

高知県におけるワサビの栽培環境と成分 (I)

平岡 英一¹⁾, 邑岡 麻子²⁾, 野村 明³⁾

The Environmental parameters of Wasabi (*Wasabi japonica* MATSUMI) cultivation in Kochi Prefecture (I)

Hidekazu HIRAOKA, Asako MURAOKA and Akira NOMURA

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the growth, pungency and antibacterial properties of wasabi (*Wasabi japonica* MATSUMI, Japanese horseradish) cultivated in Kochi Prefecture. The amount of Wasabi has been declining over the past thirty years, as most of the farmers are producing it only for self-consumption, or has have stopped producing altogether. The major reasons for this were: 1) the harsh competition in the wasabi market with other prefectures, 2) the failure to improve the wasabi crops; and 3) the low price of wasabi. The result of this examination showed that the pungency and antibacterial properties in Kochi Prefecture were clearly observed, even though the rhizomes were shorter.

まえがき

高知県でのワサビ出荷量は、昭和51(1976)年をピーク(大阪市場)に、徐々に下降している。最盛期は根茎を主体に東京、大阪へ出荷していたが、その後競争が激化、県外産は製品の均一化、大量出荷を図り販路を拡大していった。しかし高知県産は未改良のままであったため、市場での価格が下落、栽培者、特に後継者が退いていった。近年はさらに、台風が追い討ちをかけ、栽培者はますます減っている。一部の地域では、そのままの規模を継続している栽培者もいるが、大半は栽培を放棄し、自家用に細々と栽培している状態にある¹⁾。そのため以前からの同じ株、自然分けつした根茎で栽培が続いている。

このように栽培管理が、十分行われていないワサビについて、一般的なワサビとの違いを明らかにするため、生育状況、栽培環境、各部位相互の関係、粗成分、辛味成分、殺菌効果などを調査した。

この調査は平成14年から17年にかけて行ったものであり、この地のワサビが辛味成分を保有し、ワサビとして価値ある辛味能力を秘めているか、生物学的な面をも含めた調査である。

1) 高知市旭天神町 高知学園短期大学 生活科学学科

2) 高知市旭天神町 高知学園短期大学 衛生技術科

3) 高知市布師田 高知県工業技術センター 研究企画部(高知大学大学院客員教授)

調査方法

1 野外調査

ワサビ採集地は標高約500mの高知県吾川郡仁淀川町名野川長藪。栽培面積は約20アール。栽培形態は葉、葉柄利用型。根茎は移植せず同地で多年栽培。流水式沢ワサビ。品種は1964年頃、静岡ダルマ系（葉柄：緑、葉形：ハート型^{2,3}）を導入した。

1) 栽培環境：気温、流水温、水の溶存酸素を月1回調査した。

(1) 気温、流水温は最高最低温度計をワサビ畑にある日陰樹の側面、幹内1.5mの高さと水中に設置した。

(2) 流水の溶存酸素はアズワン株式会社製 (DO-5509) で測定した。

2) 生態：各生態部分の計測は10月採集したワサビの葉、葉柄、根茎の長さ、重量を測定した。サンプルは各50本。

2 室内実験

1) 一般成分分析

ワサビは採集後75℃で乾燥、粉碎し、測定した。

一般成分分析は以下の方法によった。

水分は105℃常圧乾燥法、粗タンパク質はケルダール法、粗脂肪はソックスレーエーテル抽出法、灰分は550℃常圧灰化法、粗繊維は AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) 法。

2) 辛味成分 (アリルイソチオシアネート) 分析

試料は平成17年9月12日に採取し、根茎付着のまま浸水、5℃に保存、7日以内にアリルイソチオシアネートを分析した。

試料は包丁で細かく刻み、70%エタノールに分散させ、蒸留した。水蒸気に溶解した揮発成分を28%アンモニア10ml及び99.5%エタノール10mlの混液で捕らえ、100ml近くまで蒸留した。それを100mlに定容後、供試液として高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で分析した。分析条件は (株) 島津製作所製 LC-10Advp システムを用い、カラム Waters 社製 μ -BONDSPERE150 \times 3.9mmC 8、移動相：アセトニトリル/水 = 50V/50V 並びに流速 1.0ml/min で試料液を注入後、溶離してきた辛味成分のピーク面積を所定濃度の標品の検量線から求めた。

