

原著論文

# 生育時期が F<sub>1</sub> 大和マナ品種の糖含量とアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性に及ぼす影響

浅尾浩史・杵本哲史・西本登志

## Growing Season Effects on Sugar Content and Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity of F<sub>1</sub> Varieties of Yamato-mana

Hiroshi ASAO, Akihito SUGIMOTO, and Toshi NISHIMOTO

### Summary

We investigated sugar contents which affect taste, and inhibitory activity on angiotensin I converting enzyme (ACE) which have blood-pressure reducing effects, during different growing seasons of F<sub>1</sub> varieties of Yamato-mana. Mean temperature less than 10°C during the growth period was effective for increasing sugar contents. Furthermore, the ACE inhibitory activity was higher than in plants which had been exposed to high temperatures during growth.

**Key Words** ACE inhibitory activity, sugar content, Yamato-mana

### 緒言

奈良県の在来品種と位置づけられている大和マナ (*Brassica rapa* L. Oleifera Group)<sup>1)</sup>はツケナの一で、奈良県は大和の伝統野菜と認定して、生産・販売支援に力を注いでいる。ダイコンの葉に類似した葉身に不規則な楕円形をした頭葉と翼葉を有する形状の葉を持ち、青菜独特のえぐみが少なく、生食や加熱など様々な料理法に適用できる長所を有している。特に冬の低温にあると甘みが増す<sup>2)</sup>ことから奈良県下では好まれて食べられてきた。しかし、生育が不揃いで収穫後の日持ちが悪い欠点や、高温期は生育が早いため収穫適期が短く、低温期は生育が遅いため収穫までに長期間を要するといった欠点を有していた。そこで、著者らはそれらの欠点を補うために自家不和合性遺伝子に着目して F<sub>1</sub> 大和マナ品種である‘夏なら菜’と‘冬なら菜’を育成した<sup>2)</sup>。

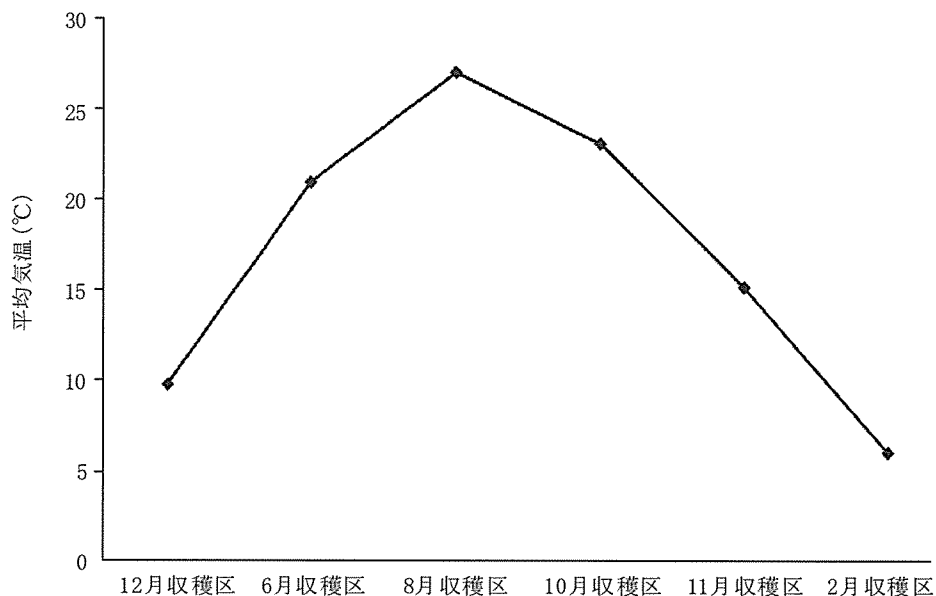
これら F<sub>1</sub> 大和マナ品種の生産を拡大するためには、食味の特徴付けや食品機能性を評価することで消費者の購買意欲を高めることが効果的であると考えられる。そこで、食味を左右する糖含量と血圧降下作用機序の一つとされるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性に対する生育時期の影響を検討した。

