

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

日高 輝雄・木村 靖*・鶴山 浄真・藤井 宏栄・茗荷谷 紀文

Development of Super-forcing Cultivation Technology of Field Wasabi for Processing Raw Materials that can Harvest Flower Stems

HIDAKA Teruo, KIMURA Yasushi, TSURUYAMA Johshin,
FUJII Kouei and MYOUGATANI Norifumi

Abstract: Forcing cultivation technology for processing wasabi was developed to promote its cultivation in wasabi production areas and secure new growers and meet the growing demand for domestic processing of raw materials. In this cultivation method, seeds are sown from the end of May to the beginning of June in a greenhouse covered with a high-performance light-shielding material, and the seedlings are grown by the bottom water supply method. After planting in October and by maintaining the greenhouse warm from the middle of December, flower stems are harvested in February, and petioles and rhizomes used as a raw materials for processing are harvested in May. Using this cultivation method, the cultivation period is shortened from 20 months to 12 months. In addition, this cultivation method can obtain a high gross profit from a crop that grows from autumn to winter in a mountainous area. Furthermore, this cultivation method does not need the specific location like high altitude fields under the forest, which are extremely difficult to obtain, making it possible to start a new farm with wasabi cultivation.

Key Words: mountainous area, green house, shortening of cultivation period

キーワード: 中山間地域、施設化、短期栽培

緒言

本県中山間地域の特産野菜のひとつに畑ワサビがあげられる。平成25年特用林産基礎資料(林野庁)によると、その生産量は全国4位に位置付けられ、全国有数のワサビ産地となっている。畑ワサビは、練りわさび原料として大手加工業者に出荷されるとともに(第1図)、腋芽(ガニ芽と呼ぶ)や新葉は醤油漬け原料として地域の加工業者に出荷され、地域ぐるみの6次産業化に貢献している。さらに、ワサビの花茎(花わさびと呼ぶ)は、春の季節感を醸し出す高級食材として関西市場で人気を博し、生産者にとっては、冬期の貴重な収入源となっている(第2図)。しかし、生産者の高齢化と新規栽培者がほとんどいない現状の中、産地の規模は急速に縮小しつつある。

本県のワサビ栽培は、標高の高い林地を開墾して作った林間畑での栽培が大半を占めるものの、一部でハ

ウス促成栽培も行われている。林間畑は育苗および本ほ栽培に必須であるが、適地が限られるため規模拡大は困難で、いったん、自然災害を受けると復旧が難しい。さらに林間畑の入手はきわめて難しく、新規参入の障壁になっている。また、昨今の地球温暖化の進展により、高温によりワサビが枯れる「夏枯れ症状」が頻繁に発生するようになり、生産を不安定にしている。



第1図 練りわさび原料となる葉柄と根茎

*現在:退職

慣行の促成栽培でさえも、播種から収穫まで 20 か月以上かかり、そのうち、育苗は1年を要し、多大な労力を必要とするため、増反は容易ではない。その育苗も夏越しのための林間畑が必要であるため、促成栽培においても新規参入は難しい。

一方、消費者の本物志向、国産志向の高まりと中国産ワサビの生産不安定により 2010 年頃より国産ワサビの需要は伸びている。さらに、2017 年9月に全ての加工食品について、重量割合上位1位の原料の原産地を義務表示の対象とする新たな食品表示基準が設けられたことから、「国産」をアピールしたいメーカーの間では、国産ワサビの需要が高まってきた。しかし、前述のとおり、規模拡大と新規生産者の確保が難しいこと、栽培期間が長いことから需要に対応できていない。

筆者らは前述の課題を解決するために、播種から1年以内に収穫する作型を「超促成栽培」と名付け、その技術開発に取り組んできた。人工気象室内で苗を60日間育成し、9月下旬に定植し、冬期は2重保温をすることで、慣行促成栽培と同等以上の収量を得ることができた(廣林ら, 2010)。次に、温度調節や照明に係る経費の削減と地域資源の活用を目的に廃坑道内のLEDを活用したワサビの育苗技術を検討した(鶴山ら, 2011)。しかしながら、超促成栽培に利用可能な良苗が育成できたものの、これを事業化するに当たり、苗の販売希望価格と生産者の購入希望価格との間にかい離があり、実用化には至らなかった。

そこで、生産者が導入可能な簡易・低コスト型の夏期育苗技術の開発に着手し、その苗を用いて「花茎も収穫できるワサビの超促成栽培技術の開発」に一定の成果が得られたので、ここに報告する。

なお、現地試験を行うに当たり、御協力をいただいた山口県わさび生産者団体連絡協議会および周南市の関係者の皆様に深く感謝の意を表す。

また、本研究は、(国研)科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)、農林水産試験研究費補助金:農林水産業の革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)および農林水産省:農林水産業の革新的技術開発・緊急展開事業(地域戦略プロジェクト)の支援を受けて実施した。

材料および方法

1 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗法

1) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗と超促成栽培への適応

ワサビの低コスト夏期育苗技術の確立を目的に、植物による遮光および透水性育苗トレイの蒸発散による気化熱を活用した昇温抑制技術について、2013年にセンター内(標高31m)で品種「奥多摩」を対象に、処理区ハウスおよび対照区ハウスの2棟を用いて以下の試験を行った。

処理区ハウスは間口3.6m×奥行8mのパイプハウスを用いた。ハウス天井部にPOフィルムを展張し、外部に遮光率70%の遮光網(商品名:ダイオネット、ダイオ化成株式会社)を張り、10.5cmポリポットで育成したツルレイシをハウス外周部に50cm間隔で定植し、その蔓をハウス外部に這わせ「植物による遮光」を行った。さらに、ハウス内の地面が露出しないようにソルゴーを育成し、熱エネルギーを吸収・反射させ、



第2図 ワサビ花茎の発生状況(左)と収穫物(右)

暑熱対策とした（以下「処理区ハウス」という。）。対照区ハウスは間口6 m×奥行22 mのパイプハウスにP0フィルムを展張し、外部に40%遮光資材（商品名：ふあふあシルバー、ダイヤテックス株式会社）を展張した（以下「対照区ハウス」という。）。

水稻用育苗箱の上に給水マット（商品名：ジャームガード4 mm厚、東洋紡株式会社）を敷き、その上に育苗トレイを置き、片側から底面給水させ、反対側にかけて流した（以下「底面給水掛け流し法」という。第3図）。貯水槽に水位センサーを設置し、一定水位を維持するよう井戸水を給水した。

