelat-Komplexen ein, an denen Mikronährstoffe gebunden werden. Trotz der geringen Menge spielen sie in der Bodenfruchtbarkeit eine wichtige Rolle. Ein intaktes Bodenleben ist ein perfekter Nährstoffspeicher und ein Garant für einen langfristig wirtschaftlichen Pflanzenbau.
Die Ca-Auswaschung erfolgt hauptsächlich in der vegetationslosen Jahreszeit, wenn äquivalente Mengen von Nitrat, Chlorid, Sulfat oder Karbonat als Begleitionen vorhanden sind.

Wechselwirkungen mit anderen Elementen

Der Bedarf der landwirtschaftlich angebauten Pflanzen (mit Ausnahme Winterraps) an Calcium ist relativ gering. Daraus weniger Interesse an Düngemaßnahmen abzuleiten, lässt die Wechselwirkungen des Calciums mit anderen Nährelementen unberücksichtigt.

Ca-Bedarf einzelner Kulturen:

Getreide	17–30 kg	Ca/ha
Mais	~ 35 kg	Ca/ha
Kartoffeln	70–90 kg	Ca/ha
Zuckerrüben	70–90 kg	Ca/ha

Ein Mangel oder Überangebot von Calcium fördert oder behindert die Aufnahme aller anderen Nährstoffe auf ihrem Weg in die Pflanze oder innerhalb der Pflanze.
Im Übergangsbereich Boden-Wurzel sind Wechselbeziehungen der Nährstoffe in der Bodenlösung zu beachten. Das Gesetz vom Minimum (Liebig) oder antagonistische Wirkungen der Nährstoffe z.B. zwischen Ca-Kalium, Kalium-Ammonium sind hierfür Beispiele. Die Belegung des Sorptionskomplexes des Bodens steht in direkter Beziehung mit der Zusammensetzung der Elemente in der Bodenlösung. Über Massenfluss (Transpiration), Diffusion (Konzentrationsausgleich) und aktives Wurzelwachstum erhält die Wurzel die Nährstoffe.
Die Aufnahme in die Wurzel erfolgt durch kompetitive (Wettbewerb chemisch verwandter Ionen) und unspezifische (Konzentrations- und Verdrängungswirkung) Vorgänge. Die Pflanze hat nur teilweise Wahlmöglichkeiten an der Wurzeloberfläche. Unharmonische Verhältnisse erfordern eine stoff- und energieverbrauchende Eigenregulation der Pflanze. Hohe Erträge werden nur durch geordnete Nährelementverhältnisse in der Bodenlösung realisiert.
In der Bödenlösung befindliche Ca-Ionen (Ca^{2+}) schützen die Pflanze vor teils toxischen Ionen (z.B. Al^{3+}). Bei Ca-Mangel kommt es in kürzester Zeit zur Behinderung des Wurzelwachstums.

Bei einem pH-Wert von 6,5 bis 6,8 ist die höchste Verfügbarkeit aller Nährstoffe gegeben. Mit mehr als 65 % am Sorptionsträger ist Ca^{2+} ausreichend verfügbar.
Selbst die Auswahl des Stickstoffdüngers sollte sich am Ca-Gehalt und pH-Wert orientieren. Denn das jeweilige Stickstoffformenangebot verändert den pH-Wert in der Rhizosphäre und damit die Verfügbarkeit einzelner Nährelemente. Mit der Wahl der N-Strategie hebt man den pH-Wert an (Nitrat) oder senkt ihn ab (Ammonium). Dadurch wird die Verfügbarkeit von Bor, Mangan, Kupfer, Zink und Eisen gemindert (Nitrat) oder gefördert. Eine Nitrat-Düngung bei hohem pH-Wert erfordert eine oder mehrere Blattspritzungen mit den genannten Mikronährelementen. Beachtet werden sollte aber auch, dass eine Ammonium-Ernährung die Molybdän-Aufnahme behindert.

Ähnliche Konstellationen finden sich beim Phosphat. Phosphate liegen in verschiedenen Verbindungen im Boden vor. Je nach Geologie und Boden-pH-Wert liegen sie mehr in Form von Aluminium- und Eisenphosphaten oder in Form von Ca-Phosphat vor. Hier kann die Verfügbarkeit des Phosphates für die Pflanze durch eine alkalische Ca^{2+}-Düngung oder eine saure Ammonium-Düngung mobilisiert werden. Aktuell wird dieser Ammoniumeffekt geringfügig bei der Düngung mit DAP genutzt.