### 材料および方法

#### 実験 1 生育時期が F<sub>1</sub> 大和マナ品種の糖含量に及ぼす影響

供試材料として、F<sub>1</sub> 大和マナ品種‘夏なら菜’・‘冬なら菜’と固定種‘大和真菜’(ナント種苗)の 30~40cm の草丈に生育した個体の葉身と葉柄を用いた。試験区は以下の 6 区とした。①12 月収穫区 (2010 年 10 月 26 日播種, 同年 12 月 21 日収穫), ②6 月収穫区 (2011 年 5 月 24 日播種, 同年 6 月 23 日収穫), ③8 月収穫区 (2011 年 7 月 4 日播種, 同年 8 月 1 日収穫), ④10 月収穫区 (2011 年 9 月 1 日播種, 同年 10 月 3 日収穫), ⑤11 月収穫区 (2011 年 10 月 18 日播種, 同年 11 月 22 日収穫), ⑥2 月収穫区 (2011 年 11 月 24 日播種, 2012 年 2 月 13 日収穫)。また、各収穫区の生育期間日数と生育期間中の平均気温 (第 1 図) は、それぞれ、12 月収穫区は 56 日・9.9°C, 6 月収穫区は 30 日・20.9°C, 8 月収穫区は 28 日・26.9°C, 10 月収穫区は 32 日・23.0°C, 11 月収穫区は 34 日・15.2°C, 2 月収穫区は 81 日・6.2°C であった。栽培は、サイドに 0.6mm 目合いの防虫ネット (SL3200) を有する雨よけハウスで、条間 15cm, 株間 7.5cm の 4 条植えとし、10a 当たり成分量で窒素 15kg, リン酸 15kg およびカリ 15kg を元肥として施用した。サンプリングした個体は葉身と葉柄に分けて凍結乾燥後に粉碎し、糖含量の測定のための粉末試料とした。

上記粉末試料に 20 倍量の蒸留水を加え、80°C で 1



第1図 各収穫区における生育期間中の平均気温  
Fig.1 Mean temperature during growing period in each crop plot

時間振とう (100rpm) し、その後遠心分離 (3,000g, 10 分間) により得た上澄みを 1/10 希釈して試料溶液とした。この試料溶液を F-キット (J.K.インターナショナル) を用いて酵素反応させ、340 nm の吸光度を測定して、スクロース、グルコースおよびフルクトースの含量を算出した。なお、3 株を 1 サンプルとして 3 サンプルを測定して、Tukey-Kramer 法による多重検定を行った。

#### 実験2 生育時期が F<sub>1</sub> 大和マナ品種の ACE 阻害活性に及ぼす影響

実験1で作成した粉末試料に 20 倍量の蒸留水を加え、40°C で 30 分間振とう (100rpm) し、その後遠心分離 (3,000g, 10 分間) により得た上澄みを原液とした。原液を段階的に希釈した試料溶液を ACE kit-WST (同仁化学研究所) による ACE 阻害活性の測定に用いた。ACE kit-WST は、3-Hydroxybutyryl-Gly Gly(3HB- GGG) から切りだされてくる 3-Hydroxybutyric acid(3HB) を酵素法により検出する方法であり、マイクロプレートリーダー (BIO-RAD) で 450 nm の吸光度を測定した。なお、ACE 阻害活性は 50% 阻害するために必要な試料濃度を IC<sub>50</sub> 値 (mg/ml) として算出した。なお、3 株を 1 サンプルとして 3 サンプルを測定して、Tukey-Kramer 法による多重検定を行った。

## 結果

#### 実験1 生育時期が F<sub>1</sub> 大和マナ品種の糖含量に及ぼす影響

3 品種とも 2 月収穫区の葉身のスクロース、フルクトースおよびグルコースを合わせた糖含量は、8 月収穫区、10 月収穫区および 11 月収穫区と比較して約 2 倍であり、12 月収穫区と 6 月収穫区の糖含量はそれらの中間の値であった (第 2 図)。また、12 月収穫区の葉身の糖含量は、‘夏なら菜’ > ‘冬なら菜’ > ‘大和真菜’ の順に有意に高く、一方、8 月収穫区の葉身の糖含量は、‘大和真菜’ > ‘冬なら菜’ > ‘夏なら菜’ の順に高い傾向となった。一方、葉柄の糖含量は 3 品種とも、12 月収穫区 > 2 月収穫区 > 10 月 = 11 月収穫区 > 6 月収穫区 > 8 月収穫区の順に高い傾向であった (第 3 図)。また、‘冬なら菜’ の葉柄の糖含量は全生育時期において他の 2 品種よりも高く、特に、11 月収穫区と 2 月収穫区で有意に高かった。

