

## 養液栽培法と自然栽培法ワサビの生育の比較

橋本 敏一\*・松野 裕\*・八丁 信正\*・河内 香織\*

\*環境管理学専攻 国際開発・環境学研究室

### Comparison of the Growth of *Wasabia japonica* between Hydroponics and Natural Cultivation

Toshikazu Hashimoto\*, Yutaka Matsuno\*, Nobumasa Hatcho\* and Kaori Kochi\*

\*Department of Environmental Management, International Development and Environment lab

#### Synopsis

Wasabi cultivation requires adequate ranges of water temperature (8.0 ~ 18.6 °C) and nutrient concentration in water. Such requirements limit cultivable area of wasabi that must be grown in the suitable natural stream condition. This study is aimed at examining the applicability of the hydroponics for wasabi in controlled agro-environmental condition. As the experiment, 30 wasabi plants were used for the hydroponics, and the same number of wasabi was planted under the natural condition for 10 months in order to compare wasabi growths between the different conditions. Leaf number, leaf length, stem length, and SPAD were measured once a month. Ambient and water temperatures, PAR, and EC of water were monitored during the experimental period. After the harvest, AITC, weight, and maximum circumference of rhizome of wasabi were measured. The result showed that measured leaf number, leaf length, stem length, and SPAD were significantly larger under the hydroponics than those under the natural condition. AITC was detected in the both conditions, indicating contents of the pungent component. Total weight was significant. Leaf and stem weights were significantly different. Although root weight were not significantly different, the difference in the circumference of rhizome under the two conditions was significant. Those results indicate the potential of the hydroponics wasabi for commercial uses.

Key word : Hydroponics , Wasabi , SPAD value

#### I . はじめに

ワサビ (*Wasabia japonica*) は、アブラナ科ワサビ属に属する日本料理に欠かせない植物である。多年生植物であり、1年を通して葉を落としながら新しい葉に生え変わることを繰り返すため、通年出荷が可能な作物である<sup>1)</sup>。基本的に重量が重く大きいものほど単価は高くなる傾向があり、その他辛味や風味が良いもの、くびれがないものや色合いが良い物ほど品質が良いとされている。品質が悪いものは加工食品に利用され、1本

あたりの重さが100gを上回るようなものは高級料亭用に取引される<sup>2)</sup>。

ワサビは栽培方法によって沢ワサビと畑ワサビに分類されるが、いずれも生育時に窒素やカリウム、石灰などを多く吸収する<sup>3)</sup>。よってそれらを豊富に含む流水が利用できる地域では一般的に沢ワサビとして栽培され、水量が少ない地域ではそのまま耕土に植える畑ワサビが栽培される。沢ワサビの方が形、色合いや辛味などが畑ワサビを上回るため、市場価値は沢ワサビのほうが高い<sup>4)</sup>。沢ワサビは主に長野や静岡など山間部の多い地域

で栽培されている<sup>5)</sup>。沢ワサビの栽培に必要な水は豊富な養分に加え、水温が8～19℃の間であり、12～13℃の間が最適とされている<sup>6)</sup>。もし水温が8～19℃の範囲を外れると生育停止がおこる。また水温が高くなると墨入病や軟腐病などの病害が発生するので栽培の際には水温に注意する必要がある。ワサビは半陰性の植物で直射日光に弱く、環境によっては栽培時に遮光するなどの工夫が必要となる<sup>7)</sup>。植えつけの時期は生育停止するような夏期や冬期を避け、春植え(3～5月)もしくは秋植え(9～10月)が一般的で、秋植えの方が生育がよいとされる<sup>8)</sup>。ワサビは18～22カ月ほどで根茎の発育が緩慢になるので、その期間の間で市場価格が高い時に病害が発生しやすい夏期を避けて適時収穫される<sup>9)</sup>。このような栽培上の特性を持つため、生産地は限られている。長野県と静岡県ワサビの根茎の生産量は2005年にはそれぞれ543tと317tであったが、2010年には319tと300tと減少傾向となっている<sup>10)</sup>。その原因として、栽培条件に合うような流水を利用できる場所が減少していることや農家の高齢化や災害に弱いことが考えられる<sup>11)12)</sup>。そのため今後もワサビの生産量が頭打ちになり、減少していくことが考えられる。そこでワサビの生育中に養分と水温をコントロールすることができ、さらに栽培地を選ばない養液栽培で比較的容易に安定した栽培が可能になると考えた。

本研究では養液でワサビを栽培することで、養液栽培区と自然栽培区の環境と生育について比較した。2011年9月から2012年7月までの約10カ月を実験期間とし、その間農薬その他の虫害対策は行わなかった。

