

群馬県産ナスのアセチルコリン含量について

大澤 実・石原 智・石原寛登

要 旨

群馬県産ナスのアセチルコリン (ACh) 含量について、2021年6月から翌3月にかけて調査を実施した。分析総数は77点で、100 g 当たりの含有量の最大値は15.3mg、最小値は4.0mgであった。最大値を示したのは西毛 (JA6) の11月産、最小値は中毛 (JA3) の9月産であった。主要品種の「くろべえ」について収穫時期別にみると、11月産の含有量が高い値であった。また、西毛 (JA6) と中毛 (JA3) のデータを使い整理すると、収穫前30日間の最低気温の平均値と含有量の間には負の相関、日較差の平均値と含有量の間には正の相関があり、最低気温や日較差が含有量に影響を及ぼしていることが示唆された。

はじめに

2019年に発足した「G-アナライズ&PRチーム」は、「健康」をキーワードに群馬県産食材をPRするための特別チームである。このチームは分析班、生産振興班、PR班で構成され、県産食材の成分分析からPR動画等の作成までを一体的に取り組むチームである。これまでに、「イチゴ」「トウモロコシ」「リンゴ」「豚肉」「上州地鶏」などを取り上げ、県産食材のPRに貢献してきた¹⁾。当技術センターは分析班メンバーとして、発足当初から分析業務を担当している。本報告は、2021年に群馬県産ナスの機能性表示食品化を目指す取組の一環として「G-アナライズ&PRチーム」の予算により実施された「群馬県産ナスのACh含量調査」の結果をとりまとめたものである。

ナスは、栄養機能性に関してこれまでほとんど注目されてこなかった。しかし、2016年に信州大学でナス果実にコリンエステル (アセチルコリン) が豊富に含まれていることが明らかにされ、注目されるようになった²⁾。それによると、ナスには他の作物と比較し1000倍以上も多く含有されていることが明らかになった。その後、品種による含有量の違い、ナス果実中における部位別分布、栽培方法や栽培管理による違い、抗高血圧作用の確認、気分改善効果の確認など精力的に研究が進められているところである^{3, 4, 5, 6)}。また、社会実装の点では、2021年に

「高知ナス」による機能性表示食品化の実現も行われている^{7, 8)}。「高知ナス」で表示されている内容は「高めの血圧 (拡張期血圧) が気になる方へ」で、機能性関与成分は「ナス由来コリンエステル (アセチルコリン)」、必要含有量は生鮮ナス100 g 当たり2.3mgである。

コリンエステル (アセチルコリン) は抗高血圧作用、気分改善作用が期待できる神経伝達物質である。その作用メカニズムは自律神経調節によるものである。すなわち、経口により摂取されたコリンエステル (アセチルコリン) は消化管の受容体に作用し、求心性副交感神経活動を亢進し、遠心性交感神経を抑制することで抗高血圧作用を示すのである。

ナスの生産に目を向けると、群馬県は2021年実績で作付面積全国第1位、出荷量第3位、夏秋ナスに限定すると5年連続日本一の大きな産地である。産地として品質の良いものを安定して生産することはもちろんだが、新たな価値の付加、例えば、機能性表示食品としての展開、未利用ナスの有効活用の取組などが必要とされている。先にも述べたが、本調査は群馬県産ナスの機能性表示食品化を目指す取組の一環として実施されたものである。現在、本調査結果等を基にJA全農ぐんまから2023年8月に群馬県産ナスの機能性表示食品届出 (初回) を行ったところである。

