

表4. 解析試料の葉緑体DNA *trnK*領域と核DNA 18S rRNA領域による総合判定結果

| <i>trnK</i> 領域と18S rRNAの配列型から導かれる判定結果 |                                          |                                       |                      |                                             |
|---------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|
| Sample                                | Description                              | 18S rRNA領域における判定                      | <i>trnK</i> 領域における判定 | 鑑別結果                                        |
| #1                                    | <i>Ephedra</i> spp. 阪大→和歌山→筑波            | przewalskii (sinica) x equisetina (?) | equisetina type      | sinica, przewalskii x equisetina (?)        |
| #2                                    | 0149-03 <i>E. sinica</i> (園場株)           | sinica                                | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| #3                                    | 0388-79 Ep-59 <i>E. procera</i>          | equisetina                            | equisetina type      | <i>E. equisetina</i> など                     |
| #4                                    | 0351-79 Ep-30-108 <i>E. ciliata</i>      | przewalskii (sinica) x equisetina (?) | equisetina type      | przewalskii x equisetina (?)                |
| #5                                    | 0381-79 Ep-13 <i>E. distachya</i>        | equisetina                            | przewalskii          | sinica, przewalskii x equisetina (?)        |
| #6                                    | 0149-03 <i>E. sinica</i> (オリーブ下株)        | sinica                                | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| #7                                    | 0358-79 Ep24-74 <i>E. intermedia</i>     | przewalskii                           | przewalskii          | <i>E. przewalskii</i>                       |
| #8                                    | 0369-79 Ep-39,300-1 <i>E. equisetina</i> | przewalskii (sinica) x equisetina (?) | equisetina type      | sinica, przewalskii x equisetina (?)        |
| U-ki                                  | 「シナマオウ」                                  | sinica x equisetina type (?)          | equisetina type      | <i>E. sinica</i> x <i>E. equisetina</i> (?) |
| U-ka#1                                | <i>E. sinica</i> Es145L4                 | Si-II sinica                          | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| U-ka#2                                | <i>E. sinica</i> Es513L6                 | Si-II sinica                          | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| U-ka#3                                | <i>E. sinica</i> Es611D4                 | Si-II sinica                          | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| U-ka#4                                | <i>E. sinica</i> Es611L1                 | Si-II sinica                          | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| Pref-Tok#1                            | <i>E. sinica</i>                         | sinica                                | sinica               | <i>E. sinica</i>                            |
| Pref-Tok#2                            | <i>Ephedra</i> spp.                      | przewalskii                           | przewalskii          | Ep-24 type                                  |
| Pre-Toy                               | <i>Ephedra</i> spp.                      | equisetina                            | przewalskii          | Ep-13 type                                  |

| <i>trnK</i> 領域と18S rRNAの配列型から導かれる判定結果                     |                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #1-#8について 568-605のリピート回数から、#1-#8のサンプルにintermediaはないことが確定。 |                                                                                                         |
| #1, #4, #8                                                | #1, #4, #8は父親をsinicaまたはprzewalskii、母親をequisetina型とする交雑種と考えられる。<br>なお#8の <i>trnK</i> はequisetina型との報告あり。 |
| #3                                                        | #3は <i>trnK</i> と18S rRNAの両者のパターンから判断するとequisetina型と判定される。                                              |
| #2, #6                                                    | #2, #6のパターンはsinicaのSi-Iとidenticalであり、#2, #6はsinicaと確定される。                                               |
| #5                                                        | #5は <i>trnK</i> はprzewalskii型だが、18S rRNAはequisetina等のタイプ。<br>植物種確定できない[Kitaniらの報告(Ref. 1)にはないタイプ]。      |
| #7                                                        | #7は <i>trnK</i> と18S rRNAの両者のパターンから判断するとprzewalskiiと判定される。                                              |
| U-ki株                                                     | U-ki株は18S rRNAの結果から、sinicaとequisetina型の交雑種と考えられるが、 <i>trnK</i> の型から、<br>母親がequisetina型と推定される。           |
| U-ka株                                                     | U-ka導入「シナマオウ」はsinicaと確定される。                                                                             |
| Pref-Tok#1                                                | <i>E. sinica</i> (Si-I型)と判定された。                                                                         |
| Pref-Tok#2                                                | センター保有系統Ep-24と同型と判定された。                                                                                 |
| Pref-Toy                                                  | センター保有系統Ep-13と同型と判定された。                                                                                 |

平成25年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
薬用植物、生薬の持続的生産を目指した新品種育成および新規栽培技術の開発  
並びにこれらの技術移転の基盤構築に関する研究（H25-創薬-一般-003）  
分担研究報告書

分担研究課題：薬用植物の省力化、機械化栽培技術の確立と栽培に適した環境条件の  
調査に関する研究  
-根茎を利用する薬用植物の機械収穫方法の開発-

研究分担者 村上 則幸 農研機構北海道農業研究センター 上席研究員  
研究協力者 井上 聡 農研機構北海道農業研究センター 主任研究員  
研究協力者 林 茂樹 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究員  
研究協力者 菱田 敦之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究サブリーダー

要旨 これまで建設機械等を利用しても多大な労力を要していたカンゾウの収穫の連続機械収穫方法を考案し、従来方法に比べ、将来的には4倍の作業能率で収穫できることを確認した。本技術では、列状に栽培されているカンゾウ列の両端に溝を切り、ストロンを切断することによって、従来堀上が不可能であった根菜の堀上機による堀上が可能となった。ストロンの切断については、振動サブソイラ型とコールタ型の2つの方法を考案し、利用するトラクタの馬力や求められる作業能率によって両手法を使い分けることが適当と考えられる。

#### A. 研究目的

多年生植物であるカンゾウ属植物の一部の根やストロン（地下茎）を乾燥させたものは甘草と呼ばれ、漢方処方の70%以上に処方される最も汎用性の高い生薬原料として知られている。これは医薬品原料として極めて有用であるばかりでなく、ショ糖の約150倍という独特な甘味を有しているため、医薬品に限らず、醤油や菓子等の甘味料としても大量に消費されているが、殆ど全てが野生品で賄われており、中国等の原産国からの輸入に頼っているのが現状である。そのため、国内での栽培の各種方法が検討されている。

しかしながら、カンゾウ属植物は、根やストロンを土壤に深くかつ広域に張り廻らす性質があるため、通常の根菜類の収穫に用いられる各種堀取り機では、地中に強固に張り付いたカンゾウ属植物の根やストロンが堀取り機に絡まってトラクタが前進することができなくなるため、これらを利用すること

ができなかった。そのため、現状ではバックホー等の重機を用いて土壤を広範に掘り起こし、根やストロンを手作業で收拾する方法を採らざるを得ず、収穫に甚大な時間と労力を要していた。本研究ではこの問題を解決するために、省力かつ効率的にカンゾウを収穫できる機械収穫方法の開発を目的とする。

#### B. 研究方法

（1）振動型サブソイラによるストロン切断前処理による連続機械収穫の可能性調査

2012年10月25日に、医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部（名寄市）カンゾウ栽培圃（栽培期間10年）にて実施した。収穫機として、ワサビ（根菜）収穫機（スラットチェーンを利用したコンベア型）（図1）を用いた。収穫の前処理に、振動サブソイラ（N社製、最大作業深さ45cm、機体重量125kg、適応トラクタ16-30ps）（図2）にてストロン切断のため、刃を深さ

40cm まで差し込み、作物列の両端を走行した。この処理後に、収穫機による収穫作業を行い、作業能率や回収率を調査し、慣行（パワーショベル利用）と比較した。

（2）ディスク型ストロン切断装置の試作と性能評価

前処理の作業能率向上を目的として、振動サブソイラ（K社製、SVシリーズ）のフレームをベースに図3に示すデュアルディスク型のストロン切断装置（材質 一般構造用鋼材、ディスク直径90cm、厚さ3.2mm）を試作、その作業性能を調査した。

調査は、2013年10月10-11日に前年同様医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部（名寄市）カンゾウ栽培圃にて実施した。

