

|               |   |
|---------------|---|
|               | ワムブラウ ダニエル サドドラク  |
| <b>氏 名</b>    | <b>WAMBRAUW Daniel Zadrak</b>   |
| 本籍（国籍）        | インドネシア  |
| 学位の種類         | 博士（農学）  |
| 学位記番号         | 連研第704号   |
| 学位授与年月日       | 平成30年3月23日  |
| 学位授与の要件       | 学位規則第5条第1項該当課程博士  |
| 研究科及び専攻       | 連合農学研究科 生物生産科学  |
| <b>学位論文題目</b> | <b>Study of the effects of light on the quality of green asparagus spears cultivated by winter fusekomi forcing culture and basic gene expression analysis of flavonoid related genes（グリーンアスパラガスの冬季伏せ込み促成栽培における補光処理が若茎の品質に及ぼす影響ならびにとフラボノイド関連遺伝子の発現解析）</b> |
| 学位審査委員        | 主査 弘前大学 准教授 前田 智雄<br>副査 本多 和茂（弘前 准教授）,山崎 篤（岩手 客員教員）,<br>西澤 隆（山形 教授）   |

### 論文の内容の要旨

In Japan, fusekomi forcing culture has been conducted to produce asparagus in winter. However, there are some problems such as the color of the spear is pale, and rutin content is lower due to the low light intensity. Supplemental lighting was introduced to fusekomi forcing system to solve this problem. According to the number of lamps and irradiation time, rutin contents were getting higher and spear color also getting better. Blue light shows significant role to enhance rutin whereas UV-B seems to causes damage to the spears.

Gene expression analysis of flavonoid related genes were also conducted in order to understand the relationship between light and flavonoid biosynthesis in asparagus. The downstream genes in flavonoid biosynthesis pathway, *FLS* were significantly higher in light exposed green spears comparing to white spears, which do not contain rutin. *FLS* were found increased according to the number of lamps and gradually increasing as the pigmentation began on the spears. *FLS* expression was begun to increase even before the coloration and rutin was detected. These results indicating that, in the molecular side, biosynthesis of rutin is already beginning just after light exposure and even before the discoloration occurred.

In conclusion, by artificially introducing or improve the light conditions in the fusekomi forcing culture, spear color become better and rutin content increased. These studies also indicating that supplemental lighting treatments could be used by the farmers because besides it is easy to conduct, it also has the secondary merit as a heat source. *FLS* is one of the key enzymes that react to the present/absent of light and play an important role in the rutin biosynthesis.

日本国内におけるアスパラガスの伏せ込み促成栽培は、グリーンが主体であるが、冬場の低日照条件により若茎の色が淡く、機能性成分であるルチン含量も少ないという問題があった。これ

らの問題を解決するために、冬季伏せ込み促成栽培に補光処理(蛍光灯)を導入して試験を行った。その結果、無処理区に比べ補光処理区において若茎の色が良化し、ルチン含量が増加することがわかった。また蛍光灯の本数や照射時間にともない、ルチン含量が高くなり、若茎の色も良化することも明らかにした。さらに、異なる光質、特に青色光によってルチン含量が変動することも示した。一方、本研究で行った条件では UV-B 処理は若茎にダメージを与えることが明らかになった。ルチン含量が補光処理によって高まるメカニズム解明するため、フラボノイド生合成に関する遺伝子発現解析を行った。その結果、ルチン生合成経路の下流に存在している *FLS* 遺伝子の発現量がグリーンでは有意に高く、遮光したホワイトではきわめて低いことを見いだした。また、蛍光灯の本数や光の照射時間にもなって *FLS* 遺伝子の発現量は次第に高くなり、また *FLS* 遺伝子の発現は暗黒から光照射を開始した直後からはじまることを明らかにした。このことから、アスパラガスにおける光環境に応答する主な遺伝子は *FLS* 遺伝子であり、ルチン生合成は光照射直後に始まっていることがわかった。

本研究の結果から冬季伏せ込み促成栽培に補光処理を用いることで、低コストでかつ簡単に栽培環境を最適に調節することができ、人為的にルチンなどの有用成分の含量を制御することが可能であり、さらにアスパラガスにおける光環境に応答する遺伝子は *FLS* 遺伝子であることが明らかになった。

### 論文審査の結果の要旨

本研究は、アスパラガスの高収益作型である冬季間の「伏せ込み促成栽培」において、若茎の色が淡く、フラボノイド化合物であるルチン (Quercetin-3-O-rutinoside) 含量も春どり作型に比較して低いという問題点を解決するために、蛍光灯型照明装置による補光技術について検討したものである。本研究でワムブラウ・ダニエル・ザドラク氏は、伏せ込み促成栽培の栽培システムに蛍光灯装置を設置し、ランプの本数や補光処理の時間、波長の種類などについて詳細に検討を行う一方、ルチン生合成経路の光応答に関する基礎的知見を得ることを目的として、生合成経路の各遺伝子の発現解析を行った。その結果、白色蛍光灯による 16~24 時間/日の補光処理により、若茎に含まれるルチン含量は本数や時間に伴って有意に増加した。また、白色光では若茎の緑色が濃くなり、外観品質も良化することを明らかにした。

一方、青色光ではルチンは増えるものの若茎色は濃くならず、また UV-B ランプによる補光では若茎が激しくダメージを受けることも明らかにした。さらに、ルチンの生合成に関する遺伝子発現解析により、アスパラガスにおいては *FLS* 遺伝子が光応答の Key enzyme であることを初めて明らかにした。本栽培技術は生産現場でも容易に取り組むことが出来る手法であり、補光の余熱による副次的な昇温効果もメリットになるため、本研究の現地試験を行った産地では実際に一部の生産者が本技術を導入されているそうである。よって本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

D.Z.K. Wambrauw, T. Kashiwatani, A. Komura, H. Hasegawa, K. Narita, S. Oku, T. Yamaguchi, K. Honda and T. Maeda. 2016. Effect of supplemental light on the quality of green asparagus spears in winter 'Fusekomi' forcing culture. *Environmental Control in Biology* 54(3): 147-152.