調査方法

表1 2021年度 群馬県産ナスのアセチルコリン含量（月別）

場所	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
JA1 中毛	8.4	7.1	6.5	8.1	4.6	—	—	—	—	—	
JA2 中毛	—	8.0	8.0	7.6	7.5	—	—	—	—	5.4	
JA3 中毛	7.1	6.8	5.0	4.0	4.1	8.7	5.9	5.2	5.9	13.4	
JA4 中毛	—	10.3	7.6	7.2	6.9	—	—	—	—	—	
JA5 西毛	5.8	5.8	4.4	7.4	5.3	—	—	—	—	—	
JA6 西毛	10.7	8.0	8.6	11.7	7.1	15.3	—	—	—	—	
JA7 西毛	—	8.2	6.3	8.2	7.1	—	—	—	—	—	
JA8 西毛	5.0	4.9	4.7	5.1	—	—	—	—	—	—	
JA9 西毛	6.2	7.8	5.9	7.8	6.6	—	—	—	—	—	
JA10 北毛	—	8.4	5.5	7.8	6.3	—	—	—	—	—	
JA11 北毛	—	7.5	5.5	7.1	—	—	—	—	—	—	
JA12 東毛	—	9.9	7.6	7.2	7.5	9.3	11.3	6.4	8.4	7.0	
JA13 東毛	—	7.0	7.0	6.5	5.1	12.4	7.8	7.5	7.9	8.0	
JA14 東毛	—	7.1	6.4	6.6	5.6	—	—	—	—	—	
平均	7.2	7.6	6.4	7.3	6.1	11.4	8.3	6.4	7.4	8.5	
最大	10.7	10.3	8.6	11.7	7.5	15.3	11.3	7.5	8.4	13.4	
最小	5.0	4.9	4.4	4.0	4.1	8.7	5.9	5.2	5.9	5.4	
SD	1.9	1.4	1.2	1.7	1.1	2.6	2.2	0.9	1.1	3.0	
品種	くろべえ 千両二号	くろべえ 千両二号 大黒田	くろべえ 千両二号 大黒田	くろべえ 千両二号 大黒田 千両	くろべえ 千両二号	くろべえ とげなし輝楽 TNA168	とげなし輝楽 とげなし輝楽 TNA168	とげなし輝楽 とげなし輝楽 TNA168	とげなし輝楽 とげなし輝楽 式部	とげなし輝楽 とげなし輝楽 式部	とげなし輝楽 とげなし輝楽 式部

※ TNA168は 後の「PC鶴丸」

調査期間は2021年6月から2022年3月、対象は県内14地域JAである。分析試料は全農ぐんま及び地域JAの協力により収集した。栽培方法は地域の慣行とし、各月ごとの主な産地から1ケースの試料を提供して頂いた。ACh含量の分析は信州大学での委託分析とした。

結 果

分析の結果を表1に示す。ACh含量の月別平均値はナス100g当たり6.1mg～11.4mgの範囲であり、全体の平均値は7.3mgであった。個別の最大値は15.3mg、最小値は4.0mgであった。最大値を示したのは西毛（JA6）の11月産、最小値は中毛（JA3）の9月産であった。

1 品種別の比較

主な栽培品種についてACh含量の比較を行った（図1）。収穫時期の条件等が揃っていない中での比較となるが、品種によるACh含量分布の中央値には大きな違いは認められなかった。一方で、「くろべえ」には外れ値が存在していた。外れ値は全て西毛（JA6）産で、10.7mgは6月産、11.7mgは9月産、15.3mgは11月産であった。

2 JA別の比較

JA別にACh含量の比較を行った（図2）。西毛（JA6）が大きな値を含む分布となり中央値9.7mgを示した

が、それ以外は6～8mgを中心としたほぼ同様の分布であった。また、中毛（JA3）、東毛（JA13）には外れ値として大きな値が存在した。

3 収穫時期別の比較

収穫時期別にACh含量の比較を行った（図3）。中央値をみていくと、11月が10.9mg、それ以外は6.4～7.9mgであり、11月が特に高い値を示していた。9月には外れ値が存在し、小さい外れ値は中毛（JA3）の4.0mg、大きい外れ値は西毛（JA6）の11.7mgであった。また、12月と3月は値の大きい側に裾の広がった分布傾向であった。なお、6月～11月は露地栽培、12月～3月は半促成ハウス栽培である。

考 察

群馬県産ナスの機能性表示生鮮食品化を目指して、ACh含量の調査を行った。

1 群馬県産ナスのACh含量

県内14地域JAを対象に調査を実施した結果、含有量の最小値はナス100g当たり4.0mgであった。AChは抗高血圧作用や気分改善効果を示すことが知られており、その必要含有量は2.3mgである⁶⁾。これらのことから、群馬県産ナスにおいては、ナス1本当たり60gの重さがあれば、健康機能を発揮する必要含有量2.3mgを上回ることができることが示唆された。ナスの出荷規格をみるとAS階級の選別標準