供試量は1件当たり0.5~3g。

3) 抗菌作用

抗菌は根茎をすり潰した形態と1~2mmに細断した2形態で調査した。

培地はHI (ハートインフュージョン) 寒天培地に1晩培養した腸炎ピブリオ (*Vibrio parahaemolyticus* ATCC17802) 0.1ml と HI 軟寒天培地 5 ml を加え、混釈した。

根茎は各 (粉碎、細切) 0.1g を直径 7 mm の穴が開いた寒天培地に設置し、37℃で1晩培養した。

結果および考察

1 野外調査

栽培環境、生態について、結果は次のとおりであった。

1) 栽培環境

栽培地での気温、流水温、流水の溶存酸素量を調査し、その結果を表1に示した。

表1 ワサビ栽培地の気温・水温・溶存酸素量 ℃

年 月	木側面気温		木幹内気温		流 水 温		溶存酸素量	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	ppm	水温
H16.10	22.0	12.0	22.0	12.0	19.5	13.0	9.9	16.5
11.12	18.0	1.5	19.0	2.5	16.5	6.0	12.7	9.0
H17. 1	8.5	-4.5	8.5	-2.5	5.0	1.5	13.1	4.5
2	11.5	-7.0	11.5	-5.0	4.0	1.5	13.5	3.5
3	14.5	-4.0	12.5	-1.5	10.0	4.5	12.6	5.0
4	22.0	-1.0	20.0	-2.0	15.0	5.0	9.2	10.0
5	22.0	9.0	20.5	8.5	13.0	10.5	12.0	13.0
6	24.0	5.5	23.5	6.0	16.5	6.5	16.1	6.5
7	26.5	12.0	26.5	12.0	17.5	13.0	9.1	14.0
8	28.5	20.0	28.5	18.0	19.0	17.0	9.9	19.0
9	28.0	17.5	26.0	16.0	19.0	16.5	7.2	18.5
10	25.0	12.5	25.5	12.5	19.5	15.0	8.0	15.0

注 H16.11、12月の値は2ヶ月間の測定値。 流水溶存酸素量欄の水温は酸素測定時の温度。

- (1) 気温：一般にワサビ(畑)の栽培最適気温は8～18℃。25℃を超えると病気が発生、-3℃では凍害が現れるといわれている⁴⁾。

測定期間中の最高値は平成17年8月に木側、幹内とも28.5℃、また最低値は平成17年2月に-7℃と-5℃であった。害発生限界を25℃と-3℃とし、この間を栽培可能範囲とすると木側面、幹内とも適合する月は4～6月、10～12月である。しかし、観察を併せ考えるとこの期間外の3、9月でも発育を開始しており、この月が必ずしも不適とは言えない。したがってこの月を外すと、不適期間は1年の内1、2、7、8の4ヶ月間となる。

- (2) 流水温：生育に適する水温は8～18.6℃、最適気温は12～13℃である。年間温度差は3～4℃程度と少ない方が収量によいといわれ、水温が20℃を超えると栽培は不可能といわれる^{5,6)}。

表1から最高値は平成16年と17年の10月19.5℃、次いで17年8、9月の19℃であった。当地での水温を高い方だけで見ると発育が停止する20℃を超した月はなく、かろうじて年間通して栽培可能ということになる。

逆に最低値は8℃以下で極端に生育が悪くなるといわれるが⁶⁾、5℃でも栽培可能な5～18℃が適温という資料もある⁷⁾。

表1から最低水温が5℃以下になる月を見ると1～3月。特に1、2月は共に1.5℃と最低になっている。3月は4.5℃であるため、極端に悪いのは1、2月ということになる。観察によると3月上旬はすでに新たな発芽が見られており、最も寒くなるのは1月下旬から2月にかけてであると推定される。

- (3) 溶存酸素量：ワサビは一般的に他の作物より酸素を強く要求し、生育と水中酸素量は深い関係が有る。溶存酸素量が9.5ppm前後になると生理的に障害を受けやすく、耐病性が弱く、罹病しやすくなる⁸⁾。溶存酸素量は一般に水温が上がると低くなるので、夏季の高

温時が特に問題である⁹⁾。

当地での測定結果、1年の中、9.5ppm以下になったのは平成17年4月(9.2ppm)、7月(9.1ppm)、9月(7.2ppm)、10月(8.0ppm)の4回である。最高流水温の推移は、3月頃から上がり始め10月頃まで続く。中でも8～10月は19℃、19℃、19.5℃と上昇し最高値となる。同月の最低値は17℃、16.5℃、15℃と下降するものの1年の中では最も高い。溶存酸素量もこれに関連し8月9.9ppm、9月7.2ppm、10月8.0ppmと変化し、4月を除いて1年でこの期間が最も低くなり、水温との関係が一応は裏付けられた。しかし、溶存酸素測定は月に1回の測定であり、しかもその一時点での値であるため、これが全てを代表した値ではない。

