

## Das Konzept des „controlled traffic farming“ im ökologischen Gemüseanbau

Hefner M<sup>1</sup>, Nørremark M<sup>2</sup> & Kristensen HL<sup>1</sup>

*Keywords: controlled traffic farming, reduced tillage, minirhizotrons, vegetables.*

### Abstract

*Problems of machinery induced soil compaction are evident in organic vegetable production, resulting in stunted root growth and reduced yield. Controlled traffic farming (CTF) provides a possibility to restrict soil compaction to wheel tracks and create traffic-free vegetable beds with improved soil structure. A field experiment was established at a commercial organic vegetable farm in Denmark to investigate the effect of CTF on the growth of cabbage (*Brassica oleracea*), potato (*Solanum tuberosum*) and beetroot (*Beta vulgaris*). Random traffic farming (RTF) served as the control. Preliminary results show that root intensity was higher in the CTF treatment compared to the RTF treatment for cabbage at the end of the growing season, indicating a better soil structure in this system. Crop yields were 23 to 70% higher in all three investigated crops in the CTF treatments. These results point towards the potential to increase the use of the CTF system in organic vegetable production.*

### Einleitung und Zielsetzung

Die zunehmende Größe von landwirtschaftlichen Maschinen, auch im ökologischen Anbau, führt häufig zur Verdichtung des Bodens. Als Folge dessen wird die Wurzeldurchdringung des Bodens durch die Pflanzen erschwert, und die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen beeinträchtigt. Verminderte Pflanzenentwicklung und geringere Erträge sind die Konsequenz (Unger und Kaspar, 1994).

Das Konzept des „controlled traffic farming (CTF)“ verwendet GPS Signale, um den landwirtschaftlichen Maschinenverkehr und die damit verbundene Bodenverdichtung auf die Fahrspur zu begrenzen. Dadurch können unbefahrene Flächen geschaffen werden, die eine verbesserte Bodenstruktur aufweisen. In den Niederlanden konnte somit bei einigen Gemüsesorten eine Ertragssteigerung erreicht werden (Vermeulen und Mosquera, 2009).

In dem vorliegenden Versuch sollen die Auswirkungen des CTF auf den Ertrag im ökologischen Gemüseanbau untersucht und mit denen des „random traffic farming“ (RTF) verglichen werden. Im RTF wird der Maschinenverkehr nicht präzisionsgesteuert, sondern erfolgt zufällig. Es soll im Einzelnen untersucht werden, (i) ob eine Ertragssteigerung in der CTF im Vergleich zur RTF Bewirtschaftung möglich ist und (ii) in wie fern diese Steigerung auf ein erhöhtes Wurzelwachstum zurückgeführt werden kann.

### Methoden

---

<sup>1</sup> Department of Food Science, Aarhus University, Kristinebjergvej 10, 5792, Aarslev, Dänemark, Margita.Hefner@food.au.dk, www.food.au.dk

<sup>2</sup> Department of Engineering, Aarhus University, Inge Lehmanns Gade 10, 8000, Aarhus, Dänemark, www.eng.au.dk

Der Feldversuch befindet sich auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb „Skiftevær Økologi“ in Dänemark (Lage: 54° 58'N, 10° 32'O; Boden: sandiger Lehm; Niederschlag: ca. 800 mm/Jahr; Durchschnittstemperatur: 9,3°C). Noch vor Versuchsbeginn, im März 2013, wurden mit Hilfe von topographischen Attributen der Bodenoberfläche (entnommen der „Dänischen Verwaltung für Datenbeschaffung und -effizienz“: <http://download.kortforsyningen.dk>) und der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (gemessen mit einer EM 38, Geonics Limited, Mississauga, Ontario, Kanada) homogene Messpunkte identifiziert. Für jede Versuchspartelle wurden zwei Messpunkte bestimmt, die als Wiederholungen dienen.

Die fünfgliedrige Fruchtfolge besteht aus einer ganzjährigen Gründüngung (*Trifolium pratense*), gefolgt von Weißkohl (*Brassica oleracea*), Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit Winterwicke (*Vicia sativa*) als anschließende Zwischenfrucht, Rote Beete (*Beta vulgaris*) und Hokkaido Kürbis (*Cucurbita maxima*). Um langfristige Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit zu berücksichtigen, wurden die Messungen des Ertrags und des Wurzelwachstums der Gemüsepflanzen erst im zweiten Jahr nach Versuchsbeginn vorgenommen (2015). In diesem Jahr wurde auf den Versuchspartellen Weißkohl, Kartoffel und Rote Beete angebaut. Der Versuch bestand aus jeweils einer Gemüsesortenpartelle pro Behandlung, d.h. eine Weißkohlpartelle wurde mit CTF kultiviert, während eine weitere mit RTF bearbeitet wurde. Dasselbe gilt für die Kartoffel und die Rote Beete. Die Breite der Traktorspur betrug 2,25m. Bei der Bodenbearbeitung wurden auf den Pflug verzichtet, stattdessen wurde der Boden im Frühjahr mit dem Striegel bis zu einer Tiefe von ca. 25 cm bearbeitet. Das Unkraut wurde mit einer Hackmaschine und einem Hackstriegel reguliert.