## C. 研究結果

1) 振動型サブソイラによるストロン切断前処理の機械収穫への効果

2) ディスク型ストロン切断装置の試作と性能評価

予備試験にて、シングルディスクでの作業が可能であったことから、カンゾウ列両端の同時処理を行った。その結果、作業深さ30cm以上を確保して最高速度1.0m/sでの作業が可能であった。土中のストロン切断状況を調べたところ、ディスクが到達した深さではストロンは切断されており、切断性能は問題なかったがただし、作業速度が速くなると作業深さは浅くなる傾向にあった。その他、圃場によっては、トラクタのローリング（左右の傾き）等の影響で、両ディスクの作業深さが異なることがあった。実用上は0.5～1.0m/sが望ましい。作業深さを確保するためには、作業機に荷重が必要であり、作業機本体質量を約200kgとして、さらに300kg、合計で約500kg以上が必要であった。この荷重を3点リンクで保持するため、この作業には75馬力以上のトラクタを要する（今回はK社製75馬力トラクタを使用）。

## D. 考察

根菜類の掘取り機によるカンゾウの連続

収穫を目的として、ストロン切断の前処理の有効性を検討した。その結果、

1) 振動型サブソイラを応用した切断では、作業は低速であるものの、小型トラクタでの処理が可能であり。比較的小規模栽培での収穫では有効である。

2) ディスク型は作業能率の向上面で有効であるが、大馬力のトラクタを必要として、大規模栽培向きである。

3) 土中のストロンの切断状況から、収穫作業のためには切断深さは最低30cmは必要であり、できれば35cm以上が望ましい。

また、処理の間隔は収穫機の掘り取り部コンベアの幅と合わせた切断間隔（供試収穫機では40cm）に設定することが望ましい。

## E. 結論

根茎を利用する薬用植物の収穫方法を考案し、その効果をカンゾウで確認した。その結果、作物の両脇をストロンカッタで前処理することによって、従来方法に2倍以上の能率で作業が可能となり、一層の作業能率向上の可能性も示唆された。

開発した2種類の方法は、栽培規模や保有するトラクタ馬力などに合わせて、使い分けることが可能である。

また、開発手法は、薬用植物の地下部を簡便且つ効率的に収穫することができるので、カンゾウ属植物のように地中で地下部が複雑かつ広範に発達する品種の薬用植物の地下部の収穫へも応用可能である可能性が極めて高く、汎用性の高い手法である。

## F. 健康危険情報

本研究において健康に危険を及ぼすような情報は無い。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

1) 村上則幸：北海道における農業機械化と薬用植物研究の歴史および機械化薬用植物栽培の展望、特産種苗、16(9)、31-34(2013)

### 2. 学会発表

なし

# H. 知的財産権の出願・登録状況

村上、菱田、林、中西、薬用植物の地下部の  
収穫方法、特願2013-250775号、2013. 12



図1 供試収穫機



図2 振動型サブソイラ型ストロン切断機（刃がトラクタの前後に振動する）



図3 試作ディスク型ストロン切断装置



図4 2012年収穫のカンゾウ（根長1m以上）

表1 収穫時間及び地下部の回収率

| 収穫方法   | 反復 | 10m<br>収穫時間 | 作業人数 | 収量(kg/6m <sup>2</sup> ) |      | 地下部の<br>回収率(%) |
|--------|----|-------------|------|-------------------------|------|----------------|
|        |    |             |      | ストロン                    | 根重   |                |
| 従来法    | 1  | 14分11秒      | 2    | 6.90                    | 2.80 |                |
|        | 2  | 12分59秒      | 2    | 6.28                    | 2.58 |                |
|        | 平均 | 13分35秒      |      | 6.59                    | 2.69 | 100.0          |
| 根菜収穫機法 | 1  | 収穫不能        |      |                         |      |                |
|        | 2  |             |      |                         |      |                |
|        | 平均 |             |      |                         |      | 0.0            |
| 改良収穫機法 | 1  | 2分44秒       | 1    | 7.16                    | 2.36 | 102.6          |
|        | 2  | 3分 3秒       | 1    | 5.42                    | 2.78 | 88.4           |
|        | 平均 | 2分55秒       |      | 6.29                    | 2.57 | 95.5           |

平成25年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
薬用植物、生薬の持続的生産を目指した新品種育成および新規栽培技術の開発  
並びにこれらの技術移転の基盤構築に関する研究（H25-創薬-一般-003）  
分担研究報告書

分担研究課題：薬用植物の省力化、機械化栽培技術の確立と栽培に適した環境条件の  
調査に関する研究  
-栽培に適した環境条件の調査に関する研究-

研究分担者 村上 則幸 農研機構北海道農業研究センター 上席研究員

研究協力者 井上 聡 農研機構北海道農業研究センター 主任研究員

研究協力者 林 茂樹 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究員

研究協力者 菱田 敦之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究サプリーダー

要旨 月平均気温（温度環境）と月降水量（水分環境）を図化したハイサーグラフによって、気象学的に栽培環境の評価する手法を検討した。甘草の事例では、自生地である内モンゴル地域との類似性が高いのは、北海道東部であることが分かった。日本海側では冬季の降水量（気温が低温の場合は降雪）が多く、瀬戸内式気候である松山では、夏季の気温が高かった。これらの地点での栽培試験結果と組み合わせて解析することにより、栽培適地としての評価が期待される。

#### A. 研究目的

北海道のような寒地の大規模土地利用型農地において、農業を取り巻く情勢の変化に伴い、新規作物の導入可能性が検討されている。これは経済効果のみならず、近年の夏季高温や多雨、干ばつのような極端気象が多発する気候変動条件下の生産リスク分散としても期待される場所である。薬用植物は、国内と異なる気象条件の諸外国で栽培されているものが多く、新規作物としての可能性を十分に秘めているが、気象学的検討がきわめて不十分であり、導入に向けての障害になっている。

そこで、栽培に適した環境条件の調査を実施し、薬用植物の国内栽培の基盤を整備することが目的である。研究の目的を達成することにより、薬用植物の栽培における生産者の負担を軽減して国内栽培を促進し、医薬品原料の安定供給を図ることができる。さらに、新規作物として地域の産業振興に貢献する

ことが期待できる。

#### B. 研究方法

作物の栽培環境は、気象学的にみると、大きく2つの気象要素、すなわち温度環境・水分環境で表現される。光合成に必要なのは日射であるが、日射がある場合には気温が上昇し、雨が降らないため、日射環境は他の2要素との相関関係にある。

したがって、薬用植物の栽培適地を検討する際には、現在の栽培地または自生地の温度環境・水分環境との類似性を検討すればよいことになる。しかしケッペン等の各種気候区分評価に見られるように、夏季に高温であっても水分環境が湿潤か乾燥かによって、気候が大きく異なり、栽培環境としても大きく異なるため、温度環境のみ、水分環境のみを単独で比較するのではなく、温度環境・水分環境を総合して比較検討する必要がある。

そこで本研究では、温度環境・水分環境を

総合して評価するため、ハイサーグラフの考え方を導入した。これは、縦軸に各月の平均気温（℃）、横軸に各月の降水量（mm）をプロットした図であり、2次元座標上の位置を読み取ることにより、温度環境・水分環境を同時に把握できる特徴を持つ。

平成25年度は、甘草（ウラルカンゾウ）の栽培試験結果と比較するため、全国8ヶ所の栽培試験実施地点近傍の気象庁観測地点における月平均気温・月積算降水量の平年値（1981～2010年の30年平均値）を入手し、ハイサーグラフに作図した。また、同様に自生地である中国内モンゴル自治区2ヶ所の月平均気温・月積算降水量平年値を入手し、作図した。

### C. 研究結果

図1に日本各地の甘草栽培試験地（8ヶ所）を示す。これらの近傍の気象庁観測地点は、北海道 名寄、遠別、比布、美幌、札幌、芽室、愛媛県 松山、秋田県 大正寺となる。また、中国内モンゴル自治区2ヶ所として、リンシー、ブグトの観測値を使用した。