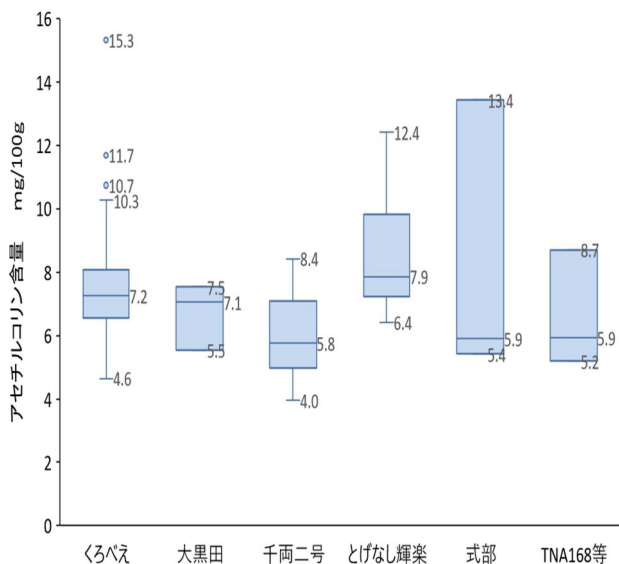


図1 アセチルコリン含量の品種比較
注) 図中の数値は、下から最小値、中央値、最大値を示す。
「くらべえ」には外れ値が存在する。

が70~80gであり、AS規格のナス1本でも必要含有量を十分上回ることができることを示している。また、先行事例の「高知なす」^{7, 8)}と比較すると、「高知なす」は必要含有量を満たすためには2本のナスを必要とするが、群馬県産ナスの場合は1本でよく、その点は優位性がある。

2 Ach 含量の品種間差

本調査で取り扱った6品種（「くらべえ」「大黒田」「千両二号」「とげなし輝楽」「式部」「TNA168」等）については、図1で示したようにACh含量の中央値に大きな違いは認められなかった。しかし、ナスのACh含量は品種によって大きく異なることが報告されている³⁾。したがって、今後、栽培品種の切り替えが行われた時には留意する必要がある。

3 収穫時期とACh含量

収穫時期とACh含量については、図3に示したとおり、9月に大小各々の外れ値が存在していた点と11月の値が大きい点が特徴的であった。そこで、9月に外れ値を示した中毛(JA3)と西毛(JA6)に着目した。この2地域を収穫時期別に比較すると、共通して収穫のある6月~11月の期間において、常に西毛(JA6) > 中毛(JA3)の関係にあった(図4)。このことから、地域比較や気象要因等の解析を進める際には、特徴が明確に異なるこの2地域に着目すると良いと考えられる。

次に、11月の値が大きかった点について確認する目的で、単一の品種で収穫時期別に整理してみた。品種は「くらべえ」とした。それによると、11月産は明らかに値が大きい分布となっていた(図5)。信

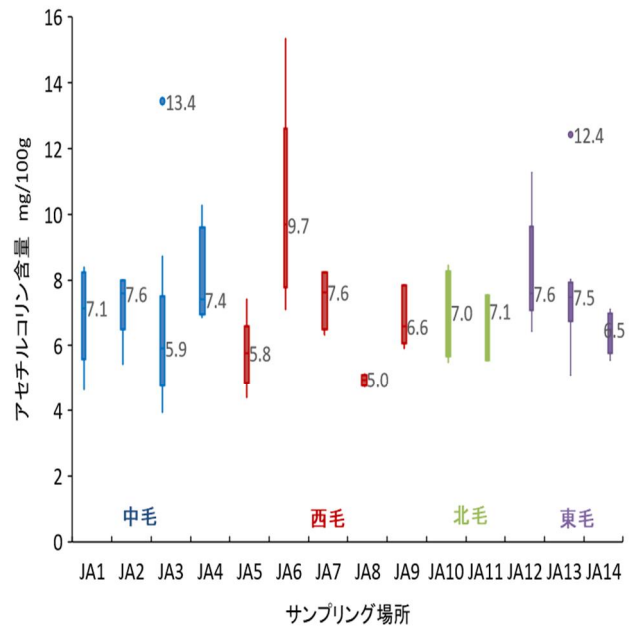


図2 地域JA別のアセチルコリン含量
注) 図中の数値は中央値を示す。
分析対象はR3年度6月から翌3月までの期間に生産されたナスで各JAにより品種や生産の期間が異なる。JA3とJA13には外れ値が存在する。