2) 生態

ワサビの生育及びその相関

(1) 根茎数と葉柄数の相関

表2に測定した数を示した。

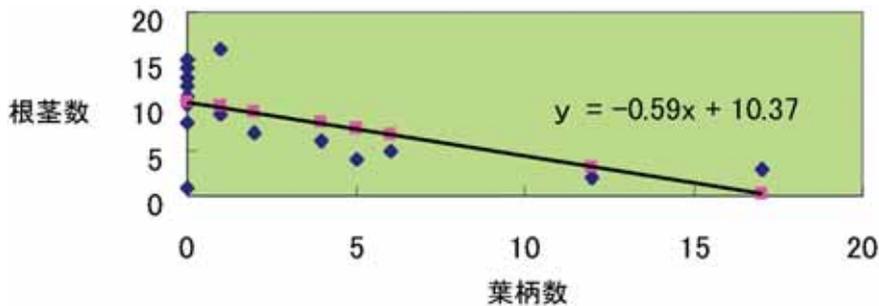
葉柄平均長：29.3cm/本、 葉柄平均重：46.4g/本。

表2 ワサビの葉柄本数と根茎数

葉柄数(本)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
根茎数(本)	0	12	17	5	6	4	2	0	1	1	1	0	0	0	0	1

1根茎あたりの葉柄数が最も多いのは16本、平均値(加重平均)は4.2本、単純平均は1.4本であった(表2)。

その関係を解析すると図1のとおり、 $y = -0.59x + 10.37$ $R^2 = 0.379$ 、有意性は5%以上1%以下であった。すなわち、1根茎当り出芽している葉柄数は、2～3本が最も多く、葉柄数が多くなるほど、根茎数は少なくなる。



R: 0.616 紫: 実測点 桃: 予測点

図1 ワサビ根茎と葉柄数の相関

(2) 根茎と葉柄の変量、変数別分布

各個体の結果を表3～7に示した。

これらの中で最も相関が高かったのは、表3の根茎重量と個体数($R = 0.854$)。すなわち根茎の重量が大きくなるにつれ、個体数が少なくなることを示した。

一般的に根茎は、無肥料でも31gの大きさには生育する(施肥に対して無肥料区は30g程度になっている)¹⁰⁾が、表3の平均は10.9gと小さい。これは、土地が痩せていること

表 3 根茎重量と固体数分布

重量(g)	1～	6～	11～	16～	21～	26～	31～	36～	41～	46～
個数	16	15	4	8	2	3	1	0	0	1

一次回帰式： $y = -2.15x + 36.24$ $R^2 = 0.729$ 平均：10.9g

表 4 根茎直径と固体数分類

直径(cm)	0～	0.6～	1.1～	1.6～	2.1～	2.6～
個数	0	11	27	9	2	1

一次回帰式： $y = -0.05x + 2.32$ $R^2 = 0.464$ 平均：1.32cm

表 5 根茎長と固体数分布

長軸(cm)	1～	2～	3～	4～	5～	6～	7～	8～	9～	10～	11～
個数	0	6	12	6	9	9	3	2	2	0	1

一次回帰式： $y = -0.37x + 8.20$ $R^2 = 0.214$ 平均：5.14cm

表 6 葉柄重量と個体数分布

重量(g)	0～	10～	20～	30～	40～	50～	60～	70～	80～	90～	100～	110～	210～
個数	1	7	6	15	6	3	4	1	0	3	2	1	1

一次回帰式： $y = -11.37x + 135.84$ $R^2 = 0.401$ 平均：46.24g

表 7 葉柄長と個体数分布

縦長(cm)	11～	16～	21～	26～	31～	36～	41～	46～	51～
個数	2	7	9	12	10	5	0	4	1

一次回帰式： $y = -1.47x + 39.2$ $R^2 = 0.207$ 平均：29.23cm

も考えられるが、栄養繁殖を繰り返すため株全体の生育や根茎の肥大が、極めて悪くなる退化現象ではないかと考えられる¹¹⁾。

(3) 根茎と葉柄の大きさ、本数など相互の関係

各項目の相関係数を表 8 に示した。

これらの中、相関が0.7以上(一般的に強い相関がある目安¹²⁾)の項目は、①根茎長と根茎重(0.76) ②根茎重と葉柄重(0.72) ③根茎重と葉柄数(0.79) ④葉柄重と葉柄数(0.77) の4組合せであった。また、これらはすべて有意差1%が認められた。