図2に名寄、遠別、比布、美幌およびリンシー、ブグトのハイサーグラフを示す。また、図3に札幌、名寄、芽室、松山、大正寺およびリンシー、ブグトのハイサーグラフを示す。ハイサーグラフは同色の一連の矢印で示す。矢印の出発点の座標が、1月平均気温平年値（縦軸）・1月積算降水量平年値（横軸）であり、矢印の順に、2月平均気温平年値・2月積算降水量平年値、3月平均気温平年値・3月積算降水量平年値、…、12月平均気温平年値・12月積算降水量平年値となる。調査地点は、全て北半球に位置するため、1月プロットが低温・冬季としてハイサーグラフ下部に位置し、春以降の気温上昇につれてハイサーグラフ上部に移動し、夏季に最上部となり、秋季以降下降する動きを示す。同様に、降水量の多・少の変動は、それぞれ横軸の右・左への移動で示される。

甘草自生地である中国内モンゴルのリンシー（紫）、ブグト（水色）では、冬季が低温であり、降水量が非常に小さいため、ハイ

サーグラフの左下に位置する。春季の気温上昇と共に座標も上昇するが、相変わらず降水量が少ないため、右方向には移動しない。5月以降は気温上昇とともに降水量も増加するため、右上方向に座標が移動し、6・7月をピークとして、気温・降水量ともに減少して秋季を迎え、降水量の無い乾燥状態で冬季に戻る、という年間の気象推移を示す。

北海道内の観測地点では、冬季の気温は内モンゴル地点と類似しているため、同様の座標にあるが、比較的降水量が多いため、ハイサーグラフ上の位置は右寄りとなる。9月以降の秋季にはさらに降水量が増えるため、内モンゴルとは水分環境が大きく異なる。北海道内を比較すると、美幌（左図黒）や芽室（右図茶）での秋季降水量（水分環境）が少ないため、相対的に内モンゴル地点に近いことが分かった。

また、松山、大正寺では、高温（特に夏季）、高土壌水分であったため、北海道内より内モンゴル地点との類似性は少ないことが分かった。

### D. 考察

内モンゴルと比較すると、北海道の類似性が高く、特に美幌や芽室が高かった。これらの地点は北海道東部にあり、梅雨前線、秋雨前線、冬型降雪といった降水パターンがなく、降水は基本的に低気圧に由来する特徴がある。したがって、甘草の栽培気象環境の観点からは、北海道東部地域の類似性が高い。一方、日本海側各地点では、冬季降水量は季節風（西高東低の冬型気圧配置）によってもたらされるため、冬季の降水量が多く、類似性が低い。松山は、瀬戸内式気候のため降水量（水分環境）は乾燥気味だが、下記の高湿影響が懸念される。以上の気象学的検討を基に、実際の栽培試験結果と比較することによって、栽培環境適性が解明されるが、それは次年度以降の課題である。