## Ⅱ. 方法

### 1. 養液栽培

近畿大学農学部キャンパス研究棟北に位置するビニールハウス内に70cm×270cmの栽培ベッドを設置し(Fig. 1)、パミスサンド(粒径1cm程度)を培地として敷き詰め、株分け苗の生育2～3カ月目のもの30株(品種JP)を株間約20cmで定植した。過去の研究事例<sup>13)</sup>を参考に水位はベッドの底から4cmになるよう養液を30ℓ投入した。また養液をポンプニッソー(DUAL POWER POMP 30)を使用して循環できるようにした。さらに水温を一定に保てるよう水槽用クーラ(ゼンスイ ZC-130)を設置し、水温は12℃に設定した。栽培に使う養液は過去の研究事例<sup>13)</sup>を参考に大塚ハウスA処方1/5単位濃度(0.5ms/cm)のものを使用した。電気伝導度の測定にはECメーター(Conductivity Meter HORIBA)を使った。測定地点は、養液の給水部の水深3cmの場所、給水部から90cm間隔ごとに同じ水深の場所、ポンプ部の合計5カ所とし、1週間ごとに測定した。養液は2週間ごとに交換した。実験区は直射日光が当たらないように遮光ネット(遮光率70%,ダイオ化成株式会社)で被覆した。成長量の指標として月に1回の頻度で葉数、葉長、茎長を測定した(Fig. 2)。気温、水温を計測するために温度ロガー(おんどとり TR-72i T&D)を設置し測定を行った。日射量を調べるため光量子計(UIZ3635 UIZIN)を使い実験区の光合成有効放射量(PAR)を測定した。農林水産省農蚕園芸局の土壌作物物体分析機器開発事業(Soil and Plant Analyzer Development)において開発された葉緑素計(SPAD-502Plus コニカミノルタセンシング株式

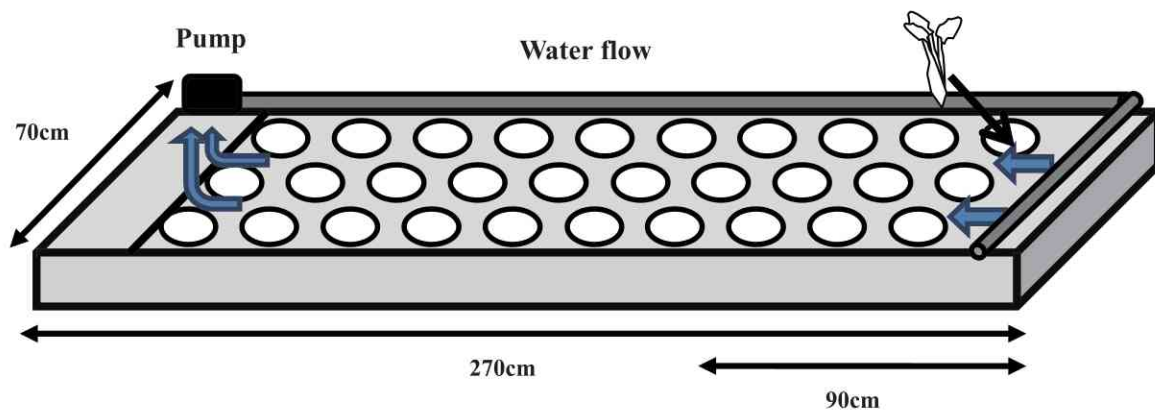


Fig. 1 Hydroponics cultivation system

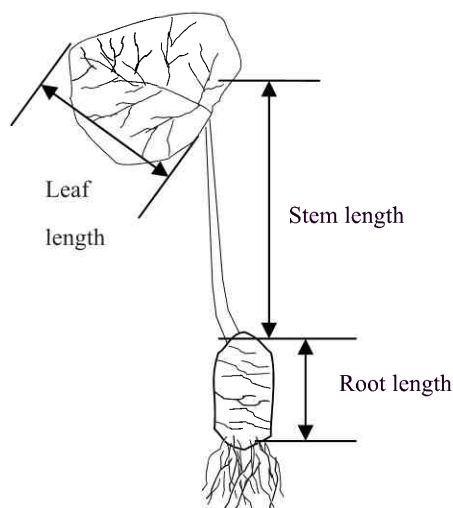


Fig. 2 Measured configuration

会社)を使い、葉緑素計の指数である SPAD 値を月に 1 回測定した<sup>14)</sup>。SPAD 値は葉色に影響するクロロフィルの含有量と相関があり、葉中の窒素含有量と正比例の関係があるとされる<sup>15)</sup>。

