

論文

竹炭利用によるホウレンソウの11作連続栽培

野田 滋*

Cultivation Technique of 11 Successive Cropping in Spinach with Application of Bamboo Charcoal

Shigeru Noda

要 旨

夏期の育苗が安定してできるセル成型育苗技術と連作障害防止技術として竹炭を埋設した圃場で、ホウレンソウのセル苗を不耕起で順次定植する連続栽培システムを開発した。このシステムにより、連作障害発生圃場でもホウレンソウに連作障害の発生もなく、夏期に少なくとも4作の栽培を行うことができた。また、黒ボク土壌で新しく造成した圃場では、連作による収量低下もなく、年間9作、連続して最低11作のホウレンソウ栽培を実証することができた。

I はじめに

中山間地域の農業は深刻な後継者不足と高齢化の進行で、農業就業人口は減少し続けている。また、林業についても同様で、人手不足で面積的に拡大し続ける竹林の拡大防止対策は中山間地域の緊急の課題でもある。一方、新鮮で安全な地場野菜の生産気運が高まる中で、中山間地域は地産地消や産直市の拠点として重要性が増しつつある。産直市は女性や高齢者、兼業農家の生産意欲をくみ上げ、遊休農地の減少をもたらす、中山間地域農業の再生の要因となりえている。その運営は周年型が一般的になるが、商品の主力となる軟弱野菜を安定供給できないという問題点を抱えている。

そこで、計画的な育苗が可能で、作付け回数も多くなるセル成型苗を取り入れ、夏の比較的冷涼な気象条件を生かしたホウレンソウの周年栽培に取り組んだ。また、中山間地域の資源としての竹の有効利用を考慮し、連作障害防止対策に竹炭の利用を検討した。竹炭の農業利用に関する報告は少なく、茶樹の品質にほとんど影響がなかったという報告（長谷川・深井ら、2000）もあるが、

シンビジウムの切り花栽培の培地に利用し、高品質な切り花生産ができたとの報告（新井・高木ら、2001）がある。

本報では小規模農家を対象に、セル成型育苗技術と竹炭利用による連作障害防止技術を組み合わせ、計画的で安定供給が可能な、ホウレンソウの連続栽培体系を確立したので報告する。

II 試験方法

1. セル成型苗利用による夏期安定育苗技術

1) 育苗トレイの選択

育苗トレイは288穴（幅20mm×深さ40mm）、200穴（幅25mm×深さ45mm）、128穴（幅30mm×深さ45mm）、72穴（幅35mm×深さ45mm）の市販のセルトレイを使用した。それぞれのトレイに市販の育苗培土であるスーパーミックスAを充填し、ホウレンソウ（品種：アクティブ）を1穴当たり2粒播種してハウス内で育苗を行った。種子は流水中に半日ほど浸漬し、2時間程度陰干した後、播種した。また、水やりは底面灌水で行い、セル表土の

*現：島根県農業試験場

混りを見て落水した。セル成型苗（以後、セル苗と称する）は2.5葉令を目途に、ハウス内の圃場へ定植した。圃場は黒ボク土壌で、施肥量は成分量で窒素、リン酸、加里ともに2 kg/aを有機化成A801で施用した。畝幅110cmでマルチ被覆を行い、定植は条間15cm、株間12cmの6条植えとした。以降、育苗及び定植は特に明記しないかぎり、この内容及び手順に従って行った。

2) 育苗培土の選定と肥料添加効果

市販の育苗培土のうち、生産元が同じで窒素含量の異なる培土として、セルトップV、スーパーミックスA及びプライムミックスTKSを選定した。また、セルトップVとスーパーミックスAについては、培土1L中の窒素成分量がおおよそ300mg、450mg、550mgになるように、マイクロロング40日型肥料を1gから4g添加した。それぞれの培土を288穴セルトレイに充填後、ハウレンソウを播種して育苗し、定植後それぞれの収量を比較した。

3) 播種粒数の決定

288穴セルトレイにスーパーミックスAを充填し、ハウレンソウ（品種：アクティブ）を1穴当たり1粒、2粒及び3粒播種する試験区を設けた。圃場への定植は、1粒播種で54本/m²、2粒播種108本/m²、3粒播種では162本/m²の栽植密度とし、夏まき栽培と秋まき栽培において苗質と収量の比較を行った。夏まき栽培では催芽種子を使用し、暑さ対策として寒冷紗で遮光して育苗した。また、定植後も白色の寒冷紗で遮光し、ハウレンソウを栽培した。

4) 月別の育苗管理と品種別の苗立ち率

夏まき用品種として、「アクティブ」「サマロン」「ミレイ」「シュマイザー」「スベードワン」「ブラボー」を供試し、それぞれ6月7日、7月3日、7月10日、8月10日に播種し、それぞれの苗立ち率を比較した。種子は流水中に半日ほど浸漬し、2時間程度陰干した後、さらに16℃の冷蔵庫内で催芽させて播種した。6月7日及び7月3日まきはハウス内で普通育苗したが、7月10日まきはシルバー寒冷紗の遮光条件下で育苗した。8月10日まきでは発芽が揃うまで16℃の冷蔵庫内に置き、ハウス内で遮光条件下で育苗した。

5) 適正移植葉令と抽台率

スーパーミックスAとスーパーミックスAにマイクロロング40日型肥料を培土1L当たり1g添加した混合培

土に、それぞれ「アクティブ」を播種して育苗した。セル苗は本葉が2葉、3葉、4葉、5葉を目途に、順次、圃場へ定植し、それぞれ収穫までの日数や抽台の程度を比較した。播種は5月11日に行い、定植は葉令に合わせて5月22日～6月11日の間に7回に分けて行った。収穫は6月11日～7月6日にかけて行った。

6) 夏まき用品種と抽台率

市販の晩抽性品種「アクティブ」「ダッシュ」「サマーガッツ」「オリオン」「おてもやん」「モナリザ」「スパルタ」を、対照として秋～早春どり品種「バックラー」を、5月11日、6月18日及び8月3日に播種し、育苗を行った。5月11日及び6月18日まきはハウス内で普通育苗し、8月3日まきはシルバー寒冷紗で遮光し育苗した。それぞれを圃場へ定植後、収穫時に品種別の抽台率を比較した。収穫日は5月まきが6月20日、6月まきが7月27日、8月まきが9月18日であった。

2. 竹炭利用によるハウレンソウの連続栽培法

竹炭を埋設したハウレンソウを連続栽培する圃場の作業手順を写真1に示した。圃場はまずバーク堆肥（200kg/a）を施用して土壌改良を行い、石灰でpH6.5を目標に酸度矯正を行った。肥料は窒素、リン酸、加里ともに成分量（2 kg/a）を有機化成肥料で施用した。幅110cm程度の畝を立て、ハウレンソウの栽植（条間15cm、6条植え）に合わせ、竹炭が定植株の直下にくるように、畝面を6条で幅6cm、深さ10cm掘り下げ、竹炭（1m²当たり2kg相当量）を原姿のまま裏側を上にして敷設した。覆土後、畝面に3本の灌水チューブを敷設し、6条植えのハウレンソウすべてに灌水できるようにした。この灌水チューブを2作日以降は不耕起栽培のため液肥施用に使用した。チューブ敷設後、地温の上昇を抑制する効果のある白黒ダブルマルチの白を上にして畝全面を被覆し、除草の必要をなくした。株間12cm、条間15cm、6条の栽植密度でマルチに穴を開け、不耕起・連続栽培圃場とした。

ハウレンソウの栽培は、収穫時期に合わせてあらかじめセルトレイで育苗し、セル苗を順次圃場へ定植した。2作目以降は前作の残根を取り除き、そのまま植え付ける不耕起栽培とし、肥料は1回当たり窒素成分0.5kg/a相当量を液肥で、生育をみながら施用した。1作当たり

1～2回の施用となった。

1) 竹炭利用によるハウレンソウ連続栽培の実証

(1) 連作障害発生圃場における夏期連続栽培の検討

黒ボク土壌の連作が不可能な1aのハウス内で、夏期のセル苗安定育苗技術と竹炭を埋設した不耕起・連続定植圃場を組み合わせ、夏期の6月～12月の間、セル苗を4回定植してハウレンソウの連続栽培を行った。土壌は試験前にダゾメット粉粒剤で土壌消毒を行い、竹炭を1㎡当たり1.7kg、1条1m当りに換算して280gを埋設した。竹炭を埋設しないで連作する無処理区と竹炭を埋設しないで連作もしない対照区を設けた。ハウレンソウの品種は「アクティブ」を供試した。定植は、初作が7月2日、2作目以降は不耕起による連続栽培で8月1日、3作9月17日、4作は10月28日に行った。また、2作目以降は液肥を1作当たり1回施用した。

(2) 竹炭利用による連作の持続性と障害発生時期

黒ボク土壌で新しく造成した1aのハウス内圃場を二分して、竹炭を埋設した竹炭区と埋設しない無処理区を設けた。竹炭は1㎡当たり2.0kg、1条1m当りに換算して330gを埋設した。セルトレイで育苗したセル苗を頭次、不耕起の圃場へ定植し、竹炭施用による連作の継続性と無処理区での連作障害発生時期について検討した。試験は2002年9月～2004年3月の間に、ハウレンソウを11作連続栽培した。7月下旬から9月中旬の間、圃場を白色の寒冷紗で60%遮光した。12月上旬～翌年の3月上旬はハウス内設定温度5℃（ハウスの害対策による）で加熱暖房を行った。

III 結果

1. セル苗利用による夏期安定育苗技術

1) 育苗トレイの選択

セル成型トレイの種類とハウレンソウの収量を表1に示した。セルトレイ288穴、200穴、128穴及び72穴の4種類で育苗した場合、それぞれ定植時の葉数は2.2、2.3、3.4、3.5と穴数が少ないほど生育が早くなった。圃場へ定植したハウレンソウの収量を比較すると、穴数が少なく、セル内の育苗培土量が多いほど多収であった。規格別に比較しても、1トレイ当たりの穴数は少ないほど収穫時の規格が大きく、収穫時期が早まる傾向が認められた。

表1 セル成型トレイの種類とハウレンソウ収量

穴数/ トレイ	育苗本数 (本/㎡)	育苗収量 (kg/㎡)	栽培期間 (kg/㎡)			
			2L	L	M	S
288	95	131	0	28	78	22
200	95	156	4	68	69	15
128	97	170	8	79	73	10
72	98	184	23	89	58	4