### E. 結論

月平均気温と月降水量を図化したハイサーグラフによって、気象学的栽培環境の評価

手法を検討した。甘草の事例では、自生地である内モンゴル地域との類似性が高いのは、北海道東部であることが分かった。

F. 健康危険情報

本研究において健康に危険を及ぼすような情報はない。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

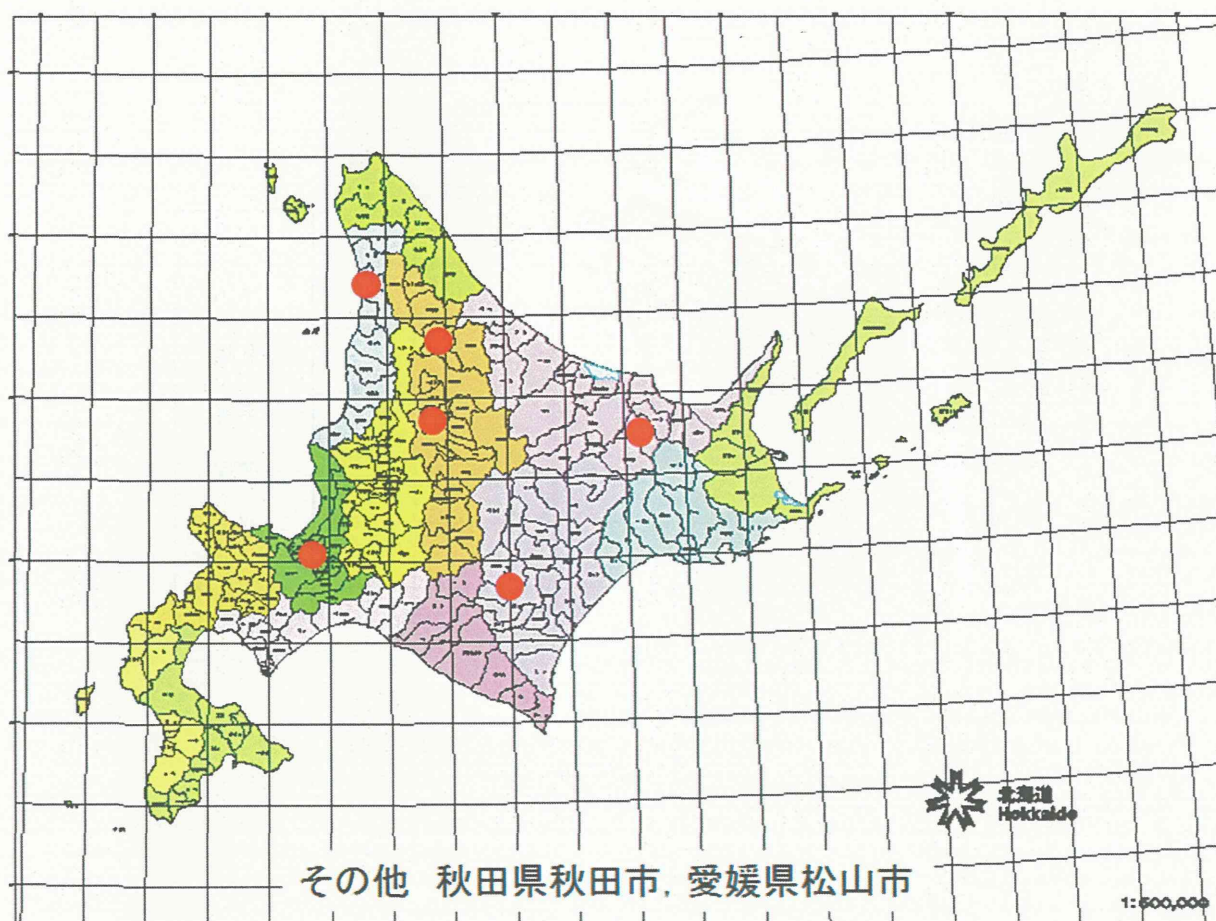


図1 日本各地の甘草栽培試験地（8ヶ所）

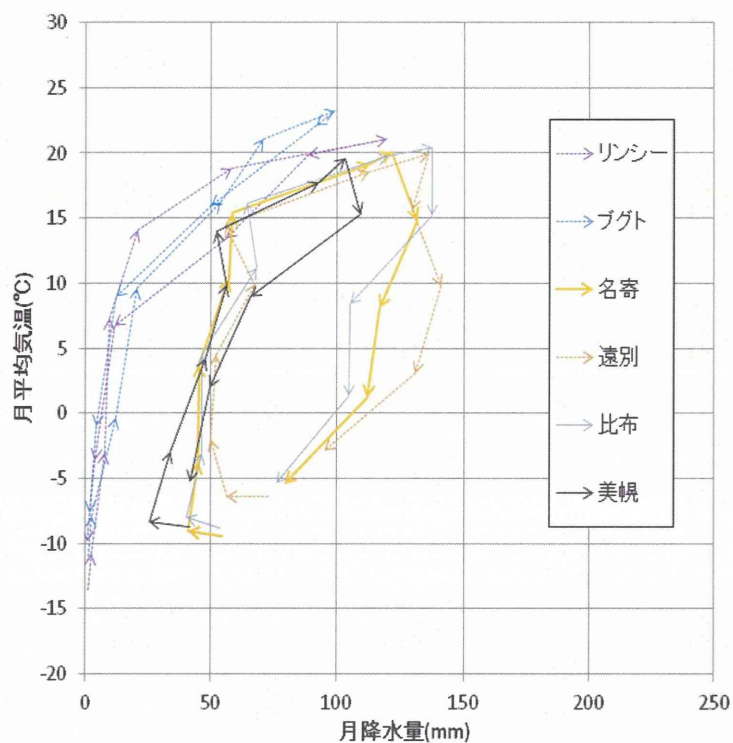


図2 名寄、遠別、比布、美幌のハイサーグラフ、およびリンシー、ブグトのハイサーグラフ

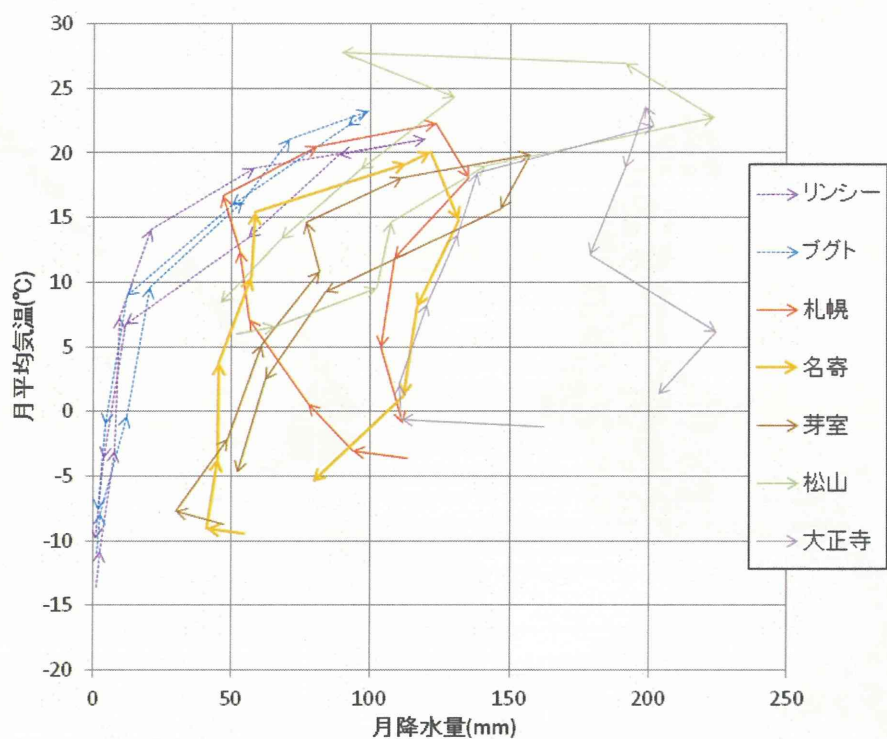


図3 札幌、名寄、芽室、松山、大正寺のハイサーグラフ、およびリンシー、ブグトのハイサーグラフ

平成25年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
薬用植物、生薬の持続的生産を目指した新品種育成および新規栽培技術の開発  
並びにこれらの技術移転の基盤構築に関する研究（H25-創薬-一般-003）  
分担研究報告書

分担研究課題： 薬用植物の国内栽培化に関する研究

研究分担者 熊谷 健夫 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 主任研究員  
研究協力者 林 茂樹 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究員  
研究協力者 福田 達男 北里大学薬学部附属薬用植物園 准教授  
研究協力者 菊池 健太郎 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 技術補助員  
研究協力者 菱田 敦之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究サプリーダー  
研究協力者 渕野 裕之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 室長  
研究協力者 渡辺 信 琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設 准教授  
研究協力者 河野 徳昭 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 主任研究員  
研究協力者 竹脇 大気 東京理科大学薬学部

要旨 現在、国内で利用される生薬原料の約80%は中国で生産されているが、近年、中国の経済成長に伴い価格は上昇しており、このような背景から、日本の国内栽培の振興が期待されている。本報告ではムラサキの国内栽培化にむけて行った試験と新規栽培指針作成の植物としてナイモウオウギ、サジオモダカ、メハジキの試験さらに薬用植物のペーパーポット育苗栽培法の開発に関する研究結果を報告する。

ムラサキの栽培では土壌の排水性が高い圃場での栽培または土壌水分ポテンシャルを-80 kPa~20 kPaに制御することによりムラサキの生育および色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。また、圃場の土壌水分の制御方法を検討し、ビニルマルチまたはリビングマルチによる土壌乾燥化処理によって収量または色素含量が向上することが実証された。

生薬黄耆の基原植物であるナイモウオウギの栽培指針作成を目的として、生育および特性分類の調査を実施した結果、北海道名寄市における圃場栽培では1年生根の乾物収量が135~223kg/10aとなり、キバナオウギの1.39~1.55倍の収量となることが判明した。また、生薬の形状としてはナイモウオウギの根はキバナオウギと比較して分枝根が少なく、直根性がより強い形質を有していることが確認された。さらに、本試験から得られたナイモウオウギの草状、葉、茎、花、根の形状、生態的特性、収量性の結果に基づき、特性分類表原案を作成した。

サジオモダカの栽培では、抽苔を避けるため短日条件で温暖な気候という環境が必要になるが、今回、冬季に短日条件で温暖な気候であるサジオモダカ栽培条件を満たす琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設（沖縄県）と、その対照区として北里大学薬学部附属薬用植物園（神奈川県）でサジオモダカの実証栽培を行った。

## A. 研究目的

現在、国内で利用される生薬原料の約 80% は中国で生産されているが、近年、中国の経済成長に伴い価格は上昇しており、このような背景から、国内栽培の振興が期待されている。

薬用植物の栽培と品質に関する指針は、1992 年（昭和 63 年）に作成を開始し、「薬用植物 栽培と品質評価」として Part1～12、合計 63 品目の指針が作成され、書籍が発刊されている。

近年、薬用植物の国内栽培の再開が期待される中で、同指針の役割は大きい。

本報告ではムラサキの国内栽培化にむけて行った試験結果の報告と新規栽培指針植物としてナイモウオウギ、サジオモダカ、メハジキの試験結果について、さらに薬用植物のペーパーポット育苗栽培法の開発に関する研究結果を報告する。

国内におけるムラサキの栽培体系を確立するため、ビニルマルチおよびリビングマルチ栽培が土壌水分環境、生育および色素含量へ及ぼす影響を調査し、ナイモウオウギの生育および特性分類の調査を実施し、栽培指針の作成を試みた。

国内での良質なタクシャの生産を可能にするため、サジオモダカの栽培条件である短日条件と温暖な気候の西表島で実証栽培を行った。

メハジキの国内における栽培法確立および栽培指針作成のための資料とするために行った試験結果について報告する。

トウキの機械定植法は苗の形状に由来した定植ミスが生じ、手作業による補植作業が必要となることが課題として挙げられた。そこで本研究は、機械化栽培に適したペーパーポット育苗栽培法について、定植作業の機械化、さらに収量および生薬の形状を慣行栽培法と比較し、その実用性を検証した。

## B. 研究方法

薬用植物の栽培指針作成および国内栽培化のための研究として次の研究を行った。

### 1. 異なる土壌水分環境下におけるムラサキの生育および shikonin 誘導体含量

独立行政法人医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部（名寄市）にて増殖したムラサキ（*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.）の種子（植物 No. HK14147-99）を用い、土壌物理性が異なる二つの土壌について、それぞれ乾燥区と湿潤区を設けた。ムラサキの栽培生産における土壌水分環境の最適化を目的とし、排水性が異なる土壌において乾燥区と湿潤区を設けたポット試験を実施し、それらが生育および色素含量へ及ぼす影響を検討した。また、ポット試験から得られた結果に基づく圃場での実証試験として、ビニルマルチおよびリビングマルチ栽培が土壌水分環境、生育および色素含量へ及ぼす影響を調査した。