## 2. 自然栽培

近畿大学農学部キャンパス内グラウンド横の流路幅約 50 cm の溪流に養液栽培区のものと同じ大きさになるように 70 cm × 270 cm のワサビ田を設置した。ワサビ 30 株を養液栽培区と同じように定植し、養液栽培区との比較実験を行った。この実験区も同じように栽培区を 90 cm ごとに分けて 1 週間ごとに EC メーターで計測し、遮光ネットで直射日光を防いだ。また養液栽培区と同じく、月に 1 回成長量を計測するとともに、温度ロガーと光量子計を設置して、栽培環境の測定も行った。

実験区内 50 cm × 50 cm のプロットを 3ヶ所に分け、ワサビを植える表層から 4 cm 程度の深さまでの培地部分をワサビ田の底質構成材料として、石 (粒径 6.4 cm 以上)、礫 (粒径 1.6 cm ~ 6.4 cm)、粗砂利 (粒径 0.8 cm ~ 1.6 cm) に分類した<sup>16)</sup>。また中砂利以下 (粒径 0.8 cm 未満) のものは計測しなかった。その結果プロット内の構成材料は石 21 ± 3 (平均値 ± 標準偏差) 個、礫 26 ± 9 個、粗砂利 21 ± 3 個で、その周りを 0.8 cm 未満の砂利と砂が埋めていた。このうちあまり石は 15 ± 4 (平均値 ± 標準偏差) 個であった。

栽培に使った養液栽培区の養液と自然栽培区の水を 2012 年 7 月 4 日に採水し、採水日にモリブ

デン青吸光光度法を用いて総窒素量 (T - N) と総リン量 (T - P) を計測した。

## 3. 実験後

収穫したワサビの根長と周囲長を計測した。周囲長は根茎の最も太い部分を計測した。全重量と各部生重量 (葉, 茎, 根) を測定した。ワサビの辛味成分であるアリルイソチオシアネート (AITC) を分析するため、それぞれの実験区で 4 株ずつ計 8 株 (6.09 ± 1.29g) (平均値 ± 標準偏差) 用意した。

辛味成分に使用した以外のわさび個体は葉と茎と根茎は 105 °C 常圧乾燥法で 48 時間乾燥させ水分含有量を求めた。

ワサビの生育データ (葉数、葉長、茎長、根長、根茎周囲長、SPAD 値、全重量、各部重量) が、養液栽培区と自然栽培区の間で異なるかどうか調べるため、統計処理ソフト SPSS ver.17.0 を用いてデータ処理を行った<sup>17)</sup>。処理方法はデータに正規性と等分散性があるかコルモゴロフ・スミルノフ検定をかけ、正規性と等分散性が確認できれば t 検定を行い、確認できなければノンパラメトリック検定 (Mann-Whitney U 検定) を行い有意差があるかどうか調べた。さらにそれぞれの実験区で各月に計測した葉数、葉長、茎長、SPAD のデータの平均値と気温、水温、PAR、EC の各月の平均値との相関関係についても分析した。

## Ⅲ. 結果

### 1. 実験期間中の環境

実験期間中の気温 (°C) は養液栽培区では 13.0 ± 7.1 (平均値 ± SD) で、自然栽培区では 9.5 ± 6.4 であった。各月の一日あたりの平均値は統計上の有意差は認められなかった (t 検定 P = 0.36)。積算温度はそれぞれ 3300 °C・日と 2618 °C・日であった (Fig. 3)。最高気温は養液栽培区では 26.9 °C、自然栽培区では 21.3 °C であった。最低気温は養液栽培区では 0.4 °C、自然栽培区では -1.6 °C であった。

水温 (°C) は養液栽培区で 11.4 ± 2.4 (平均値 ± SD)、自然栽培区は 9.8 ± 5.1 で養液栽培区のほうが有意に高かった (Fig. 4: t 検定 p < 0.05)。積算温度はそれぞれ 2992 °C・日と 2482 °C・日