注 1) 規格内訳：2L：30～35cm未満、L：25～30cm未満、M：20～25cm未満、S：15～20cm未満

2) 試験概要

- (1) 品種：アクティブ
- (2) セル成型トレイ：ヤンマー製機械移植対応トレイ、
播種量：2粒/穴
- (3) 育苗用土：スーパーミックスA
(サカタのタネ、成分 N 180 P₂O₅ 120 K₂O 220mg/L)
- (4) 播種日：2000年9月26日
- (5) 定植日：10月17日
- (6) 収穫日：11月15日

2) 育苗培土の選定と肥料添加効果

育苗培土の種類とハウレンソウ収量を表2に示した。また、培土に肥料を添加して培土中の窒素含量を変えた場合のハウレンソウ収量を図1に示した。窒素含量の異なる3種の育苗培土で育苗した結果、窒素含量の少ない培土セルトップで生育が悪く、窒素を倍量含む培土スーパーミックスで最も生育が良かった。窒素含量の多い培土プライムミックスはスーパーミックスに比べやや生育が劣った。圃場へ定植後は、苗の生育が反映されてスーパーミックスが最も多収であった。

表2 育苗培土の種類とハウレンソウの収量

育苗培土名	肥料成分量(mg/L)		収量 (kg/㎡)
	N	P ₂ O ₅ -K ₂ O	
セルトップV	90—90—100		131
スーパーミックスA	180—120—220		349
プライムミックスTKS	430—240—530		298

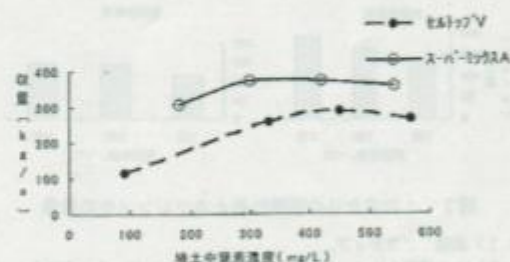


図1 培土中の窒素濃度とハウレンソウの収量

- 注 1) 品種：アクティブ
2) セル成型トレイ：288穴、播種量：2粒/穴
3) 播種日：2000年5月18日
4) 定植日：6月5日
5) 収穫日：6月26日

スーパーミックス及びセルトップにマイクロロングを添加すると、セルトップでは培土1L当たり2g、3g、4gと添加量に応じて苗の生育が良くなったが、スーパーミックスでは1gの添加量で最も生育が良く、2g及び3gを添加しても生育に差は認められなかった。圃場へ定植後は、セル苗の生育と同様な傾向で、1g添加区で最も多収であった。セルトップでは3gまでは添加量に応じて増収したが、4g添加の効果は認められなかった。肥料を添加する場合、培土中の窒素含量が培土1L当たり300～350mgを目安に添加した場合の効果が高かった。

3) 播種粒数の決定

播種粒数と苗質の関係を表3に示した。また、夏及び秋定植時における播種粒数別のハウレンソウ収量を図2に示した。1穴当たり1粒播種では夏期に欠株率が高くなり、実用性に欠けた。なお、欠株率は播種粒数が多いほど少なくなった。圃場へ定植すると、夏期栽培、秋期栽培ともに播種粒数が多いほど多収となった。3粒播種と2粒播種の草姿を比較すると、秋期栽培では差がなかったが、夏期栽培では3粒播種で、葉長よりも葉柄が長くなり、幾分徒長気味になった。

表3 播種粒数と定植時の欠株率と生育

試験区名	夏まき栽培 欠株率 (%)	秋まき栽培 欠株率 (%)	秋まき栽培時の生育		
			草丈 (cm)	葉長 (cm)	葉数
1粒	40.6	18.1	4.8	0.9	2.4
2粒	14.6	3.1	5.5	0.9	2.4
3粒	9.4	0.2	4.6	0.8	2.2

注) 欠株率: 288穴セルトレイ、5トレイ当たりの欠株率、生育調査: 25穴当たりの平均値

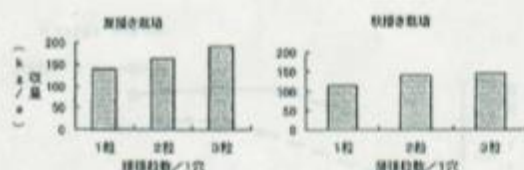


図2 1穴当たりの播種粒数とハウレンソウの収量

- 注 1) 品種: アクティブ、
 2) セル成型トレイ 288穴、育苗培土 スーパーミックスA (サカタのタネ)
 3) 播種日: 夏播き: 7月10日 秋播き: 9月26日
 4) 育苗管理: 夏播き: 発芽後遮光育苗、秋播き: 普通育苗
 5) 定植日: 夏播き: 7月28日 秋播き: 10月18日
 6) 収穫日: 夏播き: 8月17日 秋播き: 11月15日
 ハウス遮光資材: 夏播き: 白冷紗 秋播き: なし

4) 月別の育苗管理と品種別の苗立ち率

月別の育苗管理と品種別の苗立ち率を比較して図3に示した。6月まきはハウス内の普通育苗で「スベードワン」を除き、80%以上の苗立ち率が得られたが、気温の上昇する7月まきでは、普通育苗で苗立ち率が品種によっては大きく低下した。しかし、遮光することによって育苗温度を下げると、いずれの品種も苗立ち率が向上した。8月まきで16℃の冷蔵庫内で出芽が揃うまで置き、ハウス内に移し同様に遮光条件下で育苗すると、苗立ち率は顕著に向上したが、出芽が暗条件であったため、徒長して苗質が軟弱になった。