州大学が中心となり2017年から2019年に実施したナス機能性コンソーシアムの成果によると、ナスの施設栽培において採光の増大と低夜温管理によりACh含量が高まると報告している⁹⁾。これらのことから、露地栽培においては気温、特に最低気温がACh含量に影響を与えるのではと考えた。そこで、中毛(JA3)と西毛(JA6)の6月~11月までのデータを使い、収穫前30日間の最低気温の平均値とACh含量との関係性をみると、負の相関が認められた($r = -0.59^*$) (図6)。このことは、最低気温が下がると含有量が高まる傾向にあることを示唆している。また、収穫前30日間の日較差の平均値、すなわち最高気温と最低気温の差の平均値とACh含量との関係性をみると正の相関が認められた($r = 0.66^*$) (図7)。このことは、最低気温だけでなく、日較差もACh含量に影響を与え、日較差が大きくなるような条件で栽培されるとACh含量が高まる傾向にあることを示している。今後は、地域サンプルによる露地栽培での再現性の検証及び施設栽培による精密な検証が必要であろう。

4 植物におけるACh

植物におけるAChについては、桃木の総説がある^{10, 11)}。それによると、ササゲ、キュウリ、ダイコンにおいて熱帯適応性品種と温帯適応性品種を比較すると、熱帯適応性品種でACh含量が高く、熱ストレス後の葉の萎凋の程度が低く、萎凋からの回復も早

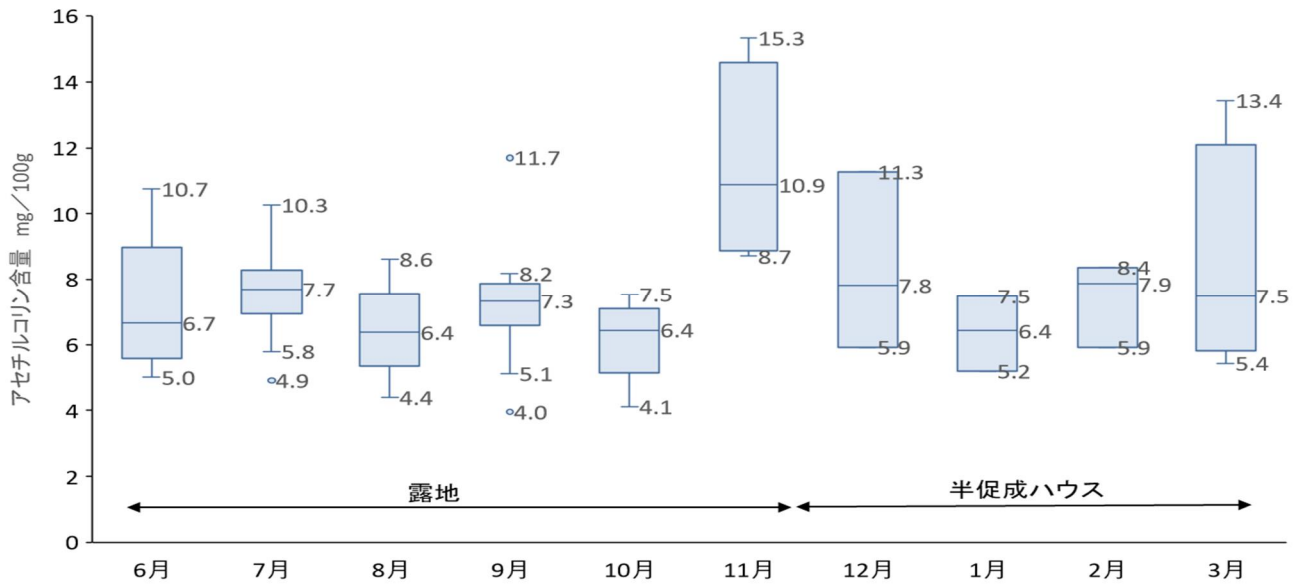


図3 群馬県産ナスのアセチルコリン含量の月別推移（露地、半促成ハウス）
注) 図中の数値は下から、最小値、中央値、最大値を示す。
9月には外れ値が存在する。

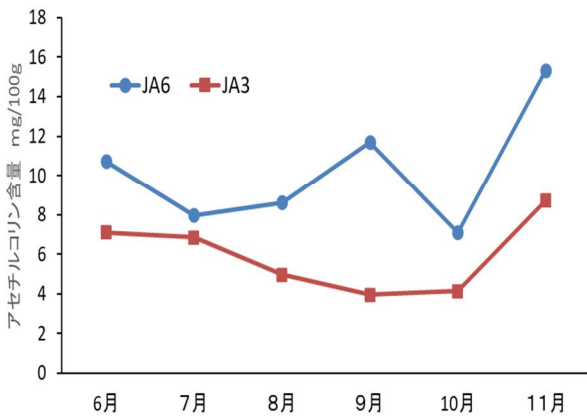


図4 JA3とJA6におけるアセチルコリン含量の月別推移(2021産 露地)