### 2. ナイモウオウギの栽培指針作成へ向けた生育特性の調査

硬実処理したナイモウオウギとキバナオウギを野菜播種機（ごんべえ）により株間 10cm、畝間 60cm（16,667 株/10a）で、2012 年 6 月 7 日（2 年生株）および 2013 年 6 月 6 日（1 年生株）に播種した。1）地上部の経時的推移、2）草状、葉の形状、茎の形状および花の形状、3）根の形状、4）生態的特性についてそれぞれ調査した。

### 3. 西表島におけるサジオモダカの実証栽培について

国内に自生するサジオモダカの内、発芽が容易で抽苔し難い個体を選抜し、神奈川県相模原市北里大学薬学部附属薬用植物園で系統保存している個体を供試材料とした。

播種と育苗を北里大学薬学部附属薬用植物園で行った。2012 年 9 月に系統保存個体から種子を採取し、調製後冷蔵庫で保存した。2013 年 7 月 11 日、発芽促進のため種子を 50 穴セル型トレイに播種した。育苗期間は約 2 か月とした。2013 年 9 月 17 日に北里大学薬学部附属薬用植物園試験圃場で、10 月 4 日に琉球大学熱帯圏生物研究センター西表研

究施設で定植した。北里大学では 2014 年 1 月 7 日、西表研究施設では 2014 年 1 月 17 日に収穫を行った。掘り出した塊茎は根を切り取り水洗し土砂を取り除いた。水洗した塊茎は天日乾燥し、完全に乾燥した後乾物重を測定した。

#### 4. メハジキの栽培法に関する研究

(1) 直播栽培の生育、収量に及ぼす施肥量の影響

2012 年 4 月 26 日に条間 70cm に播種し、基肥は試験区共通で堆肥 200kg/a、苦土石灰 10kg/a を施用し、他は試験区の施肥量を施用した。収穫は 2013 年 6 月 25 日各区 5~8 個体収穫し、収穫物は屋外で 7 月 25 日まで乾燥し、風乾重を測定した。

(2) 秋移植栽培の生育、収量に及ぼす播種期の影響

材料は 2011 年産筑波研究部産種子を用い、育苗箱に 2012 年 6 月 26 日、2012 年 7 月 25 日、2012 年 8 月 24 日に播種した。2012 年 10 月 22 日に条間 70cm、株間 20cm に圃場に定植した。収穫は 2013 年 7 月 1 日に各区 10 個体収穫、収穫物は屋外で 8 月 2 日まで風乾し、風乾重を測定した。

#### 5. 薬用植物のペーパーポット育苗栽培法の開発に関する研究

供試材料：ヤマトトウキ *Angelica acutiloba* Kitagawa、及びホッカイトウキ *Angelica acutiloba* Kitagawa var. *sugiyamae* Hikino を用いた。

慣行苗の育苗：慣行法による育苗は、2012 年 6 月 11 日に播種し育苗し、掘り上げた苗は、アスパラ選別機により選別し、選別ランク「5」を慣行苗「5」、選別ランク「6」を慣行苗「小」として 2013 年 5 月 20 日に本圃へ定植した。

ペーパーポット苗の育苗：ペーパーポットによる育苗は、2012 年 6 月 8 日に培養土を充填したペーパーポット(直径 1.9cm、長さ 13cm)に播種し、育苗した。その後、機械移植により 2013 年 5 月 20 日に本圃へ定植した。

栽培方法：定植圃の栽植密度は、株間 30cm、畦間 70cm とした。根は 2013 年 10 月 31 日に各試験区(5m、3 地点)から収穫し洗浄した。

#### C. 研究結果

##### 1. 異なる土壌水分環境下におけるムラサキの生育および shikonin 誘導体含量

土壌の排水性が高い圃場での栽培または土壌水分ポテンシャルを -80 kPa~-20 kPa に制御することにより、ムラサキの生育および色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。また、この結果に基づき圃場における土壌水分の制御方法を検討し、ビニルマルチまたはリビングマルチによる土壌乾燥化処理によって、収量または色素含量が向上することが実証された。

##### 2. ナイモウオウギの栽培指針作成へ向けた生育特性の調査

ナイモウオウギの草丈、分枝数、節数は 7 月から 9 月にかけて直線的に増加し、10 月がピークとなった。また、キバナオウギと比較してナイモウオウギは草丈が低く、茎数、分枝数、節数が多く推移する傾向にあった。葉の形状をキバナオウギと比較すると、小葉数は有意に多く、小葉の長さとは有意に小さかった。茎のアントシアニンの着色は、キバナオウギが「弱」に対してナイモウオウギは「中」であった。根の形状をキバナオウギと比較すると、ナイモウオウギの根頭径はやや細く、主根長は有意に長く、分枝根数および分枝根の重量割合は有意に少なかった。

##### 3. 西表島におけるサジオモダカの実証栽培について

播種後 7 日後には 90% が発芽し、12 日後にはへら状の葉が 20 日後にはさじ状の葉が出現した。約 2 か月後には草丈 15cm~20cm、葉数 5 枚~10 枚、最大葉の長さが 15cm~20cm、葉身の面積が 20cm<sup>2</sup>~40cm<sup>2</sup> になり定植に用いるのに可能な苗となった。9 月 12 日に定植した北里大学では早い個体では 10 月 17 日に抽苔

を開始し、11月18日には5個体全てが抽苔をした。11月中旬には葉が黄化を開始し、その後枯死葉が増加し12月中旬には生育は停止した。これに対し、10月4日に定植した西表研究施設では、10個体中4個体のみが抽苔した。11月中旬には草丈、最大葉の長さ及び葉面積の増加が停止したが、葉数は12月中旬まで増加し枯死葉が目立った増加もなかった。北里大学の5個体の塊茎の全体重は、50g~70gと西表研究施設の全塊茎重より重いが、10g以下の塊茎を1個体に5個から7個付けた。また、抽苔したためNo.3,4は不定形となった。西表研究施設の10個体は全体的に楕円形をした塊茎が多くNo.5は56g、No.4は49gに達し、抽苔したNo.2,7,9,10でも早期に花茎を切除したため不定形にはならなかった。

#### 4. メハジキの栽培法に関する研究

メハジキの直播栽培の施肥量の検討を行った。生育は施肥区□区で最も大きく、地上部重はⅠ区はⅢ区の24%、□区は□区の77%であった。1 a当たりの部位別風乾重量はⅢ区で茎重が122.0kg、葉重が31.2kg、花穂重が54.2kg、地上部重207.4kgであった。

メハジキの秋移植栽培の播種期を検討した結果、生育は6月26日播種区で最も大きく、6月26日播種区に比べて、7月25日播種の地上部重は42%、8月26日播種区は57%であった。1a当たりの部位別風乾重量は6月26日播種区で茎重が8.9kg、葉重が2.9kg、花穂重が9.8kgであった。

#### 5. 薬用植物のペーパーポット育苗栽培法の開発に関する研究

ヤマトトウキの収穫時の生存株率は、ペーパーポット苗が92.2%、次いで慣行苗「5」が84.3%、慣行苗「小」が76.5%、ペーパーポット苗の1m<sup>2</sup>あたりの乾燥根重は慣行苗「小」より大きく、慣行苗「5」より小さい傾向にあった。

ホッカイトウキの収穫時の生存株率は、ペーパーポット苗が92.2%、次いで慣行苗「5」が72.5%、慣行苗「小」が60.8%であった。

ペーパーポット苗の1m<sup>2</sup>あたりの乾燥根重は、慣行苗「小」より大きく、慣行苗「5」より小さい傾向にあった。

#### D. 考察

##### 1. 異なる土壌水分環境下におけるムラサキの生育および shikonin 誘導体含量

排水性が高い土壌では土壌の水ポテンシャルが0 kPaで推移しても生育が阻害されず色素含量が低下しないこと、また排水不良土壌であっても水ポテンシャルを-80 kPa~-20 kPaに制御することにより生育や色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。