表 8 ワサビの各部位の相関係数

		根 茎		葉 柄		
		重	径	重	長	数
根 茎	長	0.76 ^{a)}	0.60 ^{a)}	0.48	0.16	0.49 ^{a)}
	重		0.67 ^{a)}	0.72 ^{a)}	0.13	0.79 ^{a)}
	径			0.43	0.20	0.52 ^{a)}
葉 柄	重				0.24	0.77 ^{a)}
	長					0.08

有意差 a): 1%

これら根茎重が大きいことは根茎直径、葉柄重、葉柄数が大きく、また葉柄重が大きいことは葉柄数の大きいことを示している。

中でも根茎重と葉柄数は高い相関(0.79)が見られた。一般的に葉柄には葉が付着しており、その数だけ葉は繁茂している。これは、根茎重と葉の大きさは比例するという報告¹³⁾があり、間接的に裏づけられた。

従って、外見から判断するとき葉柄が多く、葉の茂っている個体は根茎も大きいことが推定される。

相関係数が0.6~0.7にある項目に根茎長と同重量、同直径がある。すなわち根茎は相互に関係し、根茎全体が大きくなることを意味している。

2 室内実験

一般粗成分、辛味成分、抗菌作用については、次の通りであった。

1) 一般粗成分

分析結果を表9~11に示す。ビタミン、無機物など微量成分はこれらの中に含まれるため粗成分とした。

表12に五訂日本食品成分表の水分を0%に換算した値を示した。

表9 2月採集ワサビの乾物成分(%)

	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性無窒素物	粗繊維	粗灰分
葉	38.4	4.0	38.8	6.9	12.0
葉柄	26.4	1.4	47.8	10.5	14.0
根茎	18.1	0.7	70.1	5.6	5.6
平均	27.6	2.0	52.2	7.7	10.5

表10 6月採集ワサビの乾物成分(%)

	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性無窒素物	粗繊維	粗灰分
葉	34.0	4.1	41.5	8.4	12.0
葉柄	18.7	1.3	54.6	13.6	11.7
根茎	16.6	1.0	68.4	7.5	6.5
平均	23.1	2.1	54.8	9.8	10.1

表11 10月採集ワサビの乾物成分(%)

	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性無窒素物	粗繊維	粗灰分
葉	25.4	2.7	43.0	10.5	18.4
葉柄	19.6	3.1	47.9	13.5	15.9
根茎	19.6	0.4	64.4	7.2	8.5
平均	21.5	2.1	51.8	10.4	14.3

表12 五訂 日本食品成分表換算

	蛋白質	脂質	炭水化物	食物繊維	灰分
根茎	21.7	0.8	54.2	17.4	5.8

注：水分74.2%を0%に換算、炭水化物は繊維分を差し引いた数値とし、繊維分を設けた。

①各部位の月別成分変化 (表9～11)

葉の粗蛋白質は2月、6月、10月と進むにつれ下がり、可溶性無窒素物、粗繊維は逆に上がっている。

葉柄について、粗蛋白質は2月、可溶性無窒素物は6月で高くなっている。

根茎の可溶性無窒素物は月が進むに連れ下がり、粗灰分は逆に上がっている。

②各成分の月別変化 (平均)

月平均で見ると2月、6月、10月と進むにつれ粗蛋白質は下がり、逆に粗繊維は上がっている。

③各部位の成分比較 (表13に2、6、10月を集計)

葉は蛋白質、脂肪、灰分が他部位より高い。

葉柄は繊維が葉、根茎より多くなっている。

根茎は可溶性無窒素 (炭水化物) が67.6%と他の成分 (蛋白質、脂肪など) や他の部位 (葉柄、葉) より多い。

表13 ワサビ各部位の粗成分平均 (%)

	蛋白質	脂肪	可溶性無窒素	繊維	灰分
葉	32.6	3.6	41.1	8.6	14.1
葉柄	21.6	1.9	50.1	12.5	13.9
根茎	18.1	0.7	67.6	6.8	6.9
平均	24.1	2.1	52.9	9.3	11.6