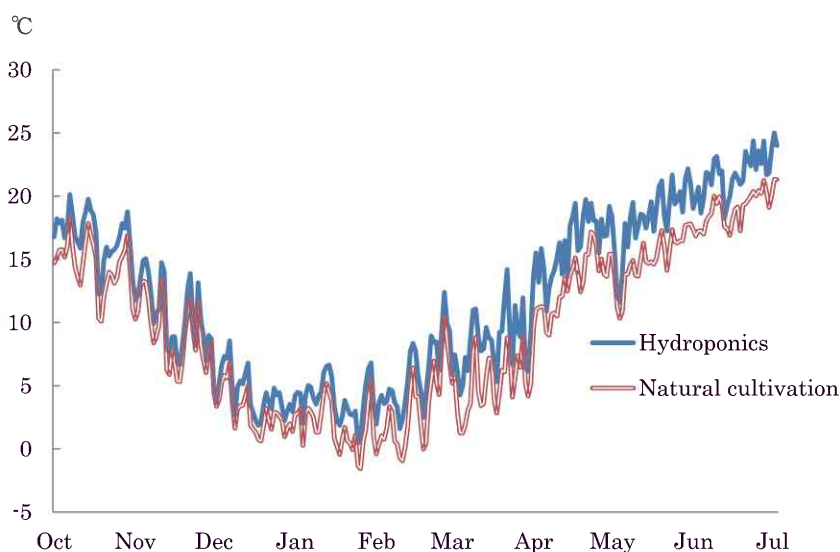


Fig. 3 Change of air temperature during the experiment

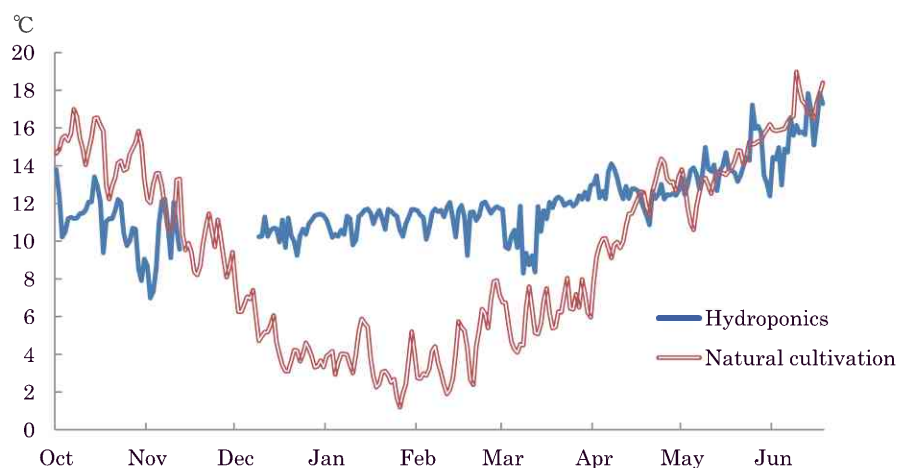


Fig. 4 Change of water temperature during the experiment term (Hydroponics was lack of data on December)

であった。最高水温は養液栽培区では 17.8 °C で自然栽培区は 19.7 °C であった。最低水温は養液栽培区で 3.2 °C で自然栽培区では 1.2 °C であった。

栽培に用いた水成分は、養液栽培区の養液のほうが自然栽培区の渓流水と比べ T - N は 14 倍、T - P は 97 倍濃度が高かった (Table 1)。実験中に測定した EC (ms / cm) は養液栽培区で  $0.64 \pm 0.14$  (平均値  $\pm$  SD) で自然栽培区は  $0.41 \pm 0.04$  で養液栽培区が有意に大きかった (Mann-Whitney U 検定  $p < 0.01$ )。

光量子計で測定した光量子量 ( $\text{mol} / \text{s} / \text{m}^2$ ) は養液栽培区では  $17.67 \pm 3.77$  (平均値  $\pm$  SD) で、自然栽培区は  $7.81 \pm 8.13$  であったが統計上

の有意差は認められなかった (Mann-Whitney U 検定  $p = 0.52$ )。

Table 1 Concentration of T-N and T-P (N=8)

	Hydroponics	Natural cultivation
T-N (mg/L)	11.94	0.87
T-P (mg/L)	9.72	0.10

## 2. 実験期間中のワサビの成育

葉数は、養液栽培区と自然栽培区間に有意差が認められた (Fig. 5 : Mann-Whitney U 検定  $P < 0.05$ )。また気温、水温、PAR、EC との相関関係について、養液栽培区では葉数と水温、PAR に有意な正の相関があった (水温 :  $R^2 = 0.70$ ,  $P <$