ビニルマルチ区では対照区と比べ土壌が乾燥傾向にあり、根の乾物収量が対照区に対して129%の値となったことから、生育においてはビニルマルチ栽培の有効性が示された。一方、ビニルマルチ区の shikonin 誘導体の含量が対照区よりも低い傾向にあり、ビニルマルチ区では根の肥大が観察された。乾燥および地温の上昇等による生育促進効果により根部が肥大し、色素含量の低下を引き起こしたと推察された。ビニルマルチ栽培において含量を考慮するならば根部の肥大が顕著となる9月以前に収穫する必要がある。また、リビングマルチ区では対照区に対して収量増加は少なかったものの、shikonin 誘導体の含量が有意に増加し、品質の向上に貢献することが明らかとなった。

##### 2. ナイモウオウギの栽培指針作成へ向けた生育特性の調査

ナイモウオウギの地上部の生育は7月から9月にかけて直線的に増加し10月がピークとなること、北海道名寄市における圃場栽培では1年生根の乾物収量が135~223kg/10aとなりキバナオウギの1.39~1.55倍の収量となることが判明した。一方、2013年の収量が2012年の61%となったが、播種後1ヶ月で根系発達が不十分な時期に少雨と高温により吸水障害を引き起こし、初期生育が大きく停滞したことが減収要因の一つと推察された。また、生薬の形状としては主根が

発達して分枝根が少ないものが市場で良品として好まれ、ナイモウオウギの根はキバナオウギと比較して分枝根が少なく直根性がより強い形質を有していることが確認された。

### 3. 西表島におけるサジオモダカの実証栽培について

西表研究施設では北里大学と同じ7月17日に播種した定植苗を用いたにもかかわらず抽苔する個体が少なく、その要因の一つとして定植日が17日ほど遅れたことがあげられると思われた。植物の成長では西表研究施設の葉数は北里大学より少なかったが、最大葉の葉面積にはほとんど差がなく、さらに、収穫日まで枯死する葉が増加しなかったことが、塊茎の肥大に影響したと思われた。今後、播種日と定植日を遅らせることで、さらに、抽苔を抑え良質なタクシャが得られると思われ、西表島でのサジオモダカの栽培は可能性があると思われる。

### 4. メハジキの栽培法に関する研究

メハジキの直播栽培における施肥量による生育、部位別重量を比較した結果、10a当たり基肥はN 4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg、K<sub>2</sub>O 4kg、1年生夏期追肥 N 4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4kg、K<sub>2</sub>O 4kg、2年生春期施肥追肥 N4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg、K<sub>2</sub>O 4kg 施肥区で生育、部位別風乾重が大きく、メハジキ栽培の適正な施肥量と考えられた。メハジキの秋移植栽培の播種期の検討を行い、播種は6月下旬にすると7、8月播種に比べて、収量が高くなることが明らかになった。

### 5. 薬用植物のペーパーポット育苗栽培法の開発に関する研究

ペーパーポット育苗栽培法の1株当たりの乾燥重量は、慣行苗「5」と比較して低い傾向にあった。また、1m<sup>2</sup>あたりの乾燥根重は、慣行苗「5」と比較して低い傾向にあった。この要因として、ペーパーポット育苗栽培法の定植に用いた種苗が小さかったため、ヤマトトウキでは生育初～中期、ホッカイト

ウキでは生育中～後期において慣行苗「5」との間に生育差が生じ、収量に影響を及ぼしたと推察した。ペーパーポット育苗栽培法において、さらに大きく健全な種苗を生産するための育苗条件の検討が必要であると考えられた。

ペーパーポット育苗栽培法により得られたヤマトトウキの根の形状は、慣行栽培法の根の形状に比べ側根が多い形状となった。ペーパーポット育苗栽培法で用いた種苗は、慣行栽培法の種苗に比べ側根を多く形成していたことから、ペーパーポット育苗時に用いた培養土が根の分岐を引き起こす可能性がある。そのため、ヤマトトウキのペーパーポット育苗栽培法において、根の分岐を抑制するための培養土の検討が必要であると考えられた。

### E. 結論

ムラサキの栽培では土壌の排水性が高い圃場での栽培または土壌水分ポテンシャルを-80 kPa～-20 kPaに制御することによりムラサキの生育および色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。また、この結果に基づき圃場における土壌水分の制御方法を検討し、ビニルマルチまたはリビングマルチによる土壌乾燥化処理によって収量または色素含量が向上することが実証された。

ナイモウオウギの栽培指針作成を目指した生育・特性調査を実施し、地上部生育のピークは10月となり、北海道名寄市の圃場栽培では1年生根の乾物収量が135～223kg/10aとキバナオウギの1.39～1.55倍の収量となること、生育初期の少雨および高温は吸水障害をまねき減収要因となりうることが判明した。また、特性調査結果に基づき特性分類表原案を作成した。

西表研究施設でサジオモダカを2013年10月4日に定植、翌年1月17日まで栽培した結果、抽苔を抑える短日条件と温暖な気候なため、抽苔しない個体が多く得られ乾燥塊茎重が20gから50gを超えた。今後、播種日と定植日を遅らせることで、さらに、抽苔を抑

え良質なタクシャが得られると思われ、西表島でのサジオモダカの栽培は可能性があると思われる。

メハジキの直播栽培では 10a 当たり基肥は N 4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg、K<sub>2</sub>O 4kg、1 年生夏期追肥 N 4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4kg、K<sub>2</sub>O 4kg、2 年生春期施肥追肥 N 4kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg、K<sub>2</sub>O 4kg 程度が適正施肥量と考えられた。秋移植栽培における播種は 6 月下旬に行うと 7、8 月播種に比べて、収量が高くなることが明らかになった。

トウキの省力化・機械化栽培技術の確立を目的に、ペーパーポット育苗栽培法について、その実用性を検証した。その結果、ペーパーポット育苗栽培法は、慣行栽培法と比較して作業時間が短縮され、定植から収穫時までの生存株率が高い傾向にあったが、収量は低い傾向にあった。以上のことから、ペーパーポット育苗栽培法は、収量の点で課題が残るものの定植作業の省力化を可能にすると判断した。

#### F. 健康危険情報

本研究において健康に危険を及ぼすような情報はない。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1) 林 茂樹：ムラサキの栽培について、道薬誌、30(6)、17-18(2013)

2) 林 茂樹、菱田敦之、淵野裕之、竹脇大気、和田浩志、京極春樹、川原信夫：異なる土壌水分環境下におけるムラサキ (*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.) の生育および shikonin 誘導体含量、生薬学雑誌、2014、68(2)、印刷中

3) 熊谷健夫：薬用植物の種子交換と発芽試験、特産種苗、16 (9)、15-17 (2013)

4) 菱田敦之：薬用植物栽培・品質評価の作成、特産種苗、16 (9)、94-96 (2013).

##### 2. 学会発表

1) 林 茂樹、菱田敦之、淵野裕之、竹脇大気、和田浩志、京極春樹、川原信夫：土壌水分環境の違いがムラサキの生育および shikonin 誘導体含量へ及ぼす影響、日本生薬学会第60回年会 (2013.9.7,8、北海道)

2) 福田達男、石川寛、渡辺信、河野徳昭、熊谷健夫、川原信夫：サジオモダカの栽培に関する研究 (第2報) 播種と育苗について、日本薬学会第134年会 (2014.3.29-.30、熊本)

3) 熊谷健夫、北澤 尚、淵野裕之、川原信夫：メハジキの栽培に関する研究—直播栽培とセル苗移植栽培の生育、収量、日本生薬学会第 60 回年会 (2013.9.7-8、北海道)

H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし

平成25年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
薬用植物、生薬の持続的生産を目指した新品種育成および新規栽培技術の開発  
並びにこれらの技術移転の基盤構築に関する研究（H25-創薬-一般-003）  
分担研究報告書

分担研究課題：薬用植物の国内栽培化に関する研究  
-異なる土壤水分環境下におけるムラサキの生育およびshikonin誘導体含量-

研究分担者 熊谷 健夫 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 主任研究員  
研究協力者 林 茂樹 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究員  
研究協力者 菱田 敦之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部 研究サプリーダー  
研究協力者 渕野 裕之 医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 室長  
研究協力者 竹脇 大気 東京理科大学薬学部