Aspekte für die Praxis

In den vergangenen Jahren haben sich pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren mehr und mehr in der Praxis verbreitet. Aktuell wird über die Anreicherung von Kalium und Phosphor in der oberen Bodenschicht bei pflugloser Bodenbearbeitung diskutiert. Dabei wird vergessen, dass durch steigende Kaliumgehalte in der obersten Bodenschicht von 5 cm gleichzeitig ein Calcium-Mangel für die junge Pflanze durch Verdrängung der Ca-Ionen durch Kaliumionen (Ca-K-Antagonismus) entstehen kann. Der pH-Wert wird in diesem Bereich nicht gemessen und eine pH-Wert-Änderung wird entsprechend nicht erkannt. In der Folge dieses Prozesses kommt es zu Dichtlagerung, Verschlämmung und Sauerstoffmangel im Boden. Verschärfend wirken zusätzlich die aktuellen klimatischen Veränderungen, sprich eine Zunahme der Niederschläge im Juli/August und Winter. Dies führt zur Auswaschung des Calciums mit den oben beschriebenen Effekten.

Die Kalkung wie bisher einmalig in der Fruchtfolge, meist zur Blattfrucht, mit hohen Aufwandmengen sollte überdacht werden.

Innovation 4/2011

Oliver Wellie-Stephan
Fon 02941.296487
Fax 02941.2968487
wellie-stephan@dsv-saaten.de

Tun Sie etwas für Ihre Humusbilanz!

Untersaaten im Getreide

Markus Berendes, Deutsche Saatveredelung AG · Lippstadt

Die Verbesserung von Bodenfruchtbarkeit und Bodenstruktur, die effiziente Nutzung der mineralischen Düngung bei ständig steigenden Düngerpreisen sowie wassersparende Anbauverfahren (Stichwort Klimawandel) sind nur einige Argumente für ein Überdenken von langjährigen, sicherlich auch bewährten Anbauverfahren. Außerdem sind immer mehr Verpflichtungen zu beachten: Einhaltung der aktuellen Cross-Compliance-Auflagen, Düngeverordnung, Pflanzenschutz-Gesetz etc. Insbesondere der Humushaushalt ist aufgrund der aktuellen Cross-Compliance-Verpflichtungen wieder ein Thema.

Ein interessantes Anbauverfahren bieten hier Untersaaten im Getreide zur Nutzung als Gründüngung, Futter- oder Biomasseproduktion. Die Untersaaten stehen hier an erster Stelle zur Verbesserung des Humushaushaltes. Dies gilt vor allem für hackfruchtintensive Fruchtfolgen (z.B. auch Biogasmais), aber auch für enge Getreidefruchtfolgen mit Strohverkauf. Ferner sind die Kosten der Arbeitserledigung durch die Anlage von Untersaaten deutlich zu reduzieren. Dieser Punkt ist in Zeiten ständig steigender Energiekosten nicht zu vernachlässigen. Die Untersaateignung der einzelnen Getreidearten ist sehr unterschiedlich. Während Winterroggen und Hafer sehr gute Deckfrüchte darstellen, ist die Eignung bei Winter- und Sommerweizen sowie Winter- und Sommergerste (Braugerste) durchschnittlich.
Kritischer zu beurteilen sind Triticale, v.a. auf mittleren/besseren Böden sowie Sommerfuttergerste, da diese Getreidearten relativ

Untersaat nach Aberntung der Deckfrucht

Untersaaten können zusammen mit der Deckfrucht ausgesät werden.

hohe Bestandesdichten aufweisen. Entscheidender Faktor ist der Lichteinfall in den Getreidebestand.

Saattermin je nach Getreideart

Die Herbsteinsaat mit oder kurz nach der Saat ist bei langsam wachsenden Gräserarten der beste Termin. Bei mittelschnell wachsenden Gräserarten hat sich die Winteruntersaat auf Frost bewährt, so dass das Saatgut durch Schnee und Niederschläge gut in den Boden einwäscht. Die Frühjahrseinsaat ist bei schnell wachsenden Gräserarten zu bevorzugen.

Grundsätzlich gilt:

- langsam wachsende Gräserarten brauchen schwache Deckfrüchte oder eine frühe Einsaat der Untersaat
- schnell wachsende Gräserarten brauchen starke Deckfrüchte oder eine späte Einsaat der Untersaat

Wichtig ist die Bekämpfung von Schnecken in der Deckfrucht, da die kleinen Gräser in beschatteten und feuchten Getreidebeständen sehr gerne gefressen werden. Weiterhin ist Lager in der Deckfrucht natürlich zu vermeiden, da die Untersaaten sonst aufgrund von Lichtmangel eingehen. Durch gezielte Sortenwahl wird die Untersaat begünstigt. Entscheidend ist hier der Lichteinfall, der durch die Bestandesdichte, durch die Blattstellung sowie Blattform bestimmt wird. Der Saattermin der Deckfrucht ist, wie oben schon erwähnt, ebenfalls sehr wichtig. Bei früh gedrillten, dichten Beständen wird eine Frühjahrsuntersaat schwierig. Die Untersaat hat keinen negativen Einfluss auf den Ertrag der Deckfrucht, sofern die Auswahl der Gräserart in Verbindung mit Aussaattermin und Saatstärke der Deckfrucht abgestimmt wurde.