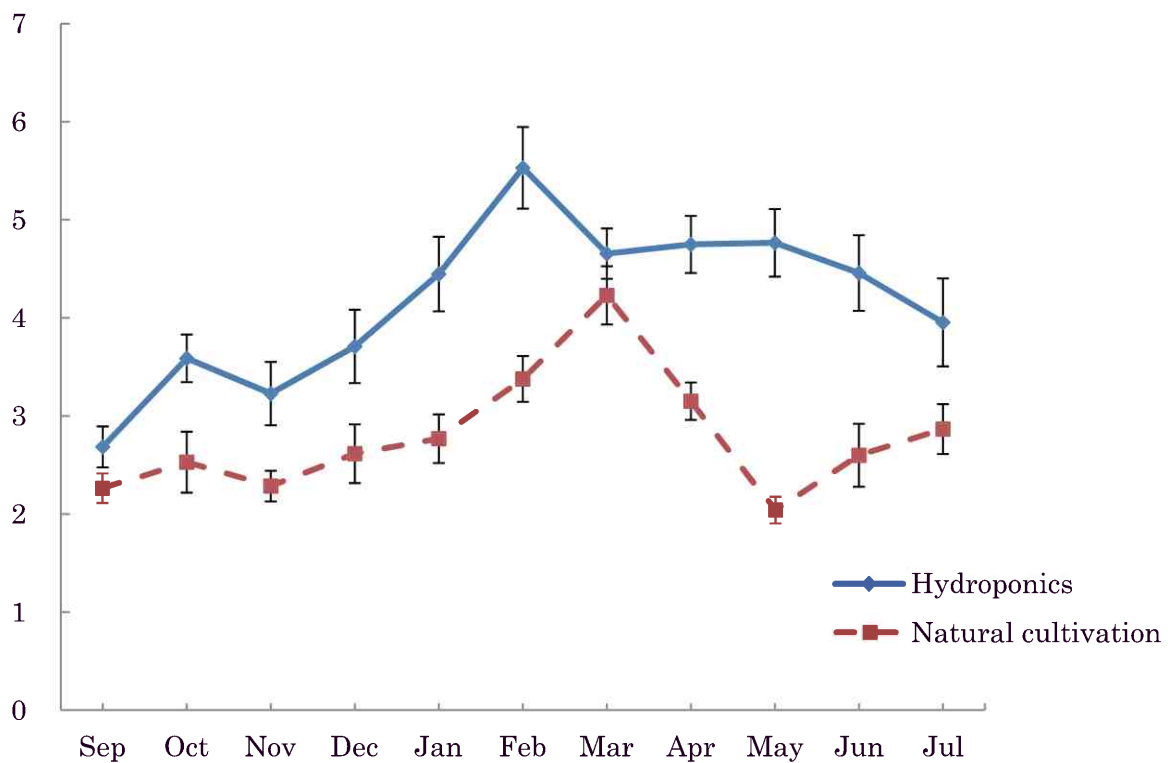


Fig. 5 Transition of leaf number (average ± SD)  
Dot shows the average value and error bar shows standard error (n=30)

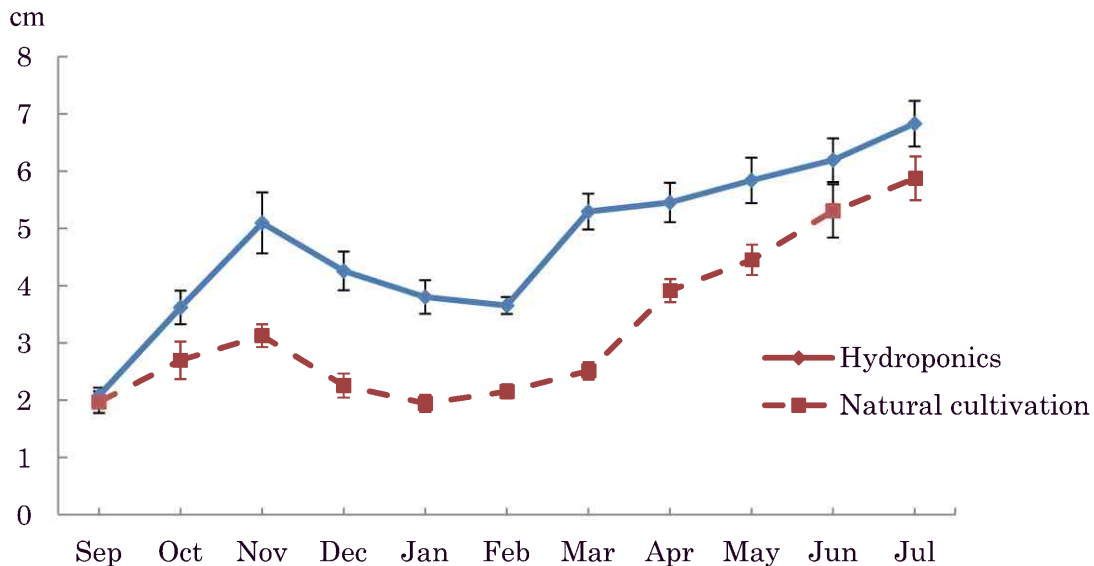


Fig. 6 Transition of leaf length (average ± SD)  
Dot shows the average value and error bar shows standard error (n=30)