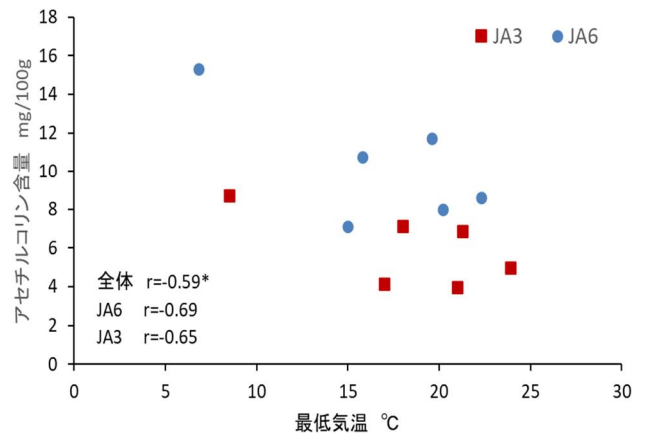


図6 アセチルコリン含量と収穫前30日間の最低気温の平均値との関係

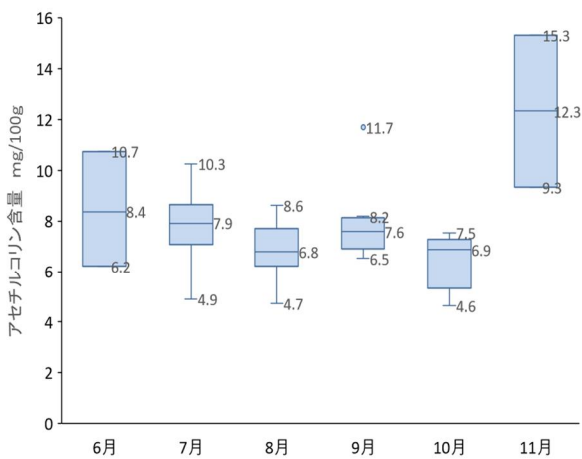


図5 「くろべえ」における収穫時期別のアセチルコリン含量（露地）
注) 図中の数値は、下から最小値、中央値、最大値を示す。
9月には外れ値が存在する。

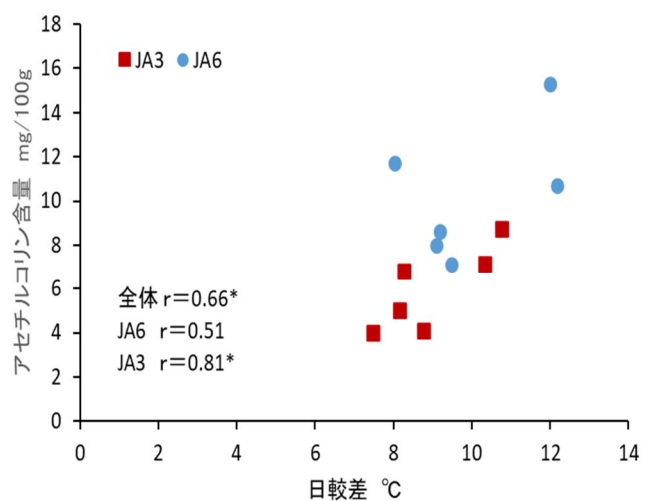


図7 アセチルコリン含量と収穫前30日間の日較差の平均値との関係

い。熱帯適応性品種の熱ストレス下における葉の萎凋からの迅速な回復はAChの量的変化に起因している。AChは熱ストレスによる萎れからの回復に必要な

な伝達物質なのである。また、植物により貯蔵部位も異なる。アブラナ科のダイコンでは葉身・葉柄・根に、ウリ科のキュウリでは葉・茎・節・根に、ナス

科のジャガイモは塊茎に蓄積する。

本調査では、収穫前30日間の最低気温の平均値とナス果実中のACh含量の間には負の相関があり、最低気温が下がると含有量が高まる傾向が示されている。ナスにおいては、強日射下でのストレスに対する対応以外に、低温ストレスによっても適応反応が活発になり、反応伝達物質のACh含量が高まっているのかもしれない。また同様に、収穫前30日間の日較差の平均値とACh含量との間にも正の相関が認められており、大きな温度変化のようなストレスによっても適応反応が活発になるのかもしれない。