④可溶性無窒素と辛味成分の関係

可溶性無窒素量は根茎に最も多く、次いで葉柄50.1%、葉41.1%である。

辛味成分のアリルイソチオシアネートは配糖体 (シニグリン) の形で存在していることから¹³⁾、その分根茎に多く含まれる。その含有量を表14に見ると、根茎生99.38mg%、葉柄平均生40.22mg%、葉平均生38.72mg%となり、上 (表13) の順序と一致する。

⑤水分

根茎の水分は、日本食品成分表 (表12注書き) によると74.2%となっているが、本調査 (表14) が特別であったのが63.29%と少なくなっている。

このような結果を得たが、生育による成分変化があるためこの数値だけで月 (時期) と成分の詳細な関係は言及し難い部分がある。

2) 辛味成分 (アリルイソチオシアネート)

定量結果を表14に示した。ワサビの細胞内で、芥子配糖体はからし油と結合してシニグリンの形で安定している。これに力を加えると酵素ミロシナーゼの作用により、加水分解が起こり、辛味成分であるアリル芥子油 (アリルイソチオシアネート、ブチルイソチオシアネートなど) を生成する。低分子のアリル基またはフェニル基を持つイソチオシアネート類は揮発性がある¹⁴⁾。

Kumagai¹⁵⁾らは、これら辛味成分である揮発性物質を分析し、23種類中13種類がSH基を持つイソチオシアネートであることを報告。その中でもアリルイソチオシアネート (以後AIT) は、葉に55.07%、葉柄に79.57%、根茎に83.26%、根に79.39%含まれ、各部位で他の成分より多いことを報告している。したがって辛味成分の大半はAITであり、これが辛味成分の代表として一般的に定量されている。本調査でもこの物質の定量を試みた。

ワサビのAITについては、昭和59 (1984) 年に高知県で調査した報告がある。それによる

表14 各部位のアリルイソチオシアネート含有量 mg%,(%)

部位 ワサビ	葉			葉柄			根茎	根
	若	古	平均	若	古	平均		
生鮮物 (水分)	45.91 (89.92)	31.53 (86.48)	33.72 (88.20)	30.84 (90.22)	59.28 (80.47)	45.06 (85.35)	99.38 (63.29)	101.67 (84.15)
乾物	457.55	227.22	342.39	315.84	306.40	311.12	274.59	577.08

注 若：葉柄20cm以下の葉、葉柄、古：葉柄21cm以上の葉、葉柄

と静岡ダルマの辛味成分は年間を通じて、葉20～40mg%、葉柄10～20mg%、根茎60～80mgで変動する¹⁶⁾。しかし、表14に示した数字は、葉柄と根茎は40.22mg、99.38mgと高い。この原因は他の資料¹⁷⁾に、品種、系統の特性として肥大性の優れたワサビほど、単位当り根茎AIT含有量は低い傾向があると示されている。すなわち、根茎の退化現象(小型化)によると判断している。

一般的にAITの部位別含有量が最も多いのは根茎、次いで葉、葉柄という順序である¹⁸⁾。本調査で最も多かったのは根茎であるが、葉、葉柄の含有率は、33.72mg%、40.22mg%と同報告書のような順序になっていない。これらも小型化による影響ではないかと判断している。

3) 抗菌作用

ワサビには大腸菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラ菌などに対して増殖阻害作用があり、抗がん作用のあることも周知の通りである¹⁹⁾。その物質は揮発性のイソチアシアネートで、圧力、温度などをかけると更に効果のあることが報告されている²⁰⁾。

本調査では当地産ワサビの殺菌作用を確認するため、腸炎ビブリオを使用し、その結果を写真1～2に示した。

写真1は根茎をすり潰すことでAITが発生、ワサビの周りには腸炎ビブリオが現れず、抗菌作用のあることがわかる(左中の透明部分)。写真2は根茎を細断したため、AITの発生がなく殺菌効果が現れなかった。両写真とも右よりの穴は、対照区(純水投入)の穿孔である。