Überblick über die Möglichkeiten der Untersaat

Art	Saatstärke kg/ha	Saattermin	Verwendung		
Herbst-/Winteruntersaat					
			FU1	GD2	BM3
Rotschwingel*	10	mit Deckfrucht		X	(X)
Wiesenschwingel	15	mit Deckfrucht	X	X	X
spätes Dt. Weidelgras	10	ca. 2 Wochen nach Deckfrucht	X	X	X
M 1	10	Winter auf Frost	X	X	X
M 2	10	Winter auf Frost		X	
M 3	10	Winter auf Frost		X	
Frühjahrsuntersaat					
Dt. Weidelgras (Futter)	10	Winter auf Frost	X	X	X
Welsches Weidelgras	25–30	Frühjahr auf letzten Frost, so früh wie möglich	X		X
Einjähriges Weidelgras	25–30	Frühjahr auf letzten Frost, so früh wie möglich	X		X
Lippstädter Futtertrio	25–30	Frühjahr auf letzten Frost, so früh wie möglich	X		X
Wel./Einj. Weidelgras	25–30	Frühjahr auf letzten Frost, so früh wie möglich	X		X

* flache Saat 1 FU = Futter, 2 GD = Gründüngung, 3 BM = Biomasse

Die Vorteile auf einen Blick

- „Humusmehrer" Untersaat: deutliche Anreicherung des Humushaushaltes durch die intensive Durchwurzelung der Untersaaten schon unter der Deckfrucht, was zu einer deutlichen Verbesserung der Bodenstruktur führt
- Vermeidung / Reduzierung von Nährstoffausträgen (v.a. Nitrat)
- Schutz vor Erosion
- Kostengünstige Anlage durch Einsparung der Bodenbearbeitung und Saat. Ca. 150–200 €/ha
- Reduzierung von Arbeitsspitzen
- Untersaat startet und bedeckt den Boden sofort nach der Ernte der Deckfrucht
- Die Untersaatnarbe macht den Boden tragfähiger, v.a. bei schwierigen Erntebedingungen (Mais)
- Alternative Nutzung der Untersaat zur Futtererzeugung (Biogas, Milchvieh)

Flexible Aussaattechnik

Die Anlage der Untersaat kann mit unterschiedlichen Aussaattechniken erfolgen. Wenn die Anlage mit der Deckfrucht geschieht, kann das Saatgut beigemischt werden (Achtung: flache Saat nötig!). Bei Einsaaten in stehende Bestände oder sofort nach der Saat der Deckfrucht hat sich der pneumatische Düngerstreuer sehr bewährt. Außerdem kann die Untersaat mit der Drillmaschine ausgebracht werden. Sofern verfügbar, sind auch Grünlandstriegel mit Nachsaateinrichtung eine Alternative. Die Aussaatmenge kann deutlich reduziert werden und liegt nur bei 50 bis 75 % der Menge für eine Stoppelsaat.

Ein wichtiger Punkt für das Gelingen einer Untersaat ist der angepasste Pflanzenschutz. Grundsätzlich stellt die Bekämpfung der Unkräuter kein Problem dar. Mit einigen Produkten können auch Ungräser wie Ackerfuchsschwanz und Windhalm bekämpft werden.

Innovation 3/2008

Markus Berendes
Fon 0171.9925487
Fax 02841.2968145
berendes@dsv-saaten.de

DSV

Innovation für
Ihr Wachstum

TerraLife –
Der Boden lebt

Ihr Boden –
Ihr größtes Kapital!

TerraLife ist das Ergebnis langjähriger Versuchs- und Forschungstätigkeit. Die besonderen Fähigkeiten von Mischungen mit verschiedenen Arten standen bei der Entwicklung des Programms im Vordergrund.
In Zusammenarbeit mit Landwirten, Wissenschaft und Forschung arbeiten wir stetig weiter an diesem Portfolio, so dass wir für die verschiedensten Anforderungen Spezialmischungen zur Verfügung stellen können.

So können Sie mit original „TerraLife" Mischungen sicher sein, den neuesten Stand der Wissenschaft zu Gunsten Ihres Bodens zu nutzen. TerraLife, der Name ist Konzept und unser Beitrag, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu fördern.

www.dsv-saaten.de