苗立ち率は品種別で大きく異なり、高温条件下では「ミレイ」が最も苗立ち率が良く「サマロン」「アクティブ」も良く、「スベードワン」は最も劣った。

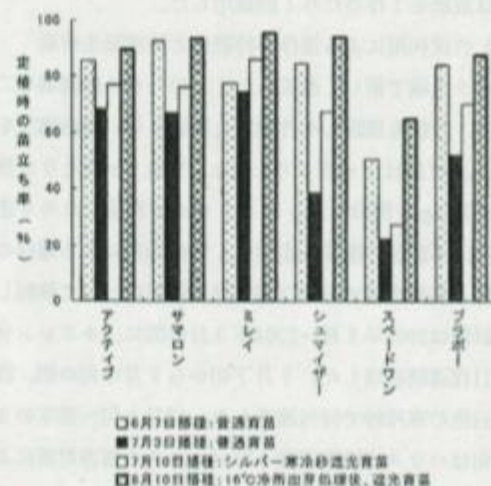


図3 夏期栽培における播種後のセル育苗管理と品種別の苗立ち率

5) 適正移植葉令と抽台率

定植時の苗の葉令と播種から収穫まで要する日数を図4に、定植時の葉令と収穫時の抽台率を図5に示した。定植時の苗質は2葉令で生育量が小さく、根鉢の形成程度がやや悪かったが、3葉令以上は根張り程度に特に問題はなかった。定植葉令と収穫までの日数をみると、葉令が進むほど収穫までの日数が長くなった。培土に肥料を添加すると、苗の生育が早まり、2葉令を除いて収穫までの日数の短縮が認められた。収穫時の抽台率と定植葉令の関係では、葉令が進むほど抽台率が高くなり、特に5葉令では約80%が抽台した。培土に肥料を添加する

と、抽台が抑えられ4葉令移植でもほとんど抽台しなかった。作付け回数を多くするためには、収穫までの日数が短く、セル土の根張り程度が移植時の作業に許容できる2.5葉令を目途の定植が適当であった。

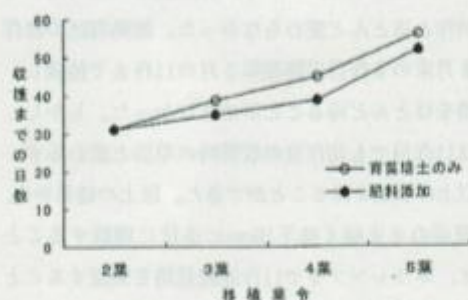


図4 定植時の葉令と収穫日数

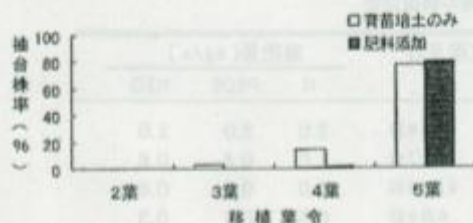


図5 定植時の葉令と抽台

- 注 1) 品種: アクティブ
 2) セル成型トレイ 288穴、育苗培土 スーパーミックスA (サカタのタネ)
 3) 肥料添加: 培土1し当たりにマイクロロング40日型肥料1g施用
 4) 播種日: 2001年5月11日
 5) 定植日: 6月22日～6月11日
 6) 収穫日: 6月11日～7月6日
 6) 夏まき用品種と抽台率

ハウレンソウの晩抽性品種を、5月、6月及び8月に播種した。抽台率を図6に示した。晩抽性品種でも抽台率に差が認められた。秋～早春どりで晩抽性でない品種「バックー」と比較すると、5月まきからは晩抽性品種を使用する必要があり、特に6月まきは「オリオン」を

除いて、晩抽性品種でも高率で抽台した。8月まきでは、抽台は見られなくなったが、一部の品種「ダッシュ」は抽台率が高かった。

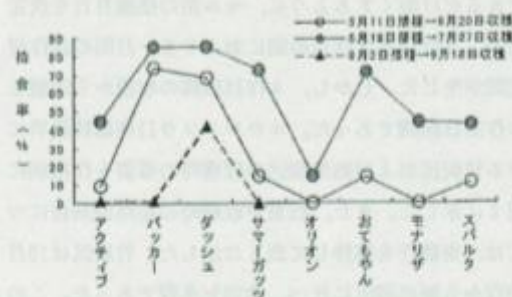


図6 夏期栽培におけるハウレンソウの晩抽性品種と播種月別の抽台率

注) 対照: バックー (秋～早春どり品種)

2. 竹炭利用によるハウレンソウの連続栽培法

1) 竹炭利用によるハウレンソウ連続栽培の実証

(1) 連作障害発生圃場における夏期連続栽培の検討

連作障害が既に発生している圃場で、障害の発生しやすい夏期に、竹炭を施用してハウレンソウを連作した結果を図7に示した。試験前の土壌消毒により、初作目はすべての区で生育が良く高収量であった。2作目については連作障害が発生し、無処理区で極端に生育が悪くなり、収量も激減した。しかし、竹炭区は障害が見られず、生育も順調で、対照区の収量を上回る収量が得られた。3作目では、無処理区の連作による障害程度が前作に比べてやや軽減したものの、生育は悪く、収量の低下も持続した。一方、竹炭区は外観的に障害は全く見られず、収量も対照区と同等であった。4作目については、無処理区では外観的に生育が悪く、前作同様に生育障害が見られたが、竹炭区は生育障害が見られなかった。これらの結果から、竹炭の施用はハウレンソウの連作障害を防止する効果の高いことが明らかになった。