Im Anschluss an die Pflanzung wurden je Versuchspartelle vier Minirhizotron-Röhren in der Pflanzenreihe zwischen zwei Pflanzen eingesetzt. Die Plastikröhren wurden, wie in Kristensen and Thorup-Kristensen (2004) beschrieben, vorbereitet und in einem 30° Winkel von der Vertikalen angebracht. Gefilmt wurden die Röhren an drei Zeitpunkten (August, September und November). Die Wurzelintensität wurde durch Zählen der Schnittpunkte der Wurzeln mit dem Zählgitter, das an der Oberseite der Röhre angebracht war, bestimmt. Zur Ermittlung des Ertrags wurde am 15. Sept. bzw. am 11. Nov für die Kartoffel und den Weißkohl eine Fläche von 2,25 m<sup>2</sup> pro Messpunkt geerntet. Für die Rote Beete betrug die Fläche 1,125 m<sup>2</sup> und wurde am 28. Sept. beerntet.

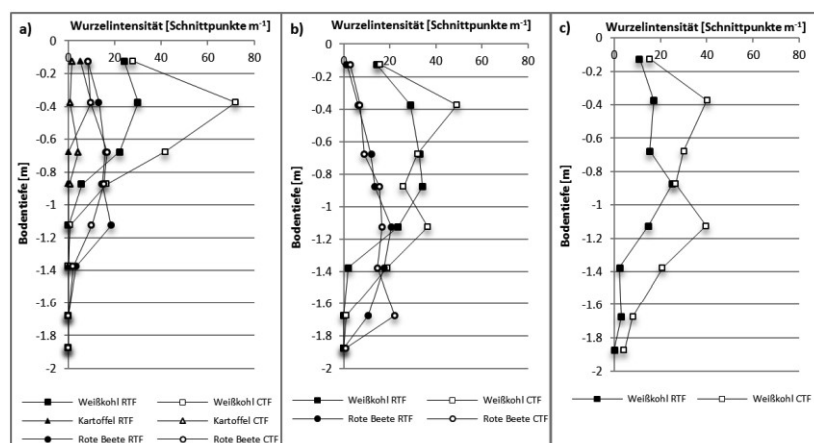
### Ergebnisse

Der Ertrag der CTF Flächen war in allen drei Kulturen höher als in den RTF Flächen (Tab. 1). Für die Rote Beete war der absatzfähige Ertrag in der CTF Behandlung 32% höher (42,1 t ha<sup>-1</sup>) als in der RTF Behandlung (29,6 t ha<sup>-1</sup>). Für die Kartoffel betrug der Unterschied sogar 70%, mit 78,4 t ha<sup>-1</sup> in den CTF und 46,2 t ha<sup>-1</sup> in den RTF Flächen. Im Weißkohl erbrachte der CTF Anbau 23% höhere Erträge (52,3 t ha<sup>-1</sup>) als im RTF Anbau (42,4 t ha<sup>-1</sup>). Der Anteil an absatzfähigem Ertrag von dem Gesamtertrag war mit 81 bis 100% in allen Kulturen relativ hoch.

**Tabelle 1: Mittlerer Gesamt- und absatzfähiger Ertrag  $\pm$  Standardabweichung ( $t\ ha^{-1}$ ) der Gemüsekulturen in den Behandlungen CTF und RTF in 2015, n=2.**

	Gesamtertrag [ $t\ ha^{-1}$ ]		Absatzfähiger Ertrag [ $t\ ha^{-1}$ ]		Anteil absatzfähiger Ertrag von Gesamtertrag (%)	
	CTF	RTF	CTF	RTF	CTF	RTF
Rote Beete	48,1 $\pm$ 1,2	36,5 $\pm$ 8,7	42,1 $\pm$ 2,2	29,6 $\pm$ 9,2	88	81
Kartoffel	78,6 $\pm$ 2,1	47,0 $\pm$ 9,6	78,4 $\pm$ 1,9	46,2 $\pm$ 10,6	100	98
Weißkohl	54,7 $\pm$ 7,3	43,1 $\pm$ 0,7	52,3 $\pm$ 4,5	42,4 $\pm$ 0,4	96	98

Das im August gemessene Wurzelwachstum der Kartoffel erreichte eine Tiefe von 0,75 m (Abb. 1a). In den oberen 0,5 m war die Wurzelintensität im RTF Anbau höher als im CTF Anbau. Da die Kartoffeln bereits Anfang September geerntet wurden, konnten hier keine weiteren Wurzelmessungen erhoben werden. In der roten Beete befanden sich die Höchstwerte der Wurzelintensität im August in einer Bodentiefe von 0,75 bis 1,5 m. Unterschiede zwischen den Behandlungen waren sehr gering. Im September erreichten die Wurzeln der Roten Beete eine Tiefe von 1,75 m (Abb. 1b). Auch zu diesem Zeitpunkt waren kaum Unterschiede zwischen den Behandlungen vorhanden. Jedoch zeichnete sich im CTF Anbau eine höhere Wurzelintensität in der Tiefe von 1,75 m ab.