育苗資材として、128穴プラスチックセルトレイ、128穴ペーパーポット、固化培地（商品名：エクセルソイル、みのる産業株式会社）を128穴ペーパーポットに1穴おきに充填したものおよび200穴パルプモールドセルポット（商品名：ナウエルポット、井関農機株式会社）を比較検討した（第4図）。固化培地以外は、ヤンマー社製の育苗培地（N150）を用いた。なお、対照区ハウスではプラスチックセルトレイのみを供試した。

前述の底面給水させた水稻用育苗箱に育苗培地を充填し、8月1日に播種し、双葉展開時（8月14日）に育苗トレイにそれぞれ移植した。1区24株、3反復とした。育苗中の施肥として、底面給水の給水側の貯水槽にエコロング70日タイプを1トレイ当たり10 g施用し、溶け出した肥料成分が給水と同時に施用されるようにした。

10月19日に栽植密度800株/a（畝幅1.5 m、株間25 cm、3条植え）で間口6 m×奥行16 mのパイプハウス内に定植した。試験規模は、1区18株、3反復と

した。11月13日にP0フィルムを展張し、12月16日より2重被覆保温を開始した。基肥として窒素量で1.0 kg/a、追肥0.4 kg/aを施用した。

育苗時の培地温度、ハウス内の気温を測定するとともに8月22日に処理区ハウス及び対照区ハウス内の表面温度をサーモグラフィで撮影した。また、現地慣行栽培で用いられる70%遮光下と処理区ハウス内の光合成有効光量子束密度（PPFD）を測定した。さらに、定植時のワサビの生育および加工原料収量を調査した。

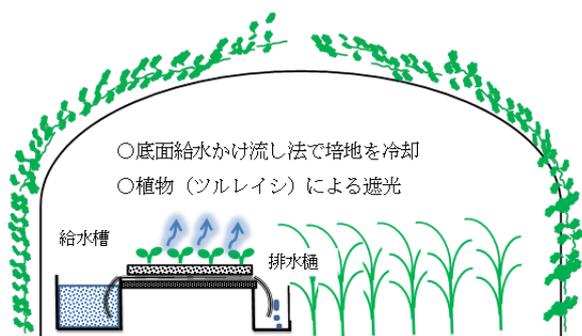
2) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗による花茎も収穫できる超促成栽培

8月播種作型ではワサビの花茎がほとんど発生しないことから、2014年にセンター内で播種時期を前進化させる試験を行った。

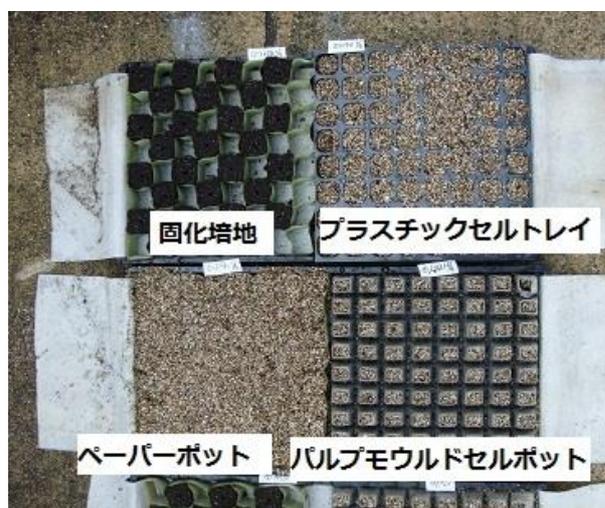
3月から7月までの各月の1の日に、培地を充填した水稻育苗箱に品種「奥多摩」を播種し、双葉展開時に128穴セルトレイに移植した。育苗は1-1)に準じて行った。ただし、ハウス内の地面が露出しないようにソルゴーに代わり、ローズグラスを育成した。

間口6 m×奥行25 mのパイプハウスを用い、10月6日に1区18株、3反復で定植し、11月7日にP0フィルムを展張し、12月25日より2重被覆保温を開始した。基肥として窒素量で1.0 kg/a、追肥0.4 kg/aを施用した。

定植時の苗の生育、花茎収量および収穫時の生育と加工原料収量を調査した。



第3図 植物を用いた遮光と底面給水掛け流し法によるワサビの夏期育苗概要図



第4図 使用した育苗資材に培地を充填した様子

2 中山間地におけるワサビ超促成栽培の実証

1) 中山間地における底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗

課題1では、ツルレイシをハウス外部に這わせて遮光する暑熱対策を活用したが、ツルレイシの育成に多大な労力を要すること、台風対策の支障になることから実用性に問題があった。

ワサビ産地は、夏期比較的冷涼な標高の高い地域に展開しているため、平たん地と同程度等の強遮光は不要と考え、現地実証を行うにあたり、ツルレイシでの遮光を高機能遮光資材（太陽光を高率に反射・拡散させる遮光資材；日本ワイドクロス株式会社製、商品名：らーくらくスーパーホワイト w65）に代替させた。本資材はイチゴ栽培の暑熱対策として効果が認められている（鶴山，2017）。

山口県岩国市錦町向峠のU氏のハウス（間口6 m×奥行30 m、標高400 m）に高機能遮光資材を展張し、内部に底面給水かけ流し育苗ベンチを設置した（第5図、第6図）。山水（湧水）を自然落差でプラスチックパイプを通して貯水槽に導き、オーバーフローする水はハウスの外に排水して一定の水位を維持した。2015年6月1日、6月15日、7月1日に培地を充填した水稻育苗箱に品種「賀茂自交」を播種し、双葉展開時に128穴プラスチックセルトレイに移植して、底面給水掛け流し法により育苗した。育苗中の施肥は、1トレイ当たり5gの緩効性肥料（商品名：マイクロロング70日タイプ）を本葉展開時にトレイ上に散布し、育苗後半は液肥を適宜施用した。