写真1 腸炎ビブリオ
ワサビ根茎摩砕

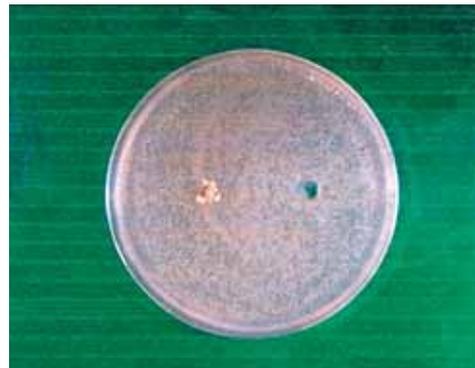


写真2 腸炎ビブリオ
ワサビ根茎細断

ま と め

栽培管理が放棄された状態のワサビの生育(大きさ)、成分などを調査し、次の結果を得た。

- 栽培田での気温は夏季高温、冬季低温となり最高値、最低値は年間通してワサビの生育に適しているとは言い難い。
- 水温は気温より栽培の好条件期間が長い、気温と同じ季節的問題がある。
- 溶存酸素は、流水温の上がる夏季に少なくなる。
- 当地の根茎は、約11gと一般的なものに比べ小型化している。これは、栄養繁殖を繰り返したためと考えられる。
- 根茎の大きさと葉、葉柄には正の相関関係があり、葉、葉柄の大きなものは、根茎も大きいことが外見から推定される。
- 1根茎あたりの葉柄数は、2～3本をピークに多くなるほど、根茎は少なくなる。
- 根茎は他部位より可溶性無窒素物が多く、AITも多い。
- 季節(月)による粗成分変化は見られるが、さらに追求する必要がある。
- 単位当たりAIT量は、他資料比較で大型ワサビよりやや多くなった。
- 殺菌効果のあることが窺えた(写真1)。

以上のようなことから当地の根茎は、他産品に比べ小型ではあるが、AITは多く、葉柄、葉の繁茂しているものは、根茎の大きいことが概略ではあるが、明らかとなった。

謝 辞

本学食物栄養科平成14年度卒業生 沖田祐典、谷崎洋平、長野明日香、鍋島綾、福島佳香、安岡典信、矢野垂希子、山岡令沙、山口桃の皆さんには共に試料の採集、計測を行っていただき感謝します。

引用文献

- 1 平岡英一 高知県におけるワサビの栽培状況調査 高知学園短期大学紀要 第34号(平成16年2月) p53～60
- 2 水野瑞夫監修 ワサビ 日本薬草全書 新日本放棄出版株式会社 p664
- 3 ワサビ 園芸植物図鑑2 小学館 p3084
- 4 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p42～43
- 5 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p36
- 6 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p37
- 7 水野瑞夫監修 ワサビ 日本薬草全書 新日本放棄出版株式会社 p663
- 8 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p39
- 9 足立昭三 ワサビの形態と生理 農業および園芸 第63巻 第5号(1988年)養賢堂 p67
- 10 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p108
- 11 伊那健宏 ワサビの育種 農業および園芸 第70巻 第1号(1995年)養賢堂 p48
- 12 柳井久江 4 steps エクセル統計 2003年1月20日発行(有)オーエムエス出版(株)星雲社 p163

- 13 星谷佳功 ワサビ 2003年5月25日発行(社)農山漁村文化協会 p32
- 14 中谷延二 辛味成分の化学と機能 香料 NO.185 平成7年(1995)3月 p63
- 15 Hitomi Kumagai et al. Analysis of Volatile Components in Essential Oil of Upland *Wasabi* and Their Inhibitory Effects on Platelet Aggregation JAPAN SOCIETY FOR BIOSCIENCE, BIOTECHNOLOGY, AND AGROCHEMISTRY (NIPPON NOGEIKAGAKU KAI) 58 (12) 1994 p2133
- 16 久武睦夫 わさびの収穫時期、品種、栽培地および辛味成分の差異 高知県工業試験場報告 第16号 昭和60年11月1日 高知県工業試験場 p39
- 17 荒川博他 ワサビ品種・系統における辛味成分含有量とその部位別分布 静岡県農業試験場研究報告 第46号(2001) 静岡県農業試験場 p40
- 18 久武睦夫 わさびの収穫時期、品種、栽培地および辛味成分の差異 高知県工業試験場報告 第16号 昭和60年11月1日 高知県工業試験場 p40
- 19 Yasujiro Morimitsu et al. Antiplatelet and anticancer isothiocyanates in Japanese domestic horseradish, Wasabi. Biofactors 13 (2000) p271
- 20 小川哲郎他 高圧とワサビ成分アリルイソチアネート添加の併用による微生物制御 近畿中国農業研究成果情報 Vol. 1997 p177~178

(2005年10月3日受付;2005年11月30日受理)