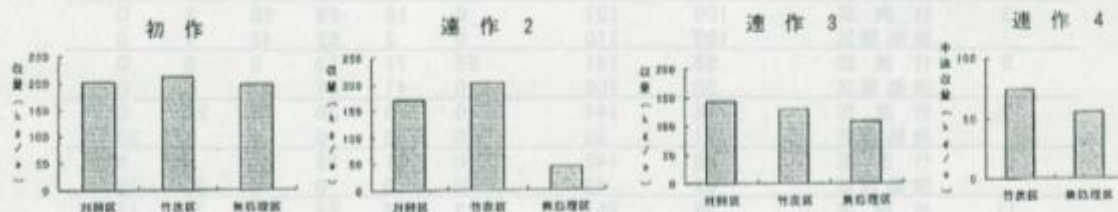


図7 連作障害発生圃場における夏期のハウレンソウ連作と竹炭の施用効果

注) 対照区: 竹炭無施用で連作しない区、無処理区: 竹炭無施用で連作する区

(2) 竹炭利用による連作の持続性と障害発生時期

新規に造成した圃場で、ホウレンソウを11作連続栽培した耕種概要を表4に示した。定植圃場の非作付け期間をできるだけ短くするように、セル苗の播種月日を決定したが、2作目と3作目の間におよそ2ヶ月間の非作付け期間が生じた。しかし、4作目以降の収穫から定植までの作業は順調であった。ホウレンソウ11作連続栽培における竹炭区および無処理区の収穫時の草姿を作期別に写真2に示した。また、収量や収穫時の規格別割合については、奇数作を抜粋して表5に示した。竹炭区は10月の初作から無処理区に比べ、約20%多収であった。この傾向は翌年6月の4作目まで続いたが、両区の草姿に外観的な生育等の障害は認められなかった。6月～7月の

栽培期間に当たる5作、6作では、無処理区に外観的な障害は見られなかったが、竹炭区の収量が無処理区に比べてそれぞれ25%、35%と多くなった。8月の7作では、無処理区は生育不良株が極めて多くなり、収量も竹炭区の30%以下に激減した。しかし、竹炭区では生育障害もなく、初作とほとんど変わらなかった。無処理区の連作障害は8月末の8作目以降翌年3月の11作まで持続し、出荷収量をほとんど得ることができなかった。しかし、竹炭区は11作目でも初作目の収穫時の草姿と変わらず、初作目以上の収量を得ることができた。以上の結果から、竹炭を原姿のまま植え株下10cmに条状に埋設することによって、ホウレンソウで11作連続栽培を実証することができ、年間9作の周年栽培体系が確立できた。

表4 ホウレンソウ11作連続栽培の耕種概要

作 期	品 種	播種月日	定植月日	収穫月日	施肥量(kg/a)		
					N	P2O5	K2O
1	アクティブ	9月19日	10月7日	11月8日	2.0	2.0	2.0
2	イーハトーブ	10月25日	11月18日	1月27日	1.0	0.4	0.6
3	ブレード	3月3日	3月20日	4月14日	1.0	0.4	0.6
4	アクティオン	4月24日	5月20日	6月9日	0.5	0.2	0.3
5	アクティオン	5月26日	6月10日	7月3日	0.5	0.2	0.3
6	アクティブ	6月11日	7月8日	7月28日	0.5	0.2	0.3
7	ミレイ	7月18日	7月30日	8月25日	1.0	0.4	0.6
8	イーハトーブ	8月4日	8月26日	9月16日	1.0	0.4	0.6
9	イーハトーブ	9月5日	9月19日	10月17日	0.5	0.2	0.3
10	アクティブ	10月7日	10月23日	11月25日	0.5	0.2	0.3
11	イーハトーブ	11月6日	12月1日	3月1日	1.5	0.6	0.9

注) 供試肥料名: 1作目:有機化成A801, 2作目以降:有機入リトミー液肥

表5 竹炭施用がホウレンソウの収量に及ぼす影響

作 期	試 験 区 名	栽培本数 (本/m ²)	収 量 (kg/a)	規 格 別 割 合 (kg/a)					
				2L以上	2L	L	M	S	外
1	竹炭区	88	189	8	54	71	69	23	0
	無処理区	80	149	0	22	66	55	7	0
3	竹炭区	100	137	0	16	99	20	2	0
	無処理区	103	110	0	2	82	48	1	0
5	竹炭区	56	141	56	71	13	0	0	0
	無処理区	58	106	0	41	51	13	0	0
7	竹炭区	76	144	0	0	39	78	24	0
	無処理区	71	39	0	0	0	0	9	30
9	竹炭区	68	145	0	31	52	47	9	6
	無処理区	61	42	0	0	0	9	20	13
11	竹炭区	98	257	23	70	69	51	33	11
	無処理区	89	59	0	0	0	0	14	46

注) 規格別割合: 2L以上: 35cm以上, 2L: 30～35cm, L: 25～30cm, M: 20～25cm, S: 15～20cm, 外: 15cm以下