6月播種苗は9月14日に、7月播種苗は10月13日に成苗率、草丈を調査した。調査株数はセル1列（8株）の9反復とした。

周南市が運営する周南市鹿野のワサビ苗増殖施設「あぐりハウス」において、鉄骨温室の外部（間口7.2 m×奥行25 m、標高400 m）に高機能遮光資材を、内部に遮光カーテン（遮光率40%程度）を展張し、温室内に底面給水かけ流し育苗ベンチを設置した（第7図）。貯水槽に水位センサーを設置し、一定の水位を維持するよう水道水を給水した。組織培養で増殖したワサビ苗「k2（周南市鹿野で選抜された優良株）」を2015年5月から6月にかけて128穴セルトレイに移植し、順化した苗を底面給水かけ流し育苗ベンチに移動させ、苗を養成した。同一の温室の中に、128穴セルトレイをベンチに並べ、頭上灌水する無処理区を設けた。育苗中の施肥は、現地の慣行法により液肥を適宜

施用した。

セル1列（8株）の16反復を対象に、9月18日に成苗率を調査した。

2) 中山間地における花茎も収穫できる超促成栽培の実証

平坦地での試験では、6月上中旬播種で128穴セルトレイを用いて夏期育苗を行い、10月上旬に定植することで、2月から3月にかけてワサビの花茎が収穫でき、加工原料収量も現地慣行栽培と同水準の収量が得られた。そこで、現地（標高400 m程度）でこの成果が適用できるかを実証した。



第5図 高機能遮光資材を展張したU農園ハウス

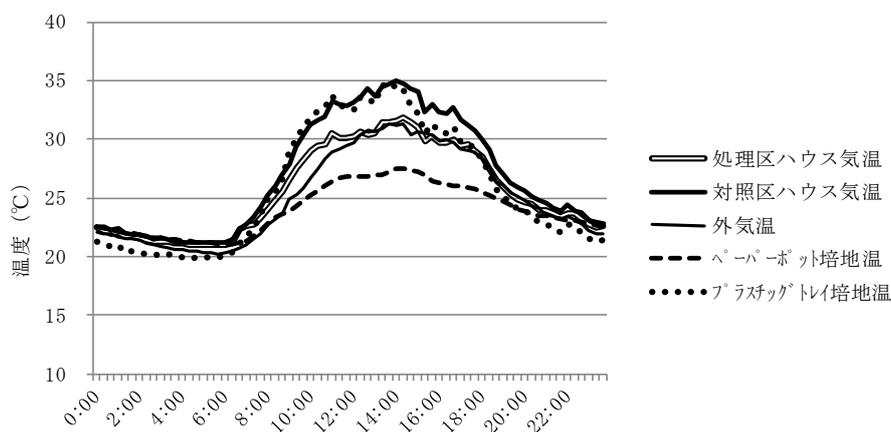


第6図 U農園に設置した底面給水掛け流しベンチ



第7図 あぐりハウスに設置した底面給水掛け流しベンチ

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発



第8図 ワサビ夏期育苗時の気温および培地温の推移
(2013年8月26日～28日の平均)

2016年5月6日、6月1日、6月15日、7月1日、8月1日に培地を充填した水稻育苗箱に播種し、それぞれの苗を双葉展開時に128穴セルトレイおよび72穴セルトレイに移植した。ただし、5月6日播種区は苗立ち数が少なかったため、128穴セルトレイのみとし、7月1日播種72穴区は、立枯病が多発したため試験区より除外した。移植後、U農園の底面給水掛け流しベンチにセルトレイを置き、苗を養成した。育苗中の施肥は、1トレイ当たり5gの緩効性肥料(商品名:マイクロロング70日タイプ)を本葉展開時にトレイ上に散布し、育苗後半は液肥を適宜施用した。

5月および6月播種苗は9月28日に、7月播種苗は10月26日に、8月播種苗は11月6日に苗の生育を調査した。

U農園のハウス(間口7.2m×奥行30m)において6月1日および15日播種苗は10月11日に、7月播種苗は10月26日に、8月播種苗は11月4日に定植した。栽植密度は880株/a(畝幅1.8m、株間25cm、4条植え)とし、施肥は現地慣行法とした。

1区24株、3反復とし、花茎収量は全株を、生育および加工原料収量は12株を調査対象とした

山口市阿東生雲のN農園(標高370m)のハウス(間口6m×奥行20m)において、U農園で育成した5月播種苗、6月1日および15日播種苗を9月28日に、7月播種苗を10月26日に定植した。栽植密度は、800株/a(畝幅1.5m、株間25cm、3条植え)とし、施肥は現地慣行法とした。1区18株、3反復とし、花茎収量は全株を、生育および加工原料収量は12株を調査対象とした。

いずれのハウスも12月中旬から保温を開始し、厳寒期は2重被覆保温を行った。

結果

1 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗法

1) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗と超促成栽培への適応

日中の対照区ハウスでは外気温より2~3°C高く推移したのに対し、処理区ハウスの気温は、外気温とほぼ同等に推移した(第8図)。プラスチックトレイの培地温に対し、ペーパーポット、固化培地、ハルプモウルトの培地温は最大で7°C低く推移し、外気温が30°Cを超えても、培地温は27°C程度にとどまった(第8図)。この時の貯水槽の水温は26°C前後であった。

サーモグラフィ画像によると、晴天時の処理区ハウスの育苗トレイおよび周辺部は30°C程度であったのに対し、対照ハウスの育苗トレイの周辺部は38°Cを超える高温環境であった(データ省略)。

また、晴天日のPPFDは、現地慣行の遮光率70%の遮光資材のみの場合は $394 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、であるのに対し、処理区ハウスでは $101 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、約1/4に下がっていた(第1表)。

第1表 光合成有効光量子束密度の比較 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

処理区ハウス ^z	遮光のみハウス ^y	露天
101	394	1594

^z 70%遮光資材を展開し、その上にツルレイシを這わせた

^y 70%遮光資材のみを展開

注) 2013年8月28日14時(晴天)に10カ所測定

第2表 異なる育苗方法がワサビ苗および定植初期の生育に及ぼす影響 (センター内、2013年)

処 理 方 法		定植時の苗の生育 ^z				定植1か月後の生育 ^y		
		成苗率 (%)	葉齡 (葉)	草丈 (cm)	葉長 (cm)	生葉数 ^x (枚)	草丈 (cm)	葉長 (cm)
遮光方法	育苗資材							
	プラスチックセルトレイ	90.3 ab	3.1	8.4	3.1 ab	4.6 a	21.3	9.5
ツルレイシ+70% 遮光資材 (処理区ハウス)	ペーパーポット	88.7 ab	3.1	8.0	3.1 ab	4.2 ab	19.7	9.3
	固化培地	95.8 a	3.0	8.1	3.1 ab	4.3 ab	20.2	9.6
	パルプモールドセルポット	84.3 ab	2.8	6.8	2.5 b	3.1 b	16.7	7.6
40%遮光資材 (対照区ハウス)	プラスチックセルトレイ	63.3 b	3.5	9.4	3.8 a	4.1 ab	19.0	9.0
分散分析		*	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	n. s.