異なる生育時期における糖構成比を検討したところ、3 品種とも 12 月収穫区と 2 月収穫区の葉身のフルクトースとスクロースの構成比率が他の収穫区と比較して高かった (第 4 図)。一方、6 月収穫区と 8 月収穫区以外の収穫区における葉柄の‘冬なら菜’ のフルクトースの構成比率は、他の 2 品種と比較して高い傾向であった (第 5 図)。

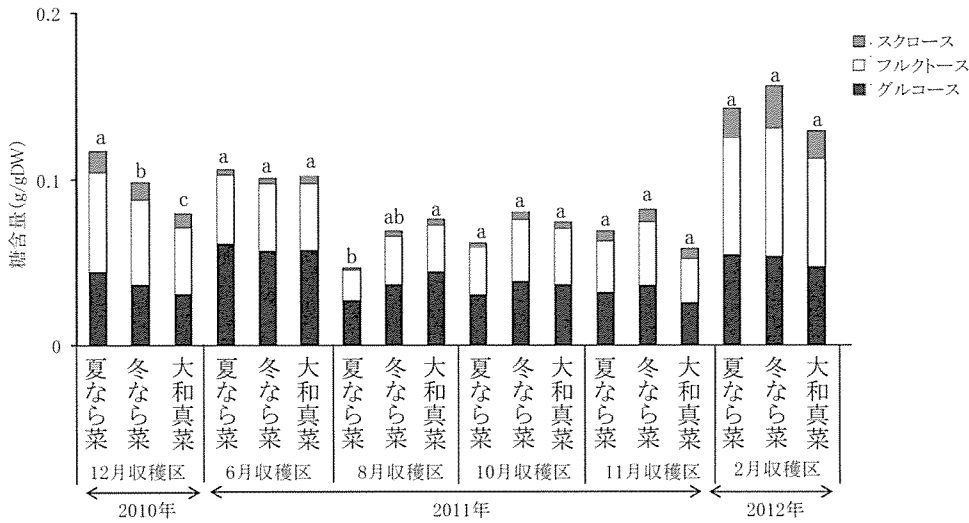
#### 実験2 生育時期が F<sub>1</sub> 大和マナ品種の ACE 阻害活性に及ぼす影響

葉身の 10 月収穫区と葉柄の 2 月収穫区の‘冬なら菜’の ACE 阻害活性は、‘大和真菜’と比較して有意に高かったが、その他の葉身と葉柄の収穫区において ACE 阻害活性の品種間差は認められなかった(第 6 図, 第 7 図). 葉身と葉柄とも 6 月収穫区, 8 月収穫区および 10 月収穫区の ACE 阻害活性は, 12 月収穫区, 11 月収穫区および 2 月収穫区と比較して高かった. また, 全ての収穫区において, 葉身の ACE 阻害活性