おわりに

本調査は群馬県産ナスの機能性表示食品化を目指す取組の一環として実施され、その後、2023年8月にはJA全農ぐんまから群馬県産ナスの機能性表示食品届出(初回)が行われた。このことから、2024年度には社会実装が達成できる見通しとなった。機能性関与成分をコリンエステル(アセチルコリン)とした生鮮食品の実用化事例としては、施設ナスの「高知なす」があるが、露地ナスでは初めての事例となる。新しい価値を付加した生鮮食品としての展開に期待したい。また、機能性関与成分のAChは熱に安定な化合物である。生鮮食品だけでなく6次産業化等での加工品利用の展開にも期待したい。現在、規格外として推定で年間約9万トンのナスが未利用のまま廃棄されている。未利用ナスの利活用が進めば、環境負荷軽減に貢献できるであろう。また、機能性ナスコンソーシアムの成果によれば、施設栽培で採光増大と低夜温管理を行うことでACh含量が高まる⁹⁾。直射日光を十分に受けられ、適度な低温にさらされる露地栽培は、施設栽培に比べ日較差も大きくなりやすく、ACh含量を高めやすい栽培環境なのかもしれない。群馬県におけるナス生産は露地栽培を中心としており、ACh含量の水準を比較的高めに維持するためには都合の良い生産環境なのかもしれない。さらに、農産物のCO₂排出量の参考値(農水省)によれば、露地ナス栽培(1,560kg/10a)、施設ナス栽培(18,000kg/10a)であり、露地ナス栽培は施設ナス栽培と比較すると、CO₂の排出量は1/10以下である。この点も産地として優位な点である。地の利を生かしつつ、機能性表示食品化を通して、環境負荷軽減と生産振興に貢献できることを期待したい。

謝 辞

本調査はG-アナライズ&PRチームの取組として実施しました。本調査の実施にあたり、チーム関係者ならびにサンプル提供にご協力いただいたJA全農ぐんま、地域JAの担当者の皆様に心より感謝申し上げます。また、アセチルコリン分析に際して、信州大学 中村浩蔵准教授には多大なるご尽力を賜りました。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 群馬県農政部ぐんまブランド推進課. 2020. G-アナライズ&PRチームレポート.
https://aic.pref.gunma.jp/know/prefectural-action/analyze_pr (2023年8月29日 閲覧)
- 2) Wang, W. et al. 2020. LC-MS/MS Analysis of Choline Compounds in Japanese-Cultivated Vegetables and Fruits. *Foods*. 9 : 1029
- 3) Wang, W. et al. 2021. Investigation of the Distribution and Content of Acetylcholine, a Novel Functional Compound in Eggplant. *Foods*. 10 : 81
- 4) Yamaguchi, S. et al. 2019. Antihypertensive effects of orally administered eggplant (*Solanum melongena*) rich in acetylcholine on spontaneously hypertensive rats. *Food Chemistry* 276 : 376-382
- 5) Yamaguchi, S. et al. 2021. Differential Antihypertensive Effects of Oral Doses of Acetylcholine between Spontaneously Hypertensive Rats and Normotensive Rats. *Foods*. 10 : 2107
- 6) Nishimura, M. et al. 2019. Daily Ingestion of Eggplant Powder Improves Blood Pressure and Psychological State in Stressed Individuals: A Randomized Placebo-Controlled Study. *Nutrient*. 11 (11) : 2797
- 7) 消費者庁. 機能性表示食品の届出情報検索.
<https://www.fld.caa.go.jp/caaks/cssc02/?recordSeq=42303170110901> (2023年8月29日 閲覧)
- 8) JA高知県. 「高知なす」機能性表示食品に.
<https://ja-kochi.or.jp/action/midori/chiikikas-seika/16364/> (2023年8月29日 閲覧)

9) ナス高機能化コンソーシアム. 2020. ナスの新規機能性成分・コリンエステル（アセチルコリン）富化栽培法.

https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/keiei/result/files/keiei_2020_result-k025-y01.pdf (2023年8月29日 閲覧)

10) 桃木芳枝. 1995. 植物におけるアセチルコリン. 植物の化学調節. 30(1) : 49-61

11) 桃木芳枝. 1998. 作物の環境刺激応答系におけるアセチルコリンの役割. 日本作物学会紀事. 67(3) : 273-283

(Key Words : Eggplant , Acetylcholine ,Foods with functional Claims)

Distribution and Content of Acetylcholine in Eggplant Cultivated in Gunma Prefecture

Minoru OSAWA, Satoru ISHIHARA and Hiroto ISHIHARA