z 2013年10月13日調査、24株×3反復

y 2013年11月20日調査、12株×3反復

x 直径5 cm以上の葉をカウントした

成苗率は角変換後統計処理した

*: 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

処理区ハウスにおける各区の苗の成苗率は、いずれの育苗資材も80%以上であった(第2表)。供試した育苗資材で培地温が最も高かったプラスチックセルトレイにおいても高い成苗率で生育も良好であった(第9図)。定植1か月後の生育は、パルプモールドポットがやや劣った(第2表)。

処理区ハウス苗のいずれの区も収穫時の株重は1 kgを超え、収量も多かったが、対照区ハウス苗はそれらよりやや劣った(第3表)。現地慣行の促成栽培が生育期間20か月で目標収量350 kg/aであるのに対し、処理区ハウス苗では播種から8か月で600~700 kg/aと短期間で高い収量が得られた。なお、この作型では花茎の発生はほとんど見られなかった。

以上のことから、植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いることでワサビの夏期育苗が可能であること、その際には広く普及しているプラスチックセルトレイが利用できること、育成した苗により超促成栽培が可能となることが明らかとなった。

2) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗による花茎も収穫できる超促成栽培

定植時の苗の大きさは、5月播種区が最も大きく、次いで3月と4月播種区であったが、3月と4月播種区は古い葉の落葉が認められ、生葉数はやや少なかった



第9図 定植時の苗の姿

左からペーパーポット、プラスチックセルトレイ、固化培地、パルプモールドセルポット

た(第4表)。6月と7月播種区は相似た生育を示したが、7月播種区は欠株が多く、そのため、残存株は生育が進んでいた(第4表)。いずれの播種期も2月初旬より花茎の収穫が始まり、3月末で終了した(第10図)。7月播種区の花茎収量は、他区に比べ、著しく少なかった。3月~6月播種区の中では、5月播種区が多い傾向にあったが、有意な差ではなかった。収穫時の生育は、いずれの区も有意な差は認められなかった(第4表)。調製重もいずれの区も有意な差は認められず、換算収量は、320~400 kg/aと現地慣行栽培と同程度であった。

以上のことから、平坦地において6月以前に播種することで、花茎も採れる超促成作型が成立することが明らかになった。

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

第3表 異なる育苗方法がワサビの生育および収量に及ぼす影響 (センター内、2013年)

処 理 方 法		株重	草丈	葉柄数 ^z	調製重	換算収量 ^y
遮光方法	育苗資材	(kg)	(cm)	(cm)	(g)	(kg/a)
	プラスチックセルトレイ	1.12 ab	80.2	38.6	844 ab	675
ツルレイシ+ 70%遮光資材 (試験ハウス)	ペーパーポット	1.18 ab	81.0	37.9	840 ab	672
	固化培地	1.23 a	80.5	40.5	891 a	713
	パルプモールドセルトレイ	1.06 ab	77.1	37.4	740 ab	592
40%遮光資材 (対照ハウス)	プラスチックセルトレイ	0.84 b	75.7	28.9	575 b	460
分散分析		*	n. s.	n. s.	*	-

2014年4月22日調査、1区12株×3反復

z 葉身の直径が5 cm以上の葉柄をカウントした

y 800株/aで換算

* : 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

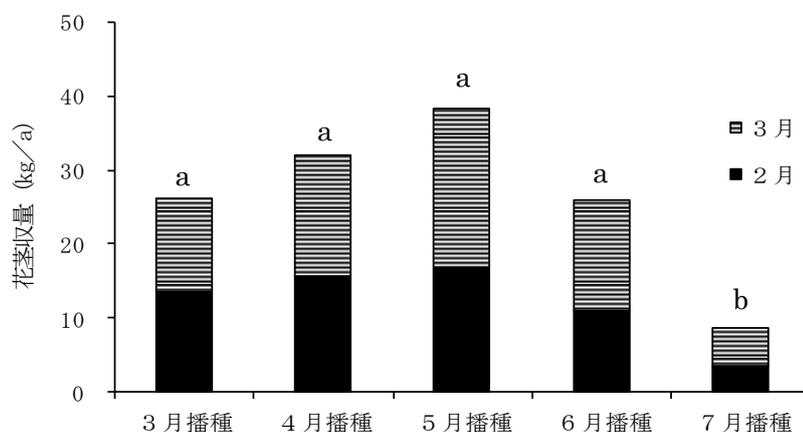
第4表 播種期の違いがワサビ苗の生育および加工原料収量に及ぼす影響 (センター内、2014年)

播種期	定植時の生育 ^z		収穫時の生育・収量 ^y				換算収量 ^x
	生葉数 (葉)	草丈 (cm)	株重 (g)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	調製重 (g)	
3月	3.0 bc	13.3 b	685	57.0	31.2	410	328
4月	2.7 c	13.6 b	814	63.5	38.2	504	403
5月	3.6 ab	16.4 a	710	59.8	33.2	404	323
6月	3.8 a	9.7 c	687	61.3	35.2	419	335
7月	3.6 ab	9.0 c	786	61.3	39.1	494	395
分散分析	**	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-

z n=36、2014年10月6日定植 y 2015年4月30日収穫、12株×3反復 x 800株/a

** : 1%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には1%水準で有意差あり



第10図 異なる播種期がワサビ花茎収量に及ぼす影響 (センター内、2014年)

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

2 中山間地におけるワサビ超促成栽培の実証

1) 中山間地における底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗

U農園では6月1日および6月15日播種はいずれも高い成苗率であった(第5表)。7月1日播種の成苗率はこれらより有意に低かった。播種が遅いほど定植時の生育が優れる傾向にあった。

また、あぐりハウスでは、底面給水掛け流し育苗(処理区)により、ほぼ90%の成苗率であったのに対し、慣行法(無処理区)では約3/4が枯死した(第6表)。

以上により中山間地において、高機能遮光資材および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗の実用性が実証された。