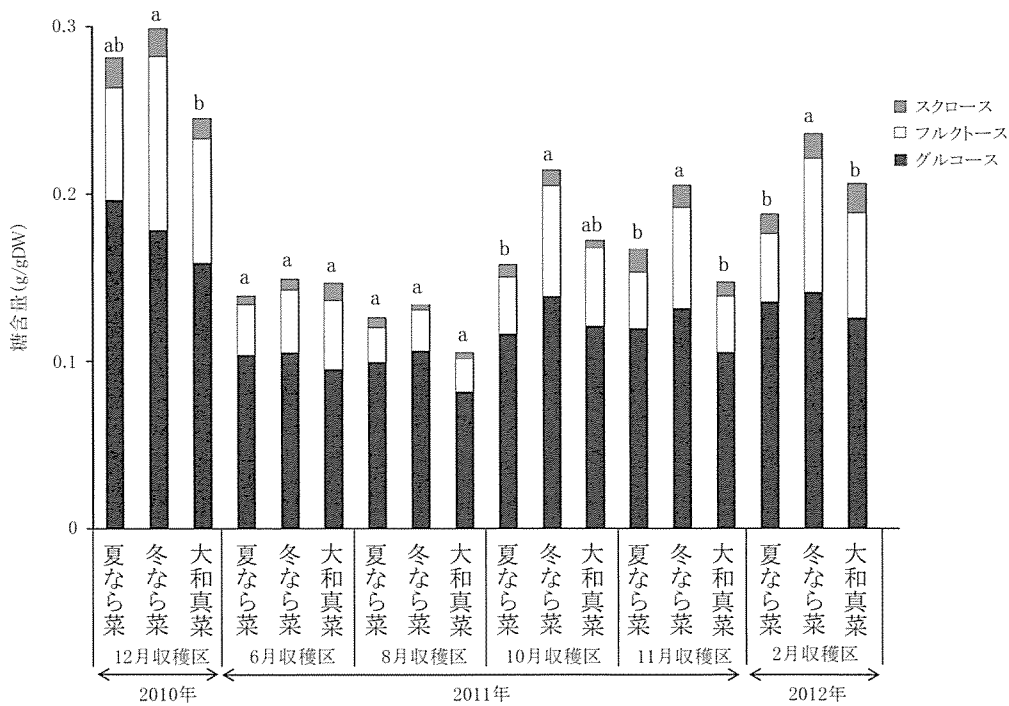
は葉柄よりも高かった.

### 考 察

糖含量が最も高くなるのは, 葉身では 2 月収穫区で, 葉柄では 12 月収穫区であった結果は, 生育期間中に低温にさらされると植物体の糖含量は増加する



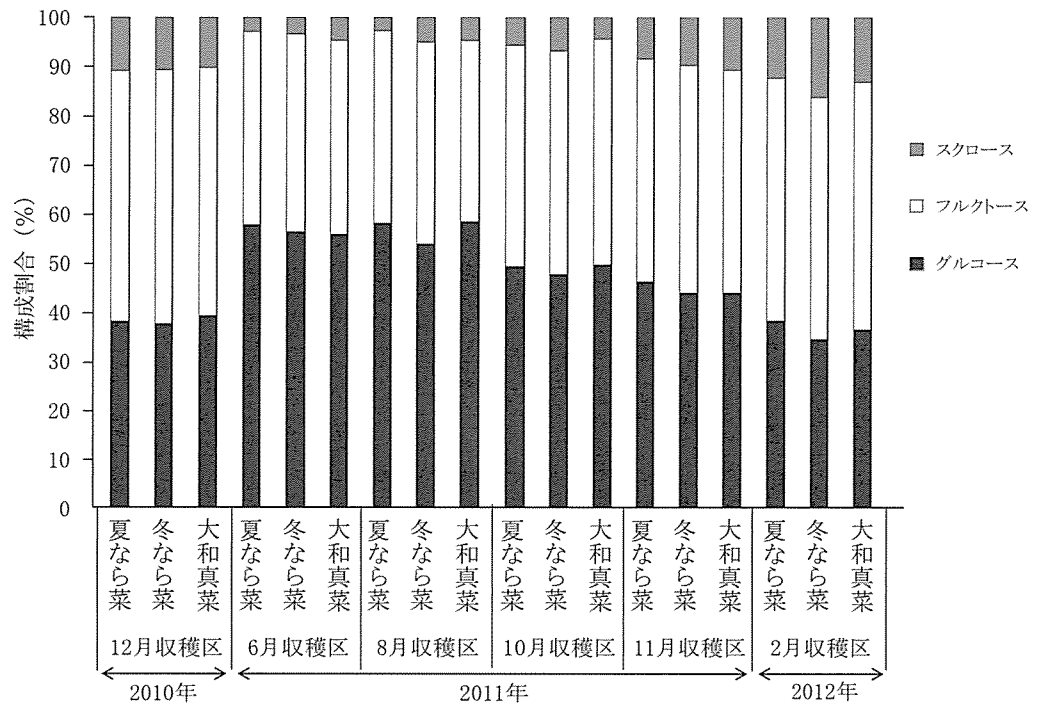
第2図 異なる生育時期における F<sub>1</sub>大和mana品種の葉身における糖含量  
 Fig. 2 Sugar content of the leaf blade of F<sub>1</sub>Yamato-mana in different growing seasons  
 同一収穫時期における全糖含量の異なる文字間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり



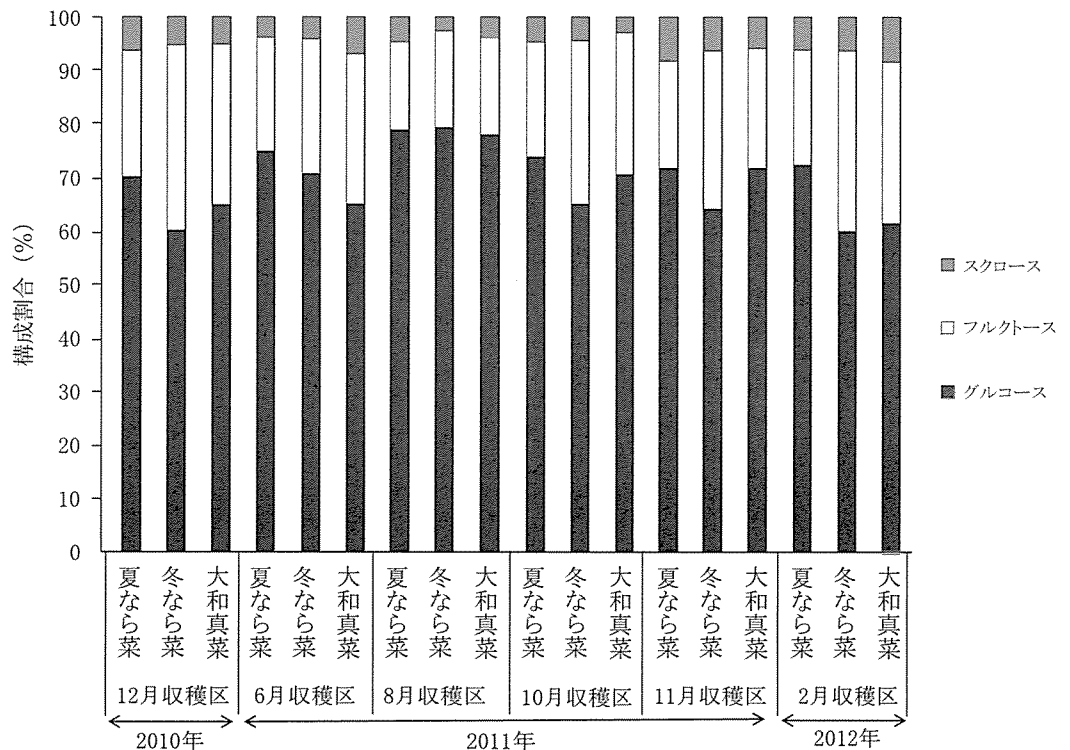
第3図 異なる生育時期における F<sub>1</sub>大和mana品種の葉柄における糖含量  
 Fig. 3 Sugar content of the petiole of F<sub>1</sub>Yamato-mana in different growing seasons  
 同一収穫時期における全糖含量の異なる文字間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり

6.7)が、部位によって糖含量が増加する時期が微妙に異なることを示している。また、2月収穫区と12月収穫区の生育期間中の平均気温がそれぞれ6.2℃と9.9℃であったことは、生育期間中の平均気温を10℃

以下にすることが、大和マナの糖度を高めるのに効果的であることを示唆している。さらに、3品種とも低温にさらされた2月収穫区と12月収穫区の葉身においてフルクトースの構成比率が顕著に高まった結



第4図 異なる生育時期におけるF1大和マナ品種の葉身における糖構成の変動  
Fig.4 Changes in sugar content of the leaf blade of F1 Yamato-mana in different growing seasons