0.05, PAR:  $R^2 = 0.66$ ,  $P < 0.05$ )。自然栽培区では葉数と気温、水温、PAR に有意な相関があった (気温:  $R^2 = 0.75$ ,  $P < 0.05$ , 水温:  $R^2 = 0.80$ ,  $P < 0.05$ , PAR:  $R^2 = 0.68$ ,  $P < 0.05$ )。

葉長は養液栽培区のほうが自然栽培区よりも有意に長かった (Fig. 6: Mann-Whitney U 検定  $P <$

0.01)。養液栽培区では、葉長と気温、水温、PAR に有意な正の相関があり (気温:  $R^2 = 0.70$ ,  $P < 0.05$ , 水温:  $R^2 = 0.65$ ,  $P < 0.05$ , PAR:  $R^2 = 0.66$ ,  $P < 0.05$ )、自然栽培区でも同じように有意な正の相関があった (気温:  $R^2 = 0.88$ ,  $P < 0.01$ , 水温:  $R^2 = 0.80$ ,  $P < 0.01$ , PAR:  $R^2 = 0.91$ ,  $P < 0.01$ )。

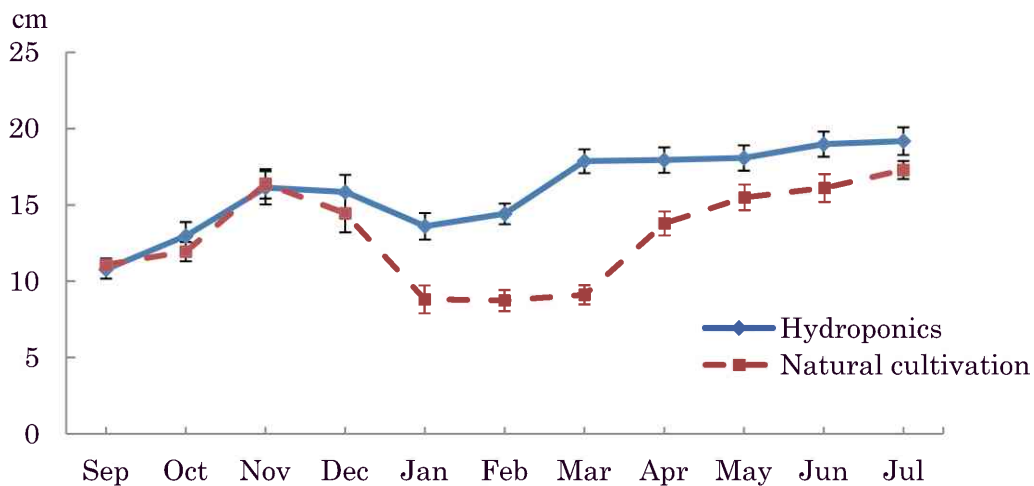


Fig. 7 Transition of stem length (average  $\pm$  SD)  
Dot shows the average value and error bar shows standard error (n=30)

茎長は養液栽培区のほうが自然栽培区より有意に長かった (Fig. 7 : t 検定  $P < 0.05$ )。実験開始前は同程度の長さであったが、自然栽培区では冬期にかけて水温が低くこの期間茎が生育停止した。その期間の生育停止に伴い自然栽培区では茎長の長い古葉が枯れると同時に茎も抜け落ちていったため平均値が低下したが、養液栽培区ではそのような生育停止に伴う葉の脱落がなかったため、同じ期間において茎長平均値はほぼ低下しなかった。養液栽培区は茎長と PAR に有意な正の相関があったが (PAR:  $R^2 = 0.63$ ,  $P < 0.05$ )、自然栽培区は茎長と気温、水温、PAR に有意な正の相関があった (気温:  $R^2 = 0.81$ ,  $P < 0.01$ , 水温:  $R^2 = 0.75$ ,  $P < 0.05$ , PAR:  $R^2 = 0.69$ ,  $P < 0.05$ )。

根長における統計上の有意差は認められなかった (Table 2 : t 検定  $P = 0.2$ )。根長の成長率

(%) は養液栽培区で  $24.1 \pm 0.52$  (平均値  $\pm$  SD)、自然栽培区で  $28.0 \pm 0.75$  となった。

Table 2 Growth data (Av  $\pm$  SD)