2) 中山間地における花茎も収穫できる超促成栽培の実証

U農園における5月6日播種から7月1日播種区の定植時の苗の生育はいずれも良好で区による差はなかったが、育苗日数の短い8月1日播種区はやや劣り、特に最大葉長が短かった(第7表)。また、セルポットの大きさによる苗の生育に差は認められなかった。

U農園の花茎収量は、セルポットの大きさを問わず、6月1日播種、6月15日播種区とも同等であった(第11図)。7月1日播種、8月1日播種区は、これらより著しく少なかった。

第5表 U農園における夏期育苗の成苗率(2015年)

試験区	成苗率 (%)	草丈 (cm)
6月1日播種	88.9 a	9.1 c
6月15日播種	97.2 a	11.5 b
7月1日播種	76.4 b	15.4 a
分散分析	**	**

6月播種は9月14日、7月播種は10月13日調査

セル1列(8株)×9反復調査

成苗率は角変換後に統計処理を行った

** : 1%水準で有意差あり

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第6表 あぐりハウスにおける夏期育苗の成苗率(2015年)

試験区	成苗率 (%)
処理	89.6
無処理	26.4
分散分析	**

セル1列(8株)×16反復

9月18日調査

成苗率は角変換後に統計処理を行った

** : 1%水準で有意差あり

第7表 播種期とセルポットの大きさが定植時の苗の生育に及ぼす影響(U農園、2016年)

試験区		生葉数	最大葉長	育苗日数
播種期	セル数	(枚)	(cm)	(日)
5月6日	128	3.3 b	11.7 a	145
	72	3.7 ab	13.3 a	
6月1日	128	3.8 ab	13.2 a	120
	72	3.4 b	12.3 a	
6月15日	128	3.8 ab	13.6 a	105
	72	4.2 a	11.0 a	
7月1日	128	3.3 b	4.7 b	96
	72	3.3 b	6.3 b	
分散分析		*	**	

5、6月播種は9月28日、7月播種は10月26日、8月播種は11月6日に中庸な16株を調査

** : 1%水準で有意差あり * : 5%水準で有意差あり

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

N農園の花茎収量は、5月6日播種、6月1日播種および6月15日播種区とも同等の収量であった（第12図）。7月1日播種区は、これらより少ない傾向にあった。

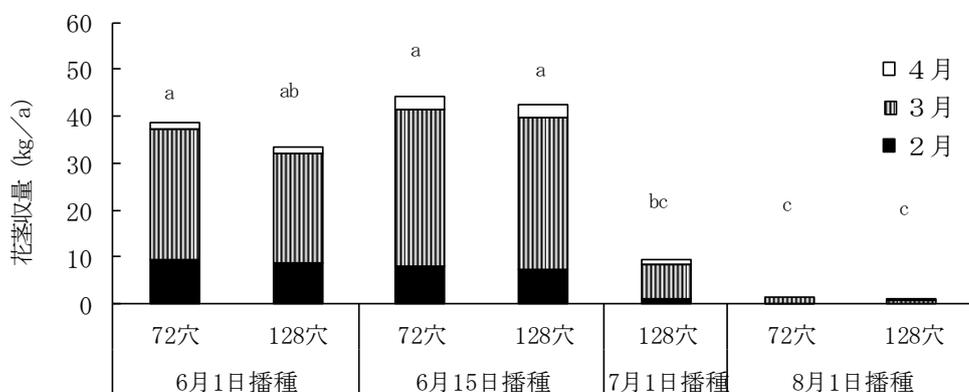
定植後の生育の推移は、両農園とも2月までは5月～6月播種区が7月～8月播種区より優れたが（データ省略）、いずれも2月以降に生育旺盛に転じ、収穫時にはほぼ同等になった（第8表、第9表）。

U農園、N農園ともに加工原料収量は、いずれの播種期もほぼ同等であった（第8表、第9表）。

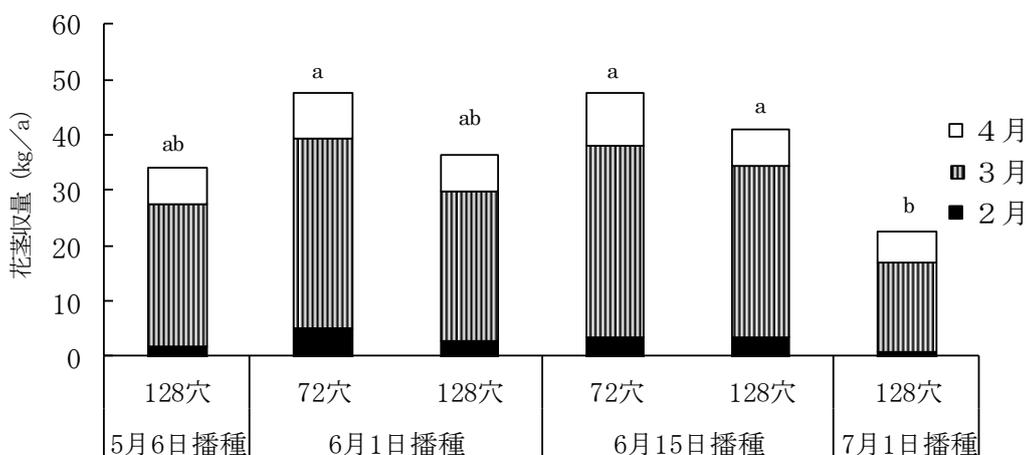
換算収量は、N農園で515～651 kg/aと多収性を示したが、U農園では、根こぶ病が発生したためN農園の半量程度となった。

次に、播種期とセル数の対応のある区を抽出して、播種期とセル数の各要因の効果を検討すると、N農園の花茎収量ではセル数に有意差が認められたが、それ以外の苗の生育、U農園の花茎収量、U農園およびN農園の収穫時の生育・収量に有意な差がなく、交互作用も認められなかった（第10、11、12、13、14表）。

以上のことから、中山間地において6月15日以前に播種することで花茎も収穫できる超促成作型が成立し、その際には育苗効率の点から128穴セルトレイの使用が有効であることが明らかになった。



第11図 播種日とセルポットの大きさがワサビ花茎収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)
注 Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり



第12図 播種期とセルポットの大きさがワサビ花茎収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)
注 Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第8表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		株重 (g/株)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	換算収量 ^z (kg/a)
播種期	セル数				
6月1日	72	505.5	52.2	28.3 ab	313
	128	515.5	53.1	23.9 ab	303
6月15日	72	512.0	54.3	24.8 ab	289
	128	538.6	53.0	36.2 a	325
7月1日	128	374.5	51.6	23.0 b	222
8月1日	72	406.6	56.7	27.3 ab	242
	128	325.0	50.0	23.1 ab	190
分散分析		n. s.	n. s.	*	n. s.