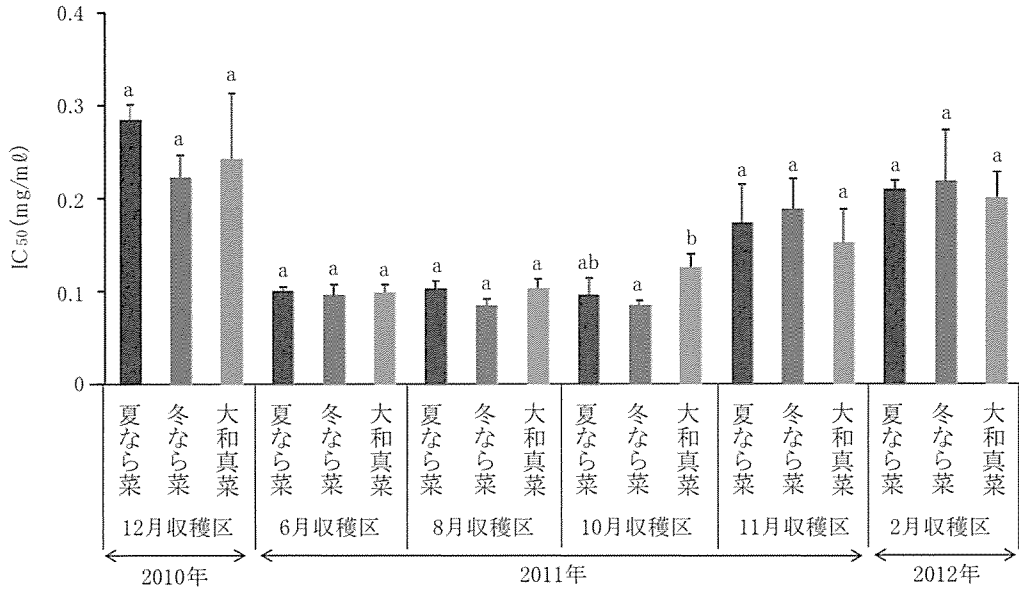


第5図 異なる生育時期におけるF1大和マナ品種の葉柄における糖構成の変動  
Fig.5 Changes in sugar content of the petiole of F1 Yamato-mana in different growing seasons

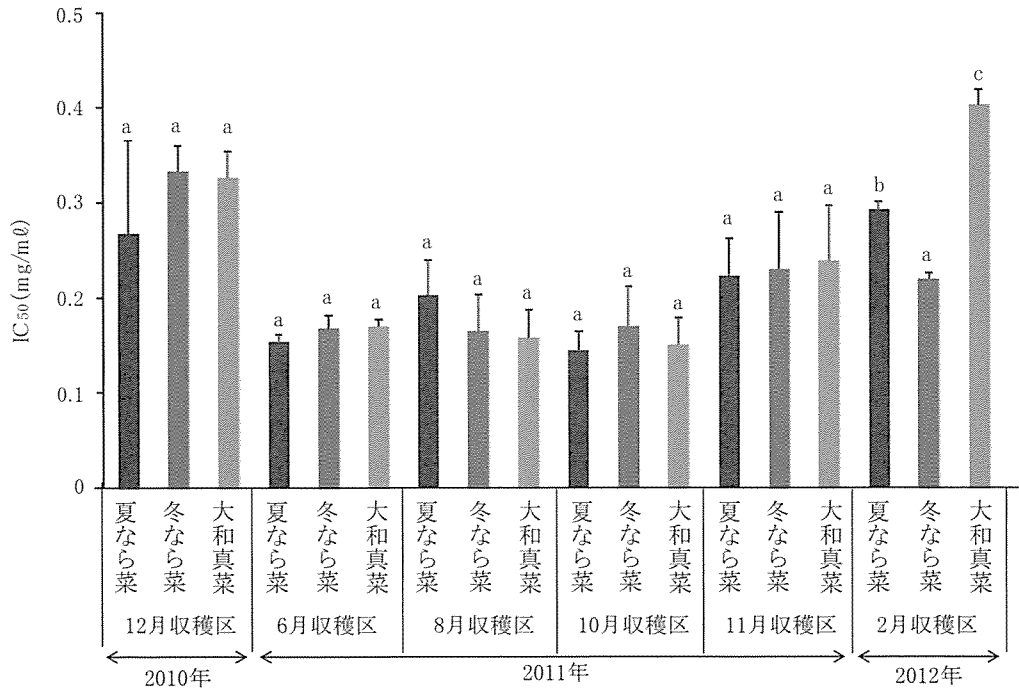
果は、低温が大和マナの葉身の糖代謝関連遺伝子の発現を変動させたと考えられる。また、低温にさらされて糖度が増加した‘冬なら菜’の葉柄のフルクトースの構成比率が、他の2品種よりも高かったことは興味深い。