IV 考察

ホウレンソウの周年栽培を行うためには、夏期の安定栽培技術と連作障害防止技術が必要である。

ホウレンソウの夏期栽培は、高温による発芽率の激減、生育の低下および立枯病など初期病害の多発や抽台（花芽形成）などが栽培上困難な一因として挙げられる。これらの問題点を解決するために、夏期に安定して栽培できるよう、セル育苗技術を確立した（野田，2002）。セル育苗は育苗床と圃場を切り離し、圃場での作付け回数の増加で年間収量の増加を図る栽培体系である（柴戸・山本，1990）。セル成型育苗は隔離育苗であるため、温度管理が容易で、夏期高温時にシルバー寒冷紗で遮光することにより、発芽率の向上を図ることができる。また、病害等の恐れのない市販の育苗土を使用するので、初期に発生が多い立枯病等の病害を防止できる利点があり（西本・泰松，1991）、また、圃場をマルチで被覆することにより、灌水時の水滴による病原菌等の土からの跳ね返りを防ぎ、生育期間中の病害の発生をなくすることができる。また、マルチ資材には地温の上昇を抑制する効果のある白黒ダブルマルチを用いることによって地温を下げるのと同時に、全面を被覆することによって、除草の労力もなくなるなどの利点もある。5月～7月まで抽台が懸念される場合は、晩抽性品種を使用する。特に、5月までは抽台しやすいので晩抽性品種「オリオン」や「アクティブ」等を使用することによって、抽台する以前に連収収穫が可能となる。8月までは晩抽性よりも耐暑性に考慮して、高温時に発芽率の高い「ミレイ」や収量性の高い「イーハート」等の使用が適当であろう。セルトレイの種類では、穴数が少ないほど苗の生育が優れることから、定植後は苗の生育に応じて多収となる。山本・小野ら（1994）は、200穴のセルトレイが作付け回数を多くする場合適当であると報告しているが、市販の育苗培土を使用する場合の経済性や手植え作業上問題のない根張り程度である2.5葉令苗の定植が可能であること等を考慮すると、288穴トレイでの育苗で十分と考える。育苗培土はスーパーミックスAを使用し、さらに収穫を早めたい場合はマイクロロング40日型肥料を培土1L当たり1g添加した培土を使用する。播種粒数は欠株や品質を考慮して、1穴当たり2粒播種が適当と考えられる。以上、述べたセル育苗技術を利用して、ホウ

レンソウの他に、シュンギク、ガーデンレタス、コマツナ、チンゲンサイ、ルッコラ、ミズナ、カラシナ類、小カブ、葉ネギ、キンサイ、イタリアンパセリ等の育苗を行い、マルチを張った不耕起の圃場に定植して、多品目な野菜類を計画的に多数回収できる栽培システムを開発した（未発表）。

アカザ科のホウレンソウはアブラナ科のコマツナ等の科の異なる葉菜類との輪作で生育障害の発生もなく十分つくることができるが、連作した場合、特に夏期栽培で生育障害、すなわち連作障害が発生する。

連作障害はその原因として、連作による土壌伝染性病原菌や土壌害虫の集積と、土壌の化学性の悪化すなわち連作による微量要素の欠乏、土壌の酸性化、塩類の集積などが原因とされている（農文協，1996）。

なぜ、連作することによって土壌病害が多くなるのかについては、今後の研究に待つところが多いが、連作すると同じ種類の作物の分泌物や残根が毎作土壌に蓄積し、微生物フロアが単純化し、ある特定の病原菌が活動しやすくなると言われている。連作によって減少した微生物フロアを元に戻す工夫、手段が必要である。たとえば土着の微生物を増殖する微生物賦活材等が必要と考える。小川（1987）は、炭がアルカリ性で有機物を含まないことから病原菌等の生育を抑制し、競争力の弱いVA菌根菌などの有用微生物の絶好の住処になると報告している。そこで、栽培する作物の根圏に必ず炭が存在するように、原姿のままの竹炭を植え穴下深さ10cmに埋設することによって、ホウレンソウの連作栽培を可能にする技術を確立した（野田，2004）。竹炭は多孔質で、その孔の断面は大小様々な管状構造をしており、孔径の大きさによって種々の微生物の棲み分けを可能にしている。また、すべての孔が外界に通じているために空気や水が通りやすく、微生物の絶好の増殖材で微生物フロアの単純化を防止する機能を持っている。特に有機物の分解を得意とする放線菌がよく着生すると言われている（岸本・池嶋，2001）ことから、連作によって供給される残根や分泌物も分解されやすい環境であると考えられる。また、竹炭は木炭類に比べてカリウム、マグネシウム、ナトリウム、ケイ素、マンガンおよび亜鉛をより多く含む（山根・景守ら，2001）。連作によって欠乏した微量要素を長期的にわたって補給することができる。また、アルカリ性で多

孔質でもあることから、連作による土壌の酸性化を矯正する働きを持っている。一方、塩類を孔質内に吸着する働きもあることから、連作によって蓄積する塩類の影響を軽減することができる。

他方では、土壌に吸着され難く、溶脱しやすい硝酸イオンの保持能力がある（森・藤野ら，2001）ことから、炭を利用した栽培は減化学肥料栽培にも繋がると考えられる。

竹炭を加えた連作障害が発生している不耕起の圃場にハウレンソウのセル苗を定植し、連作した結果、竹炭の施用は連作障害の発生に対し明らかな防止効果が認められた。また、新規に造成した圃場では年間9作、連続11作の栽培が可能であった。