	Hydroponics (H)	Natural cultivation (N)
Leaf number *	$4.0 \pm 2.1$	$2.9 \pm 1.0$
Leaf length (cm)*	$6.8 \pm 1.9$	$5.8 \pm 1.7$
Stem length (cm)*	$19.2 \pm 4.2$	$17.3 \pm 2.7$
Root length (cm)	$3.1 \pm 1.0$	$3.2 \pm 1.1$

\* means significant difference between H and N

実験終了後の根茎周囲長 (cm) は養液栽培区で  $6.8 \pm 1.8$  (平均値  $\pm$  SD)、自然栽培区は  $5.1 \pm 1.8$  であり、養液栽培区の個体のほうが有意に長かった (t 検定  $P < 0.05$ )。

SPAD 値は養液栽培区のほうが有意に高かった (Fig. 8 : t 検定  $P < 0.01$ )。他のデータとの相

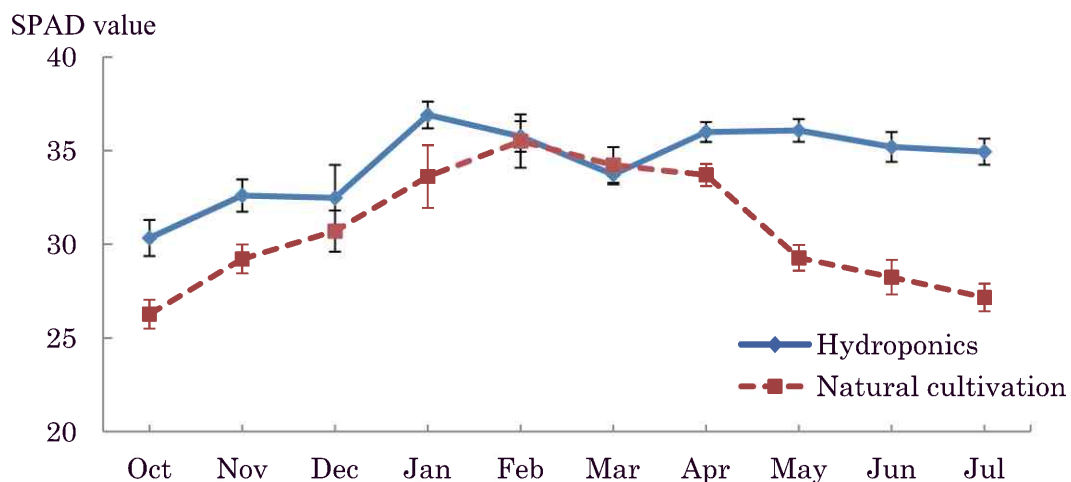


Fig. 8 Transition of SPAD (average  $\pm$  SD)  
Dot shows the average value and error bar shows standard error (n=30)

Table 3 Weight (g) and Water content (%) (Av ± SD)

			Hydroponics	Natural cultivation
Total weight (g)	Initial		11.05 ± 4.38	11.1 ± 4.61
	After *		29.31 ± 16.64	24.43 ± 5.62
Circumference length (cm)			6.8 ± 1.8	5.1 ± 1.8
Weight (g)	Above ground	Leaf *	7.14 ± 4.61	4.47 ± 1.76
		Stem *	11.84 ± 6.06	9.57 ± 3.13
	Root		10.57 ± 6.72	11.42 ± 3.28
Dry Weight (g)	Above ground	Leaf *	0.85 ± 0.52	0.62 ± 0.35
		Stem *	1.24 ± 0.86	0.94 ± 0.61
	Root		1.47 ± 1.47	1.48 ± 0.41

\* Significant difference between Hydroponics and Natural cultivation

関関係は養液栽培区と自然栽培区共に認められなかった。

辛味成分 (AITC) は養液栽培区で 4 株中 2 株 (0.01 %, 0.04 %)、自然栽培区で 4 株中 1 株確認された (0.02 %)。

ワサビの全重量および地上部である葉と茎の重量は養液栽培区のほうが有意に重かった (Mann-Whitney U 検定  $P < 0.05$ )。地下部である根茎の重量については乾燥重量とも有意差が認められなかった (Table 3)。