^z 練りわさび原料収量として、面積換算 (880株/a)

* : 5%水準で有意差あり、n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第9表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試験区		株重 (g/株)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	換算収量 ^z (kg/a)
播種期	セル数				
5月6日	128	1002.4	65.5	40.8	624
6月1日	72	932.1	67.1	33.3	577
	128	961.1	66.0	35.2	606
6月15日	72	831.4	67.1	32.1	515
	128	899.8	63.9	32.1	519
7月1日	128	1082.7	67.9	39.6	651
分散分析		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z 練りわさび原料収量として、面積換算 (800株/a)

n. s. : 有意差無し

第10表 播種期とセルの大きさが苗の生育に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		生葉数 (枚)	最大葉長 (cm)
播種期	セル数		
6月1日	128	3.7 a	13.3 a
	72	3.8 a	13.2 a
6月15日	128	3.4 a	12.3 a
	72	3.8 a	13.6 a
8月1日	128	3.3 b	4.7 b
	72	3.3 b	6.3 b
播種期		*	**
分散分析 セル数		n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.

*は5%水準、**は1%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第11表 播種期とセルの大きさが花茎収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		収量 (kg/a)
播種期	セル数	
6月1日	128	34.3 a
	72	38.5 a
6月15日	128	42.3 a
	72	44.0 a
8月1日	128	0.9 b
	72	1.3 b
播種期		**
分散分析 セル数		n. s.
交互作用		n. s.

** : 1%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には1%水準で有意差あり

考 察

第12表 播種期とセルの大きさが花茎収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試 験 区		収量
播種期	セル数	(kg/a)
6月1日	128	36.5
	72	47.8
6月15日	128	41.2
	72	47.6
播種期		n. s.
分散分析	セル数	*
交互作用		n. s.

* : 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

第13表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試 験 区		株重	草丈	葉柄数	換算収量 ^z
播種期	セル数	(g/株)	(cm)	(本)	(kg/a)
6月1日	72	505.5	52.2	28.3	313
	128	515.5	53.1	23.9	303
6月15日	72	512.0	54.3	24.8	289
	128	538.6	53.0	36.2	325
8月1日	72	406.6	56.7	27.3	242
	128	325.0	50.0	23.1	190
播種期		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
分散分析	セル数	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

z 練りわさび原料収量として、面積換算 (880株/a)

n. s. : 有意差無し

第14表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試 験 区		株重	草丈	葉柄数	換算収量 ^z
播種期	セル数	(g/株)	(cm)	(本)	(kg/a)
6月1日	72	932.1	67.1	33.3	577
	128	961.1	66.0	35.2	606
6月15日	72	831.4	67.1	32.1	515
	128	899.8	63.9	32.1	519
播種期		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
分散分析	セル数	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

練りわさび原料収量として、面積換算 (800株/a)

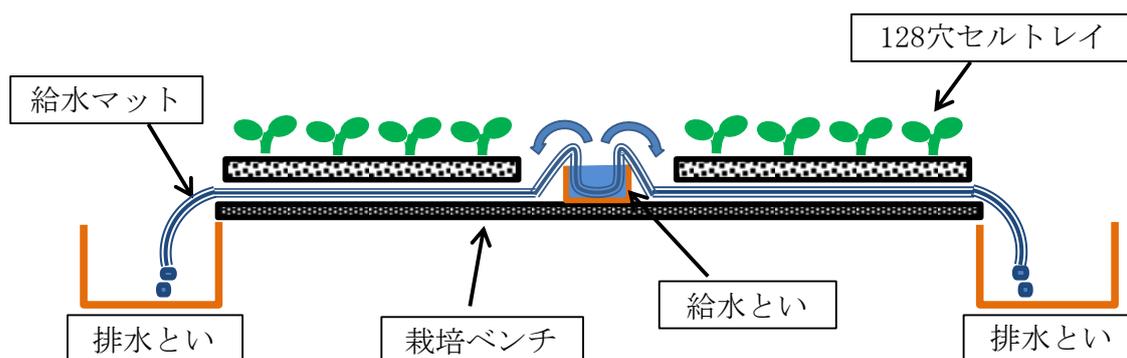
n. s. : 有意差無し

1 底面給水掛け流し法によるワサビ夏期育苗

6月11日から8月30日にかけて7回播種し、雨よけハウスの遮光条件下(山口市阿東徳佐、旧山口県農業試験場徳佐寒冷地分場、標高312 m)で育苗した場合、成苗率は0~8.6%と著しく低く、実用性を認めなかった(廣林ら、2010)。

次に、人工気象室や廃坑道を利用することにより良苗の育成に成功したが、苗の生産コストの低減が実用化への課題となった(廣林ら、2010、鶴山ら、2012)。

そこで、ツルレイシによりハウスを遮光し、その中で底面給水掛け流し法により苗を養成したところ、平坦地においても実用に耐えうる苗を育成できた。この時のPPFDは、 $101 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で、人工光栽培(田中ら、2008)での設定値に近い値であり、ワサビにとって好ましい光環境であったと言える。次に、透水性のあるセルポットでは気化熱により培地温が下がっていたが、透水性のないプラスチックセルトレイはこれらより最高で7°Cも高かった。しかし、成苗率、生育とも透水性のセルポットと同等であり、かつ、広く普及している資材であることから、以後はプラスチックセルトレイを使用することにした。プラスチックセルトレイが良好な生育を示すのには、底面給水掛け流しで培地温を下げる効果に加え、ワサビの辛みの主成分であるアリルイソチアネートの他感作用が関与しているのではないかと考える。藤井(2004)はアブラナ科作物のカラシナの他感作用候補物質としてアリルイソチアネートを同定し、草川ら(2000)はカラシナのアリルイソチアネートがレタスとアオビユの発芽を抑制することを明らかにしており、アリルイソチアネートは生育を抑制する作用があると考えられる。ワサビの夏期の慣行育苗ではほとんどが枯死してしまうこと(廣林ら、2010)や連作障害が認められることは、ワサビ自らが生成したアリルイソチアネートによる他感作用が関与し、生育が抑制されるのではないかと推察される。ところが、底面給水掛け流し法では、セルの底穴から給水マット内に根が伸長すると生育が良好になる現象が認められる。底面給水掛け流しにより培地内のアリルイソチアネートをはじめとする他感物質が洗い流され一定濃度以上にならないことに加え、アリルイソチアネート等の濃度がきわめて低い給水マット内に根が伸長していることにより生育不良を免れているのではないかと考えられる。この機作の解明や他感