なお、セル苗を順次、不耕起の圃場へ定植するこの栽培体系はハウレンソウのセル苗を手植えする必要があることから、大規模農家には不向きで、産直市等へ少量を多数回収・出荷する小規模農家に適する栽培システムと考える。圃場を作業可能な範囲で計画的に分割し、播種日をずらして育苗・定植することにより、少量を多数回、連続して収穫する作付け体系を組むことが可能であり、高齢者、女性等に対し軽作業での栽培を可能にする技術と考える。また、畝面を全面被覆することから、除草の必要もなく、施肥も生育を見ながら少量を施用することから、減農薬、減化学肥料栽培であり、安全、安心でかつ新鮮な野菜を継続的に栽培でき、小規模農家の多い中山間地域の野菜の生産振興に役立つ栽培技術と考える。

V 摘要

1. 幅1.1mの畝立てを行い、株間12cm、条間15cm、6条幅えの畝をつくる。6条を幅6cm、深さ10cm掘り下げ、竹炭原姿を条状に2kg/m²埋設する。畝面に3本の灌水チューブを敷設後、白黒タフマルチで白色面を上にしてマルチ張りを行う。2作日以降は不耕起の連続栽培の圃場とする。また、7月から9月までは遮光資材で遮光する。
2. ハウレンソウはセル苗を用い、収穫時期に合わせて計画的に播種する。また、5月から7月に播種する場合は晩抽性品種を用いる。特に6月まきは抽台し易いので極晩抽性品種を用いる。高温時の苗立ち率は品種「ミレイ」が優れる。

3. 育苗は288穴セルトレイに市販のスーパーミックスAを詰め、1穴当たり2粒播種する。7月から9月までは遮光する。

4. セル苗は2.5葉令を目途に、順次、圃場へ定植する。この方式で、年間9作の連作が可能となる。

5. 肥培管理は、初作日の畝立て前に、窒素、リン酸、加里を各々2kg/a施用する。2作日以降は、生育を見ながら、1回当たり0.5kg/aを、灌水チューブで液肥施用する。1作当たり1～2回の施用とする。

6. 竹炭による連作障害防止効果は、障害が既に発生している圃場でも高く、夏期の高温時でも、少なくとも4作が可能である。

7. 連作による障害は、夏期、特に梅雨明け後に発生がみられ、後作まで影響する。

8. 未耕土で新規に造成した圃場で、竹炭を施用することによって、連続して11作栽培しても連作障害の発生および収量低下も認められない。

引用文献

- 長谷川晴・深井誠一・諸隈正裕（2000）農作物の生育に及ぼす竹炭および竹酢の影響。香川大農学報52：85-90。
- 岸本定吉監修・池嶋庸元著（2001）竹炭・竹酢液の作り方と使い方―農業と生活に竹のパワーを生かす―。農文協：1-31。
- 新居宏延・高木和彦・前田浩典（2001）竹炭培地によるシンビジウムの切り花栽培（第1報）竹炭の種類・利用方法が生育開花に及ぼす影響。徳島農研報37：31-35。
- 西本登志・泰松恒男（1991）プラグシステムを用いたハウレンソウ・コマツナの移植栽培について。奈良農試研報22：90-91。
- 野田滋（2002）夏どり軟弱野菜をつくりこなす！セル成型苗利用によるハウレンソウの周年栽培と夏どり安定技術。農耕と園芸6：84-87。
- 野田滋（2004）竹炭を埋めたら夏ハウレンソウの連作障害がなくなった。月刊現代農業7：156-160。
- 農文協（1996）農業技術体系土壌施肥編5-④追録第7号：1-59。
- 森昭憲・藤野雅丈・竹崎あかね（2001）木炭の孔隙特性が硝酸イオンの保持機能に及ぼす影響。土肥誌72第5号：642-648。

小川眞 (1987) 共生微生物、菌根菌の利用と新資材の開発. 土肥誌58第4号: 500-504.

柴戸晴志・山本幸彦・豆塚茂実 (1990) 野菜栽培におけるセル成型苗の利用 (第2報) 隔離床による作付け回数. 福岡農総試研報B-10: 35-38.

山本幸彦・小野剛士・豆塚茂実 (1994) 野菜栽培におけ

るセル成型苗の利用 (第3報) セルの大きさと葉菜類の作付け回数. 福岡農総試研報B-13: 15-20.

山根健司・景守紀子・今村祐嗣・ニッ川章二・世良耕一郎 (2001) 木炭および竹炭の灰分に含まれる微量元素のPIXE分析. 京大木質科学研究所: 132-135.



図1 葉菜類のセル成型苗の栽培 (a) 葉菜類のセル成型苗の栽培 (b) 葉菜類のセル成型苗の栽培 (c) 葉菜類のセル成型苗の栽培

葉菜類のセル成型苗の栽培 (a)	葉菜類のセル成型苗の栽培 (b)	葉菜類のセル成型苗の栽培 (c)
セル成型苗の栽培 (a)	セル成型苗の栽培 (b)	セル成型苗の栽培 (c)
セル成型苗の栽培 (a)	セル成型苗の栽培 (b)	セル成型苗の栽培 (c)
セル成型苗の栽培 (a)	セル成型苗の栽培 (b)	セル成型苗の栽培 (c)