**Abbildung 1: Die mittlere Wurzelintensität von Weißkohl, Kartoffel und Rote Beete a) am 19. August 2015, b) am 29. Sept. 2015 und c) am 11. Nov. 2015 in den Behandlungen RTF und CTF in bis zu 2 m Bodentiefe. RTF= random traffic farming; CTF= controlled traffic farming; n=4.**

Im August war die Wurzelintensität des Weißkohls in 0,25 m bis 0,75 m Tiefe in der CTF Behandlung deutlich höher als in der RTF Behandlung. Mit zunehmender Tiefe nahm die Wurzelintensität in beiden Behandlungen ab und die Unterschiede auf Grund der Behandlungen verringerten sich. Im September konnte eine höhere Wurzelintensität in 0,75 m bis 1,25 m Tiefe in der CTF Behandlung beobachtet werden (Abb. 1b). Zum Zeitpunkt der Weißkohlernte im November zeichnete sich eine Abnahme der Wurzelintensität in den oberen 0,75 m im Vergleich zu den vorangehenden Monaten ab (Abb. 1c). Gleichzeitig nahm die Wurzelintensität in 1 bis

2 m Tiefe, insbesondere in der CTF Behandlung, zu. Generell war im Weißkohl zum Zeitpunkt der Ernte eine höhere Wurzelintensität in der CTF im Vergleich zu der RTF Behandlung in allen Bodentiefen zu beobachten.

### **Diskussion und Schlussfolgerungen**

Die in dem vorliegenden Versuch beobachtete Ertragssteigerung auf CTF Flächen um 23 bis 70% konnte auch in einem Versuch aus den Niederlanden verzeichnet werden. Hier waren die Erträge in Flach-Beet Kulturen wie Spinat, Zwiebel und Erbse im saisonalen CTF Anbau bis zu 30% höher als im RTF Anbau (Vermeulen and Mosquera, 2009). Eine mögliche Erklärung für die Ertragssteigerung bietet die Wurzelintensität, da diese auf Flächen mit geringerer Bodenverdichtung tendenziell höher ist. Dies konnte in dem vorliegenden Versuch jedoch nur im Falle des Weißkohls beobachtet werden, der zum Ende der Vegetationsperiode unter CTF Bedingungen ein höheres Wurzelwachstum aufwies als unter RTF Bedingungen. Darüberhinaus erreichten die Wurzeln des Weißkohls im CTF Anbau an allen drei Messzeitpunkten die tieferen Bodenschichten früher als im RTF Anbau. Grund dafür könnte der verdichtete Boden im RTF System sein, da das Wurzelwachstum in die Tiefe in verdichtetem Boden verzögert wird (Tardieu, 1994). Auch in der Roten Beete waren im September mehr Wurzeln im CTF als im RTF Anbau in einer Tiefe von 1,5 bis 1,75 m zu erkennen. In allen anderen Bodenschichten konnten in der Roten Beete keine Unterschiede in der Wurzelintensität zwischen den Behandlungen verzeichnet werden. Die Wurzelintensität der Kartoffel wies etwas höhere Werte in der RTF Behandlung auf, erreichte in beiden Behandlungen jedoch nur eine Bodentiefe von 0,5 m.

Eine Erklärung des erhöhten Ertrags im CTF System auf Grund der Wurzelintensität erweist sich als schwierig, da die Unterschiede in beiden Behandlungen gering ausfielen. Jedoch konnte im Weißkohl zum Ende der Vegetationsperiode eine höhere Wurzelintensität im CTF Anbau als im RTF Anbau in allen Bodenschichten nachgewiesen werden. Insgesamt konnte in dem vorliegenden Versuch gezeigt werden, dass das CTF eine attraktive Anbaumethode für den ökologischen Gemüseanbau bietet, da es auf den CTF Flächen im Vergleich zu konservativen Anbaumethoden zu einer Ertragssteigerung kommt, die auf den wirtschaftlichen Vorteil dieser Methode hinweist.

### **Danksagung**

Gefördert durch Grünes Entwicklungs- und Demonstrationsprogramm (Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram - GUDP).

### **Literatur**

- Kristensen HL., & Thorup-Kristensen K (2004) Root growth and Nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Science Society of America Journal* Vol. 68: 529-537.
- Tardieu, F (1994) Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction. Towards a system with multiple signalling? *Soil & Tillage Research* Vol. 30: 217-243.
- Unger, PW & Kaspar TC (1994) Soil compaction and root growth - a review. *Agronomy Journal* Vol. 86: 759-766.
- Vermeulen GD & Mosquera J (2009) Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. *Soil & Tillage Research* 102: 126-134.