#### Ⅳ. 考察

葉数、葉長、茎長などの地上部は養液栽培区のほうが自然栽培区よりも有意に大きかった (Table 2)。養液栽培区の T - N や T - P が比較的大きく (Table 1)、また EC の値が実験期間中に養液栽培区で一貫して高かったことから、栽培環境の栄養状態は養液栽培区が高かったといえる。葉中のクロロフィル含量と正の相関がある SPAD 値は養液栽培区のほうが自然栽培区を上回ることが多かった (Fig. 8)。このことは、養液栽培区では葉中のクロロフィル含有量が高かったことを示し、養液に含まれる窒素を養液栽培区のワサビは自然栽培区より比較的多く吸収したことにより、地上部の成長が促進されたものと推察される。根長や根重など、地下部のデータに関しては有意差が認められなかった。養液栽培区的全重量平均が 29.31 g に対して標準偏差値が 16.64 g で、特に根茎重量は 10.57 g に対し標準偏差値 6.72 g となり、栽培区内での生育の不揃いが目

立った。根茎の生育は養水中の溶存酸素量 (DO) に関係があるとされているが<sup>18)</sup>、今回の実験装置はポンプで水を循環させるだけであったのでベッド全体へ均一に DO を供給できず、結果的に根茎の成長具合にばらつきが出た可能性がある。その一方で、根茎周囲長で有意差が認められた。全体的に養液栽培区では自然栽培区と比較して、太い根茎となり、自然栽培区では細い根茎となった。養液栽培区では粒径の細かいパミスサンドを培地にしたのに対し、自然栽培区では周囲の石や礫を培地とした。培地の粒径が大きすぎると生育中の養分保持と供給が不十分となることがあるが<sup>19)</sup>、自然栽培区の底質分類から、パミスサンドと比べて自然栽培区の培地は粒径が大きいものが多いため、養液栽培区のものと比較して培地が固くなってしまい、周囲長の成長が阻害されたと考えられる。

#### Ⅴ. おわりに

今回の実験から、養液で栽培したワサビが溪流で栽培した自然栽培区のワサビと同程度成長することが明らかになった。さらに養液栽培区の養液の養分と水温をコントロールすることで、地上部のワサビの成長を促進できることがわかった。成長の面だけでなく、養液で栽培したワサビでも自然栽培区と同じように辛味成分 (AITC) があることが分かった。しかし、地下部の成長の促進がみられなかった事、根茎の大きさも不揃いであった事などの課題も残った。今後根茎の生育に必要な DO の効率的な供給方法の導入を検討する必要がある。

## Ⅵ. 引用文献

- 1) 木苗直秀・小嶋操・古都三千代 ワサビの全て p.8-9 (2006)
- 2) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.134-140 (1996)
- 3) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.35-36 (1996)
- 4) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.12-13 (1996)
- 5) 特用林産基礎資料 特用林産物生産統計調査 農林水産省 (平成 17 年 - 平成 22 年)
- 6) 木苗直秀・小嶋操・古都三千代 ワサビの全て p.35-36 (2006)
- 7) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.42 (1996)
- 8) 木苗直秀・小嶋操・古都三千代 ワサビの全て p.36-37 (2006)
- 9) 木苗直秀・小嶋操・古都三千代 ワサビの全て p.36-38 (2006)
- 10) 特用林産基礎資料 特用林産物生産統計調査 農林水産省 (平成 17 年 - 平成 22 年)
- 11) 上野福男・伊村正法 多摩川上流水源山村地域における冷水資源と山葵栽培—とくに日原川流域におけるもの— (1994)
- 12) 西部農林振興センター益田事務所 農業普及部 山間地域におけるわさび産地再生
- 13) 田中逸夫・伊藤佳洋・篠塚真理・嶋津光鑑 ワサビの室内人工光栽培に関する研究—気温および養液温度が生育に及ぼす影響— 植物環境 工学 (J.SHITA) 21 (4) 175-178 p.33-36 (2009)
- 14) 松本太・中村桂三 植物の紅葉過程に着目した環境のモニタリング (第 1 報) —葉色変化の定量的評価手法の開発— 環境情報研究 14 p.53-63 (2006)
- 15) 関本均・松浦克枝・吉野健 ジベルリン生合成阻害剤による植物葉の濃緑化と葉面積および窒素含有率との関係 園学雑 67(2) p.270-272 (1998)
- 16) 竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井宏・川端善一郎シリーズ【共生の生態学】7 棲み場所の生態学 p.29-30 (1995)
- 17) Roland Ennos 羊土社 パソコンで簡単! すぐできる生物統計 統計学の考え方から統計ソフト SPSS の使い方まで p.18-262 (2007)
- 18) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.39-40 (1996)
- 19) 星谷佳功 新特産シリーズ ワサビ 栽培から加工・売り方まで p.40-41 (1996)