図2 葉菜類のセル成型苗の栽培 (a) 葉菜類のセル成型苗の栽培 (b) 葉菜類のセル成型苗の栽培 (c) 葉菜類のセル成型苗の栽培

セル成型苗の栽培 (a)	セル成型苗の栽培 (b)
セル成型苗の栽培 (c)	セル成型苗の栽培 (d)
セル成型苗の栽培 (e)	セル成型苗の栽培 (f)
セル成型苗の栽培 (g)	セル成型苗の栽培 (h)
セル成型苗の栽培 (i)	セル成型苗の栽培 (j)

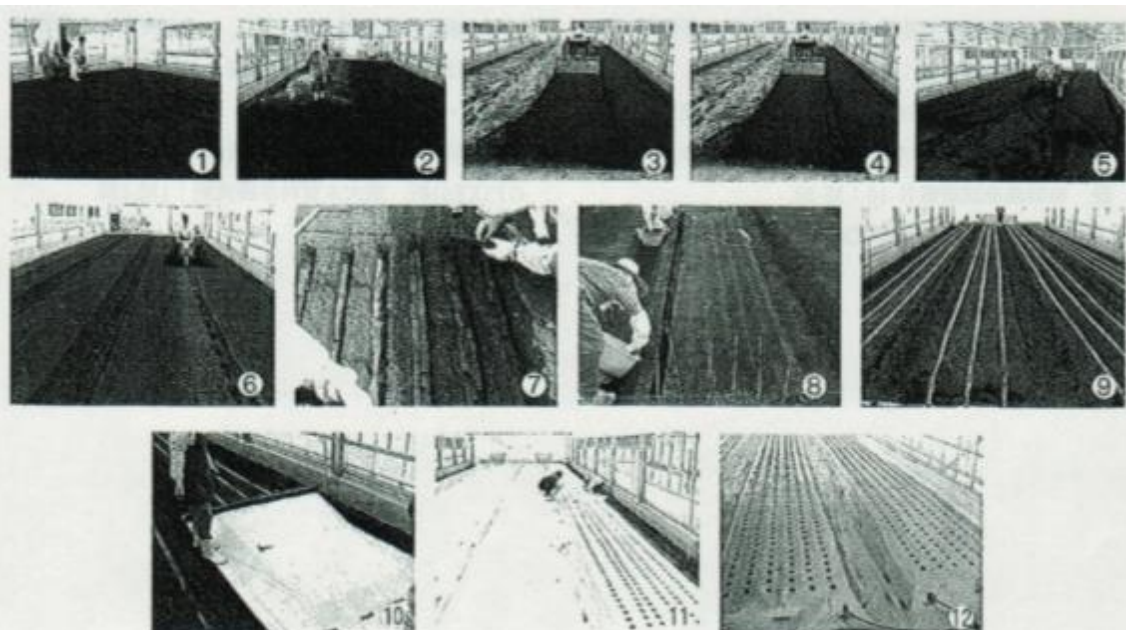


写真1 竹炭利用による不耕起、連続定植圃場の作業手順

- | | | |
|-----------------|-------------|------------------|
| 1. 有機物(パーク堆肥)散布 | 5. 耕耘(肥料混合) | 9. かん水チューブ設置 |
| 2. 土壌改良材(石灰等)散布 | 6. 畝立て | 10. マルチ(白黒ダブル)張り |
| 3. 耕耘、整地 | 7. 竹炭埋設 | 11. マルチ穴開け |
| 4. 肥料散布 | 8. 覆土 | 12. 不耕起、連続栽培定植圃場 |

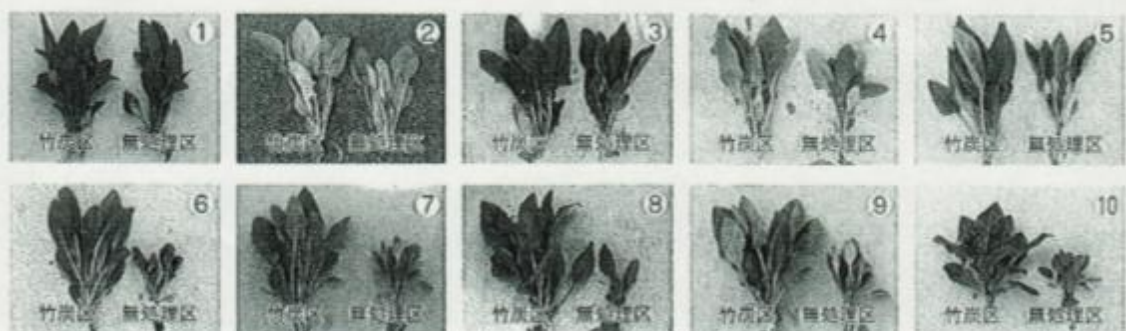


写真2 ホウレンソウ連続11作における竹炭の施用効果

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 連作2 (11/18~1/27) 品種: イーハートープ | 6. 連作7 (7/30~8/25) 品種: ミレイ |
| 2. 連作3 (3/20~4/14) 品種: ブレード | 7. 連作8 (8/26~9/16) 品種: イーハートープ |
| 3. 連作4 (5/20~6/9) 品種: アクティオン | 8. 連作9 (9/19~10/17) 品種: イーハートープ |
| 4. 連作5 (6/10~7/3) 品種: アクティオン | 9. 連作10 (10/23~11/25) 品種: アクティブ |
| 5. 連作6 (7/8~7/28) 品種: アクティブ | 10. 連作11 (12/15~2004.3/1) 品種: イーハートープ |