一方、供試した3品種において、生育期間中の気

温が20℃以上であった6月収穫区、8月収穫区および10月収穫区のACE阻害活性は、他の収穫区と比較して高かった。この結果は、高温下で植物体を生育させるとACE阻害活性が高まることを示唆している。‘中島菜’では播種時期や収穫時期を変えてもACE阻害活性に差がないと報告されている<sup>8)</sup>ように、これ



第6図 異なる生育時期におけるF<sub>1</sub>大和マナ品種の葉身におけるACE阻害活性  
 Fig. 6 ACE inhibitory activity of the leaf blade of F<sub>1</sub> Yamato-mana in different growing seasons  
 図中の縦棒は標準偏差 (n=3)  
 同一収穫時期におけるACE阻害活性の異なる文字間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり



第7図 異なる生育時期におけるF<sub>1</sub>大和マナ品種の葉柄におけるACE阻害活性  
 Fig. 7 ACE inhibitory activity of the petiole of F<sub>1</sub> Yamato-mana in different growing seasons  
 図中の縦棒は標準偏差 (n=3)  
 同一収穫時期におけるACE阻害活性の異なる文字間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり

までに生育時期によって ACE 阻害活性が変化したという報告はなく、生育期間中の気温の違いが ACE 阻害活性を変えたという知見は本報が初めてである。また、いずれの収穫区においても葉身の ACE 阻害活性は葉柄よりも高く、これはサツマイモの葉身の ACE 阻害活性が葉柄よりも高いという結果<sup>3)</sup>と同様な傾向であった。さらに、3 品種の ACE 阻害活性は、血圧降下作用があるとされるキノコ<sup>4)</sup>や豆腐<sup>5)</sup>と同水準の阻害活性を示した。

F<sub>1</sub> 大和マナ品種について、生育時期別に食味を左右する糖含量と機能性の一つである ACE 阻害活性を詳細に測定したところ、生育時期によってそれらの値が顕著に変動した。これらの結果は、奈良県が伝統野菜である大和マナを生産振興していくうえで、有用な情報となるであろう。

### 摘 要

F<sub>1</sub> 大和マナ品種の生産を拡大するために、食味を左右する糖含量と血圧降下作用機序の一つとされるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性に対する生育時期の影響を検討した。生育期間中の平均気温を 10°C 以下にすることが、大和マナの糖度を高めるのに効果的であった。さらに、高温下で大和マナを生育させると ACE 阻害活性が高まることが判明した。

### 引用文献

1. 青葉 高. 1964. 本邦そ菜在来品種の地理的分布と分類に関する研究 (第 4 報) ツケナ在来品種の分類と地理的分布について. 園学雑. 32: 65-72.
2. 浅尾浩史・西本登志・越智康治・梶田季生・高山誠司. 2011. S ハプロタイプに着目して育成した F<sub>1</sub> 大和マナ品種 (‘夏なら菜’と‘冬なら菜’). 近畿中国四国農研. 19: 15-19.
3. 石黒浩二・吉元 誠・鏑田仁人・高垣欣也. サツマイモ茎葉の血圧降下作用. 2007. 食科工誌. 54: 45-49.
4. 伊澤華子・青柳康夫. 2006. キノコのアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性. 食科工誌. 53: 459-465.
5. 伊澤華子・吉田 望・白貝紀江・青柳康夫. 2008. 豆類のニコチアナミン含量とアンジオテンシン I 変換酵素阻害活性. 食科工誌. 55: 253-257.
6. 和泉眞喜子・高屋むつ子・堀江秀樹・木矢博之. 2008. 秋期ハウレンソウの品種, 栽培条件, 生育期間の違いによる有機酸や糖含量の変動および茹で調理による変化, 食味との関連. 調科誌. 41: 126-133.
7. 木矢博之. 2006. 冬季におけるツケナ類の収量および品質関連成分. 奈良農技セ研報. 37: 19-24.
8. 三輪章志・吉村香奈子. 1998. 中島菜のアンジオテンシン I 変換酵素阻害能について. 石川農総研報. 21: 45-51.