要旨 ムラサキの栽培生産における土壤水分環境の最適化を目的とし、排水性が異なる土壤において乾燥区と湿潤区を設けたポット試験を実施し、それらが生育および色素含量へ及ぼす影響を検討した。また、ポット試験から得られた結果に基づく圃場での実証試験として、ビニルマルチおよびリビングマルチ栽培が土壤水分環境、生育および色素含量へ及ぼす影響を調査した。その結果、土壤の排水性が高い圃場での栽培または土壤水分ポテンシャルを-80 kPa~-20 kPaに制御することにより、ムラサキの生育および色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。また、この結果に基づき圃場における土壤水分の制御方法を検討し、ビニルマルチまたはリビングマルチによる土壤乾燥化処理によって、収量または色素含量が向上することが実証された。

#### A. 研究目的

ムラサキ（*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.）はムラサキ科の多年生草本であり、日本のレッドデータブックでは「絶滅危惧ⅠB類：近い将来における絶滅の危険性が高い種」に分類されている。ムラサキの根の周皮には抗腫瘍作用や抗菌作用等が報告されている shikonin 誘導体が存在し、乾燥根は「紫根」として第十六改正日本薬局方に収載され、「紫雲膏」の原料として用いられるほか、shikonin 誘導体が紫色色素であることから古くより染料として利用されている。

紫根の供給は中国からの輸入にすべて依存しているが、中国国内での需要増加、価格高騰および野生資源の減少等が原因で、今後、持続的な供給が困難になると思われることから、国内におけるムラサキの栽培体系の確

立が望まれる。しかし、ウィルス等の病害に弱く生存率が低いこと、栽培品の色素含量が野生品よりも著しく低いことが栽培化を妨げる大きな要因となっている。

ムラサキは排水性が高い土壤を好むとされていることから、本研究では、土壤水分環境の最適化を目的とし、排水性が異なる土壤において乾燥区と湿潤区を設けたポット試験を実施し、それらが生育および色素含量へ及ぼす影響を検討した。また、ポット試験から得られた結果に基づく圃場での実証試験として、ビニルマルチおよびリビングマルチ栽培が土壤水分環境、生育および色素含量へ及ぼす影響を調査した。

#### B. 研究方法

実験1：ポット試験

### 1.1 材料

天藤製薬株式会社から分譲を受け、独立行政法人医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部（名寄市）にて増殖したムラサキ（*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.）の種子（植物 No. HK14147-99）を用い、ペーパーポット苗を育成した。2010 年 11 月 17 日にポットエース（片倉チッカリン社製）が充填された 1400 穴ペーパーポット（日本甜菜製糖、直径 1.9 cm×深さ 13 cm）へ各穴 5 粒を播種した。積雪下にて越冬後、2011 年 4 月 15 日から温室内で育成した。なお、試験に用いたのは本葉 4 葉、草丈約 3 cm の苗とした。

### 1.2 試験区

土壌物理性が異なる二つの土壌について、それぞれ乾燥区と湿潤区を設けた。すなわち、配合土と軽埴土を 1/5000a 深型ワグネルポット（深さ 30 cm）へそれぞれ充填し、2011 年 6 月 3 日に苗を定植した。6 月 14 日にポット当たり 2g の鶏糞を施用し、7 月 1 日から 9 月 30 日まで灌水処理を実施した。各試験区 8 ポット作成し、降水の影響を受けない雨よけハウス内に設置した。

配合土：調整ピートモスとバーミキュライトを容積比で等量混合した。気相率（-3.1 kPa で測定）が 31.6%、易有効水分率（-3.1 kPa~49.2 kPa で測定）が 19.5%であり、排水性および保水性が高い（表 1）。

軽埴土：北海道名寄市にある本研究部圃場の細粒褐色低地土。気相率（-3.1 kPa で測定、砂柱法キット、DIK-3521、大起理化工業）が 1.6%、易有効水分率（-3.1 kPa~98.1 kPa で測定、広域土壌 pH 測定器、DIK-3404）が 5.3%であり、保水性および排水性が低い（表 1）。

乾燥区：テンシオメータ（DIK-8343、大起理化工業）を深さ 10 cm に設置し、水ポテンシャル -80 kPa（測定下限値）を灌水基準点とした。灌水処理期間中（7 月 1 日~9 月 30 日）の総灌水量は配合土が 32 mm、軽埴土が 105 mm となり、水ポテンシャルはいずれも -80 kPa~20 kPa で推移した。

湿潤区：灌水を毎日実施し、総灌水量は 455 mm、水ポテンシャルは 0 kPa で推移した。

### 1.3 生育調査

各試験区における草丈、茎の太さ、節数、分枝数、葉緑素含量、根頭径、主根長、茎葉および根の乾物重について、2011 年 9 月 30 日にそれぞれ 8 個体を調査した。草丈は地際から主茎先端までの高さ、茎の太さは地際から 3 節目を測定対象とした。葉緑素含量は葉緑素計（SPAD-502、コニカミノルタ製）により茎中央部の 3 葉を測定し、その平均値を算出した。また、収穫した個体を茎葉と根に切り分け、それぞれ 50℃で 10 日間乾燥した後の重量を乾物重とした。

### 1.4 根の shikonin 誘導体の評価

各個体の乾燥根の粉末 0.5g を精秤し、酢酸エチル/エタノール混液（1：1）20 mL を加え 20 分振とうした後、遠心分離し、上澄液を分取した。残留物に上記混液を 20 mL 加え、同様に操作した。両抽出液を合わせ、酢酸エチル/エタノール混液を加えて 50 mL にしたものを試料溶液とした。shikonin 誘導体は、shikonin、 $\beta$ -hydroxyisovalerylshikonin、acetylshikonin、isobutyrylshikonin、 $\beta,\beta$ -dimethylacrylshikonin の計 5 種類の標準品（長良サイエンス）を用い、HPLC により一斉定量を行った。操作条件は、測定波長：516 nm、カラム：Waters Atlantis T3、5  $\mu$ m、4.6 mm × 250 mm column、カラム温度：30℃、移動相：0.1%酢酸/CH<sub>3</sub>CN（3：7）、流速：1.0 mL/min、試料溶液：10  $\mu$ L とした。なお、本試験では、5 種類の shikonin 誘導体の含量を合計し、shikonin 誘導体含量とした。また、軽埴土 湿潤区については 2 個体が枯死、1 個体がサンプル量不足のため 5 個体の分析とした。

### 実験 2：圃場での実証試験

実験 1 の結果に基づき、軽埴土である本研究部圃場において土壌の乾燥を目的としたビニルマルチおよびリビングマルチがムラサキの生育および品質へ及ぼす影響について検討した。基肥として炭酸カルシウム 100 kg/10a、鶏糞 60 kg/10a、油粕 40 kg/10a（N, P, K = 4, 4, 2.3 kg/10a）を施用した圃場へ、実験 1 と同様に作成した苗を 2012 年 5 月 30 日に定植し（栽植密度：21,429 株/10a）、対照区、

黒のビニルマルチにより地表を被覆したビニルマルチ区、およびシロクロバ（5.5 kg/10a 播種）により被覆したリビングマルチ区を各 0.1a（1 m × 10 m = 10 m<sup>2</sup>）設けた。

対照区およびビニルマルチ区には 2012 年 8 月 31 日～10 月 4 日までの期間、土壌の深さ 10cm に水ポテンシャルセンサー（MPS-2、デカゴン社製）を設置し、土壌の水ポテンシャルおよび地温を 30 分間隔で測定した。

2012 年 10 月 4 日に、各試験区において 0.7 m<sup>2</sup>（3 反復）を掘上げ、生存率および根の乾物重を測定した。また、乾燥根の粉末について実験 1 と同様にして shikonin 誘導体含量を測定した。