第13図 底面給水掛け流し法改良型

作用による連作障害との関係については、今後の研究の展開を期待したい。

2016年度にセル数(72穴と128穴)と播種期を組み合わせた実証試験を行った。このうち、播種期とセル数の対応のある区を抽出して各要因の効果を検討したところ、一部を除き培地容量の大きい72穴セルの優位性は認められなかった。夏期は緩やかな生育を示すので、培地容量の小さい128穴セルトレイでも育苗期の生育抑制が生じなかったと考える。したがって、育苗効率の良い128穴セルトレイを選択することが適切と判断した。

初期の底面給水かけ流しでは、給水槽から給水マットで吸い上げて、反対側に掛け流す方法をとっていたが、極暑日には、吸い上げる部分が乾燥して、水の流れが途絶えることがたびたびあった。そこで、給水槽から吸い上げる方式から吸い下げる方式に変えることで、安定した水の流れを維持することが可能になった(第13図)。

平坦地では、ツルレイシをハウスの外部に這わせることによりハウスの遮光を行ったが、ツルレイシの育成に労力を要することや台風対策の障害になることから、実用面で問題があった。そこで太陽光を高率に反射・拡散させる遮光資材「高機能遮光資材」に代替させたところ、実用性を認めた。また、あぐりハウスでは、外部に高機能遮光資材、内部に40%程度の遮光資材を展張したところ、苗の成苗率が高い水準で安定し、良苗の安定生産ができるようになった。中山間地では、ハウス外部に高機能遮光資材とハウス内部に40%程度の遮光資材の併用を推奨したい。

現在、周南市がこのワサビ超促成栽培と夏秋トマトの輪作経営で新規就農を促進・支援する「就農支援パッケージ事業」を実施している。この事業の中でハウスを導入し、トマトとワサビの育苗施設として利用し、

第15表 ワサビの底面給水掛け流し育苗に係る経費

項目	金額(円)	前提条件など
育苗ハウス ^z	35,400	180 m ² 、リース、トマトと共用
育苗施設	24,400	8年償却
育苗資材	72,400	種子 ^y 、給水マットなど
合計	132,200	
1トレイ当たり	1,650	80トレイ(1万株)育苗
1株当たり	17	成苗率80%

注) 10a分を自家育苗、労賃は含まない

z 関係機関資料抜粋

y 種子購入

自家育苗する場合には、1株当たりの苗代が17円(労賃含まず)と試算される(第15表)。高冷地で育成された培養苗が150~185円/株で流通している実態を踏まえれば、コスト面においても十分生産者が導入できる技術と考える。さらに、育苗に標高の高い林間畑を使用しないので、林間畑を所有しない者でもワサビ栽培に新規参入できる。

2 花茎も収穫できるワサビ超促成栽培

センター内で2013年8月1日に播種した作型では、花茎はほとんど発生しなかった。ワサビの花芽分化は緑色植物感応型であり、播種1年後の株で茎径が10~15mm以上に肥大した後に15℃程度の低温に感応し、10月15~20日頃(標高312m地点)花芽分化するという報告がある(坂井ら, 2002)。そこで、秋期の生育量の確保のため、9月下旬から10月上旬を定植期とし、播種時期を前進化させて6月15日以前に播種すると、40kg/a程度の花茎を収穫することができた。しかし、わずかに15日後の7月1日の播種では花茎はほとんど収穫できなかった。本作型では、現地慣行法に倣って、育苗箱に筋播種し、本葉展開時に育苗トレイに移植している。6月15日播種が9月下旬~10月

上旬に定植可能な苗になるのに対し、7月1日播種の場合、移植直後に梅雨が明けて、高温により活着および根鉢の形成が遅れるため、定植が10月下旬まで遅れてしまう。従って、十分な花芽分化の期間が得られないまま本格的な冬を迎え、生殖成長期から栄養成長期へ転換してしまうものと考えられる。本試験では6月15日以前に播種すれば花茎が収穫できる結果であったが、梅雨明けが早い年や空梅雨のリスクを想定して、実際の営農の場面では5月下旬から6月初旬播種が良いと考える。

一方、加工原料収量のみに着目するならば、3月から8月播種の範囲内では、いずれの播種期でも同等の収量が得られた。これは、遅い播種期でも2月以降、旺盛な生育に転じるためである。一般的に越年生植物は冬期の環境に対する自衛手段として、矮化し休眠する現象が見られる。ワサビも同様に一旦、自発的休眠に入った後に低温遭遇により休眠打破され、その後の保温により他発的休眠から覚醒し、生育が旺盛に転じるものと考えられる。実際、ワグナルポットに移植したワサビを11月中旬より順次ハウス内に移し、保温を開始すると、12月中旬以降に保温開始した区は11月中旬から保温開始した区より生育が著しく旺盛になる現象が認められている(日高・重藤, 2018)。保温開始時期の決定は、本作型のポイントとなることから次稿で検討を深めたい。

葉ワサビが対象であるが、10月上旬に地床に直播するハウス促成栽培の作型が検討されている(春木ら, 1987)。加工原料生産に特化した超促成栽培においても9~10月播種作型が確立できれば、ホウレンソウ等の夏秋野菜と加工原料用ワサビの超促成栽培との輪作組み合わせの自由度が高まり、多彩な輪作体系を提案することができる。

超促成栽培では短期間で成長するため、加工原料としての辛み成分が不足するのではないかと指摘を受けられることがある。共同研究機関において、成分分析や官能試験を行ったところ、加工原料としては従来のものと遜色ないと回答を得ている。

超促成栽培では5~6月に播種を行うため、当年採種の種子は十分な登熟期間を確保できないことと休眠の問題で使用することができない(中野ら, 1990)。そのため、前年に採種し貯蔵した種子を使用する必要がある。現地慣行法では、6月に採種し、湿った砂と一緒に袋に詰め、山中に埋設し、秋期に掘り出して、播種を行っている。これをそのまま山中においた場合、

3月中下旬に袋の中で発芽が始まってしまい、6月まで貯蔵することができない。現地試験を行ったU農園では、3月初旬に袋を掘り出し、自然条件下で種子の中央部が凹むほど乾燥させた後、氷温で貯蔵することで1年以上の種子の貯蔵を可能としており、この貯蔵法は中野らの報告(1990)とよく似ている。また、本研究の共同研究機関である静岡県農林技術研究所では、シリカゲルやリン酸溶液を用いて乾燥処理を施した種子を冷凍することで複数年の種子保存に成功している(本間ら, 2015、馬場, 2019)。本技術を使えば、2~3年の種子貯蔵が可能となり、天候不順等により採種量が少ない年であっても、種子の確保ができる。

3 花茎も収穫できるワサビ超促成栽培の導入のメリット

ワサビの花茎は「花わさび」として関西市場では人気を博し、京都市場においては静岡県に次ぐ主産地となっている。しかし、生産者の高齢化や育苗に1年かかり多労を要することから生産量は減少している。超促成栽培は育苗期間を4か月に短縮し、1年1作であることから「花わさび」の増産に活用できる作型である。さらに、加工原料としても1年1作であるので、実需者との契約栽培が行いやすく、実需者においては原料の計画的確保、生産者にとっては安定価格が保証され、互いにウィンウィンの関係が構築できる。加えて、育苗と本播栽培ともに林間畑を使わないので、林間畑を保有しない人がワサビ栽培に参入でき、新規栽培者の確保に貢献できる。

慣行作型では、地球温暖化の進展によって、酷暑年には「夏枯れ」が発生し、生産を不安定にしているが、本作型では初夏までに収穫するので、地球温暖化対応策にもなる。

中山間地の施設栽培では、夏秋野菜が中心で、秋冬作は収益性の高い品目が見当たらず、さらに雪害の怖れから作付しない場合が多い。和食ブームの追い風もあって、「花わさび」の価格は安定しており、400 kg/10a収穫できれば約70万円の粗収益が見込まれる。さらに、加工原料が5 t/10a収穫できれば約170万円の粗収益が得られ、合計で240万円程度の粗収益が見込まれる。収穫・調製作業に多労を要する問題点もあるが、中山間地の秋冬期の作物としては収益性が高いと考える。

亀田ら(2006)は耐雪型ハウスを用いて、夏秋トマトと葉ワサビの輪作栽培体系について検討している

が、ワサビの苗の確保とコストが実用化する上での課題であるとしている。超促成栽培技術はこの課題を克服し、夏秋トマトとワサビの輪作体系、あるいは複合経営体系の社会実装を可能にするものとする。今後、ワサビ超促成栽培を核とした産地振興と新たな担い手の確保に向けて、夏秋期の作物との複合経営、あるいは輪作での高収益モデルの構築と現地への提案を行いたい。

摘 要

ワサビ産地の維持・拡大と新規参入者の確保および国産加工原料の需要の高まりに応えるために、播種から1年以内に収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術を開発した。本栽培法では、5月下旬から6月初旬に播種し、高機能遮光資材による暑熱対策を施したハウスの中で底面給水かけ流し法によりセル成形苗(128穴)を育成し、10月上中旬に定植する。12月中下旬から保温を開始すると2月より花茎が収穫でき、5月には加工原料として葉柄と根茎が収穫できる。花茎400 kg/10a程度、加工原料が5 t/10a程度の収量が得られるので、花茎で約70万円、加工原料で約170万円、合計で240万円程度の粗収益が見込まれ、中山間地の秋冬期の作物としては収益性が高いと考える。この栽培法では標高の高い林間畑を使わないので、林間畑を所有しない者でもワサビ栽培に新規参入が可能である。

引用文献

- 馬場富士夫. 2019. 地域の農林水産業の競争力強化を支える革新技術. In press. (国研) 農研機構生物系特定産業技術研究支援センター. 神奈川.
http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/chiiki/yasai_kaki/result-3-07.html
- 藤井義晴. 2004. 他感作用の検定法の開発と他感作用候補物質の同定. 日本土壌肥科学雑誌. 75(5). 557-560.
- 春木和久・中川善紀・上野良一. 1987. ビニルハウス利用によるワサビ栽培. 島根農試研報. 22. 37-47.
- 日高輝雄・重藤祐司. 2018. ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育及び収量に及ぼす影響(第

- 3報). 園芸学研究. 17(別2). 490.
- 廣林祐一・古江寿和・杉山久枝・日高輝雄. 2010. ハウスワサビの夏播き作型の開発. 山口農林技セ研報. 1. 31-36.
- 本間義之・馬場富士夫・中野隆之・石川雅也. 2015. 26年間超低温保存したワサビ種子の発芽. 園芸学研究. 14(別2). 209.
- 亀田修二・木村順二・清水達夫. 2006. 耐雪型パイプハウスを利用した野菜・花きの周年輪作体系の確立. 鳥取園試報. 7. 9-18.
- 草川知行・平舘俊太郎・藤井義晴・高崎強. 2000. カラシナ(*Brassica juncea* Cross.)由来の揮発性物質による雑草の発芽抑制. 千葉農試研報. 41. 29-34.
- 中野敬之・太田光輝・本間義之. 1990. ワサビ種子の登熟特性と乾燥種子の保存. 静岡農試研報. 35. 1-8.
- 坂井崇人・刀裯茂弘・河村和成・陶山紀江. 2002. 畑栽培におけるワサビの花芽発育過程と花芽分化に影響を及ぼす要因. 山口農試研報. 53. 41-49.
- 田中逸夫・船橋芳仁・嶋津光鑑. 2008. ワサビの人工光栽培に関する研究. *Eco-Engineering*. 20(3). 119-124.
- 鶴山浄真. 2017. イチゴ品種「かおり野」花芽未分化苗の本ほ直接定植技術. 山口農林総技セ研報. 8. 33-39.
- 鶴山浄真・廣林祐一・日高輝雄. 2011. 加工わさびの超促成栽培技術の確立 第2報 苗齢の違いがワサビの生育・収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 10(別2). 610.