統計処理：

試験区間の差の検定は統計解析ソフト JMP 9 (SAS) により、多群では Tukey-Kramer の HSD 検定、2 群では *t*-検定を用いた。

## C. 研究結果

### 実験 1：ポット試験

#### 1.1 生育

配合土の茎葉部の形質についてみると、草丈、節数および茎葉乾物重において湿潤区が乾燥区よりも有意に高くなり、葉緑素含量については湿潤区が乾燥区よりも有意に低かった（表 2、図 1）。また、根頭径については湿潤区が乾燥区よりも有意に高く、根乾物重については統計的な有意差は認められなかったものの、湿潤区（3.7±0.8 g/株）が乾燥区（2.8±0.9 g/株）に対して 132%の値となった。全重は、湿潤区（7.8±2.1 g/株）が乾燥区（4.4±1.1 g/株）よりも有意に高かった。すなわち、配合土では湿潤区が乾燥区の生育を上回る傾向にあった。

軽埴土については、湿潤区において 8 個体中 2 個体で枯死が認められた。葉緑素含量は配合土と同様に湿潤区が乾燥区よりも有意に低かったが、その他の茎葉部の形質については試験区間で顕著な差が認められなかった（表 2、図 1）。また、主根長は湿潤区が乾燥区よりも有意に低くなり、湿潤区の根の乾物重（1.7±0.7 g/株）は乾燥区（4.1±0.7 g/株）に対して 41%の値となった。全重につい

ては、湿潤区（5.5±2.1 g/株）が乾燥区（8.0±0.5 g/株）よりも有意に低かった。これらのことから、軽埴土における湿潤区では乾燥区と比較して生育量が大きく減少することが明らかとなった。

#### 1.2 根の shikonin 誘導体含量

試験区内において個体間で大きな変異が認められたことから、最大値と最小値を除外して比較を行った。配合土では試験区間で顕著な差が認められなかったのに対し、軽埴土では湿潤区が 0.12±0.07 mg/g と、乾燥区の 1.16±0.63 mg/g に対して僅か 10%の値となった（図 2）。なお、データには示していないが、shikonin 誘導体含量に占める shikonin、β-hydroxyisovalerylshikonin、acetylshikonin、isobutyrylshikonin および β,β-dimethylacrylshikonin の比率について試験区間で比較を行ったが、顕著な差は認められなかった。

### 実験 2：圃場での実証試験

2012 年 8 月 31 日から 10 月 4 日までの土壌の水ポテンシャルについてみると、ビニルマルチ区では -5.5～-468.2 kPa（平均値 -57.4 kPa）となり、対照区の -5.3～-225.9 kPa（平均値 -26.6 kPa）よりも低く推移し、土壌が乾燥傾向となった（図 3）。また、上記期間中の地温の平均値は対照区が 20.5℃（15.0～25.5℃）、ビニルマルチ区が 21.2℃（15.5～26.8℃）であった。

対照区の生存率は 84.4±7.7%であったのに対し、ビニルマルチ区では 93.3±0.0%、リビングマルチ区では 88.9%であった（表 3）。根の乾物収量についてみると、対照区（120 ± 3 kg/10a）に対してビニルマルチ区（155 ± 10 kg/10a）では有意に高く、リビングマルチ区ではその中間値を示した（130 ± 22 kg/10a）。また、shikonin 誘導体含量について、ビニルマルチ区（2.07±0.45 mg/g）では有意差は認められなかったが対照区（2.90±0.93 mg/g）よりも低い傾向にあったのに対し、リビングマルチ区（4.32±0.45 mg/g）では対照区よりも有意に高かった（表 3、図 4）。

## D. 考察

### 実験 1：ポット試験

ムラサキにおける栽培環境の最適化を目的とし、排水性・保水性が高い配合土とそれらが低い軽埴土において乾燥区と湿潤区を設け、生育および shikonin 誘導体含量へ及ぼす影響を検討した。

配合土では湿潤区の生育が乾燥区を上回り（表 2、図 1）、shikonin 誘導体含量は試験区間で顕著な差が認められなかった（図 2）。湿潤区では土壌の水ポテンシャルが 0 kPa と極めて高く推移したにもかかわらず、生育抑制が認められなかったのは配合土の排水性の高さによるものと考えられる。すなわち、酸素供給が生育の制限とならないのは気相率が 10%以上とされるが、配合土は水ポテンシャルが -3.1 kPa であっても気相率が 31.6% と極めて高く（表 1）、酸素欠乏とならない。一方、軽埴土においては、湿潤区で枯死個体が認められ、乾燥区と比較して生育および shikonin 誘導体含量が大きく減少した（表 2、図 1、2）。水ポテンシャル -3.1 kPa における軽埴土の気相率は 1.6% と極めて低いことから（表 1）、湿潤区では酸素供給が制限されたことによる生育抑制および枯死を引き起こし、その生理障害の一つとして色素が分布する根の周皮が剥落し、shikonin 誘導体含量が著しく減少したと推察された。

これらのことから、排水性が高い土壌では土壌の水ポテンシャルが 0 kPa で推移しても生育が阻害されず色素含量が低下しないこと、また排水不良土壌であっても水ポテンシャルを -80 kPa~20 kPa に制御することにより生育や色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。前者は、火山灰土壌や砂質土壌等の排水性が高い圃場を選定することや、プラソイラーやトレンチャー等による土壌排水性の改善が有効であり、後者は、雨よけハウス内での栽培や圃場へのマルチによる降雨の浸透制限等が対策法として挙げられる。

### 実験 2：圃場での実証試験

実験 1 の結果に基づいた圃場での実証試験として、土壌の乾燥を目的としたビニルマ

ルチおよびシロクロバによるリビングマルチの有効性について検討した。その結果、ビニルマルチ区では対照区と比べ土壌が乾燥傾向にあり（図 3）、根の乾物収量が対照区に対して 129%の値となったことから、生育においてはビニルマルチ栽培の有効性が示された（表 3）。一方、ビニルマルチ区の shikonin 誘導体の含量が対照区よりも低い傾向にあり、ビニルマルチ区では根の肥大が観察された。肥大した根では重量に対して色素が分布する周皮の割合が相対的に低くなり、色素含量が低下することが報告されている。このことから、乾燥および地温の上昇等による生育促進効果により根部が肥大し、色素含量の低下を引き起こしたと推察された。ビニルマルチ栽培において含量を考慮するならば根部の肥大が顕著となる 9 月以前に収穫する必要がある。また、リビングマルチ区では対照区に対して収量増加は少なかったものの、shikonin 誘導体の含量が有意に増加し（図 4）、品質の向上に貢献することが明らかとなった。代表的な被覆植物であるヘアリーベッチを植栽することで、その蒸散作用により土壌下層の乾燥化が促進されるとともに、根の伸長により土壌の物理性が改善されることが報告されている。このことから、シロクロバのリビングマルチによる土壌の乾燥化促進および物理性の改善が、shikonin 誘導体の含量増加へ寄与したと推察された。

## E. 結論

土壌の排水性が高い圃場での栽培または土壌水分ポテンシャルを -80 kPa~20 kPa に制御することによりムラサキの生育および色素含量の低下を回避できることが明らかとなった。また、この結果に基づき圃場における土壌水分の制御方法を検討し、ビニルマルチまたはリビングマルチによる土壌乾燥化処理によって収量または色素含量が向上することが実証された。

## F. 健康危険情報

本研究において健康に危険を及ぼす

ような情報はない。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 林 茂樹：ムラサキの栽培について、道薬誌、**30(6)**、17-18(2013)
- 2) 林 茂樹、菱田敦之、淵野裕之、竹脇大気、和田浩志、京極春樹、川原信夫：異なる土壌水分環境下におけるムラサキ (*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.) の生育および shikonin 誘導体含量、生薬学雑誌、2014、**68(2)**、印刷中

### 2. 学会発表

林茂樹、菱田敦之、淵野裕之、竹脇大気、和田浩志、京極春樹、川原信夫：土壌水分環境の違いがムラサキの生育および shikonin 誘導体含量へ及ぼす影響、日本生薬学会第 60 回年会講演要旨集、p.269、北海道 (2013.09.07-08)

H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし