

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02960

研究課題名(和文) 球根類花卉の開花時期調節と種苗生産の技術を学習するための教材開発

研究課題名(英文) Development of teaching methods for flowering regulation and propagation of bulbous plants

研究代表者

神田 啓臣 (Kanda, Hiroomi)

秋田県立大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：90224881

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：オーニソガラム・シルソイデスの球根への休眠打破処理と低温処理による開花促進について検討したところ、休眠打破処理(高温とエチレン)の後に、低温処理(18℃、4週間、10℃、6週間)することによって開花時期を促進できる可能性が示された。

オーニソガラム・シルソイデスの組織培養実験に関する授業において、クラウドサーバーを活用することにより、指導者と受講者との間で実験結果を共有することが可能であった。

2020年度に発生した新型コロナウイルスの感染拡大に伴って、農学系の実習・実験でも遠隔授業が行われたことから、その事例集を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

花卉は今後の需要増大が見込まれる農作物であり、その栽培技術に関する実習教育についても必要性が高まると予想される。本研究の成果は、花卉の開花調節技術に関する新たな教材を開発することによって、実習教育の質向上に貢献できる。

また、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、農学系の実習教育においても遠隔授業が行われるようになってきている。本研究の成果は、実際の授業の事例を検討・蓄積することを通じて、効果的な遠隔授業実施の一助となりうる。

研究成果の概要(英文)：Bulbs of *Ornithogalum thyrsoides* were treated to break dormancy and accelerate flowering. Dormancy was broken by treatment with ethylene after heating at 30℃, and then treatment with low temperature of 18℃ before 10℃ accelerated flowering. When utilization of a cloud server was introduced to a class learning propagation through experiments with tissue cultures of *O. thyrsoides*, students were able to share the results of experiments with the teacher. We published case studies in remote lectures for agricultural practical training and experiments during the novel coronavirus pandemic.

研究分野：科学教育関連

キーワード：オーニソガラム 遠隔授業 開花調節 球根類 クラウドサーバーの活用 実習教育

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

花卉は、今後の需要増大が見込まれることから、栽培教育においても花卉を取り扱う必要性が高まると思われる。花卉は他作目とは異なる視点(開花調節を学ぶ、種苗生産を学ぶ、上記のための長期間の栽培に対応する教授法)からの教材開発が必要である。

我々は、オーニソガラム・シルソイデス(ユリ科の球根類:以下、シルソイデスと略)という花卉の栽培技術に関して研究している。上記に関しては、球根への高温処理とエチレン処理によって休眠が打破され、出芽は早まるが、開花は早まらないことが明らかになっている。そこで今後、開花を促進するための方法を検討することで、新たな教材となりうる可能性が考えられる。また、とについては、シルソイデスは組織培養による繁殖を学ぶ教材として利用可能であるが、組織培養は長期間にわたって植物の成長を観察する実験であることから、指導者と受講者との間で結果を共有することができない場合もある。その対応としては、遠隔での学習が可能な指導法を開発することが考えられる。

2. 研究の目的

以上のような背景をふまえて、(1)と(2)では、シルソイデスの球根への休眠打破処理と低温処理による開花促進について検討した。(3)では、シルソイデスの組織培養実験においてクラウドサーバーを活用することによる遠隔学習の可能性を検討した。さらに(4)では、新型コロナウイルスの感染拡大に伴う遠隔実習・実験の事例集を作成することで、遠隔学習の指導事例と今後の指導方法開発にむけてのヒントを蓄積しようとした。

3. 研究の方法

(1)球根の休眠打破処理による開花促進

2018年5月に掘り上げたシルソイデスの球根(2.1~4.3g)に休眠打破処理を施した。具体的には、高温処理(30℃、5月21日~6月27日)した後、エチレン処理(100ppm、1日あたり4時間気浴を6月27日~29日の3日間)を行った。6月29日に、球根を湿式(72穴セルトレイに植えてかん水した状態)と乾式(植え付けを行わずに球根のままとした状態)の2通りの状態に分け、「冷蔵処理(10℃、6月29日~8月30日)」または「涼温冷蔵処理(20~25℃、6月29日~7月30日、10℃、7月30日~8月30日)」を行った。8月30日に5号鉢へ定植して、加温温室で栽培した。実験区は第1表に示した6区とした。

(2)球根の低温処理による開花促進

<実験1>球根への低温処理の効果:2019年5月に掘り上げたシルソイデスの球根(0.6~4.5g)に(1)と同様の休眠打破処理を行った。なお、30℃処理期間は5月27日~7月1日、エチレン処理期間は7月1日~3日とした。低温処理は、まず涼温処理(23℃または18℃、7月3日~8月1日)の後、冷蔵処理(10℃、期間は8月1日から4週間または6週間)を行った。冷蔵4週間区は8月29日に、6週間区は9月12日に定植した。実験区は第2表に示した6区とした。

<実験2>低温処理下での花芽形成の観察:シルソイデスの球根(3.2~4.9g)を供試した。処理は、30℃(2019年6月16日~7月22日)エチレン(7月22日~24日)涼温(23℃、7月29日~9月10日)冷蔵(10℃、9月10日~10月28日)とした。観察時期は、エチレン、涼温、冷蔵の各処理終了後の計3回とし、各回あたり球根7~9個を解剖して実体顕微鏡により成長点を観察した。

(3)高大連携授業におけるクラウドサーバーを利用した組織培養実験の導入例

2018年6月に、秋田市内の大学コンソーシアム施設で開催された高大連携授業において、シルソイデスの葉片培養を行った。なお受講者は10人(1年生2人+2年生2人+3年生6人)だった。実験の概要を以下に記す。

<授業前の事前準備> 材料育成:2017年夏に掘り上げた球根を、室温で保管して、2018年5月1日に鉢植えして栽培した。授業当日には、第8~10本葉展開状態まで成長したものを材料とした。培地作成:授業前日に作成した。培地組成は、通常濃度のMS無機塩類とMSビタミン類に、BA1mg/L、ショ糖20g/L、寒天7g/L、アンチホルミン(有効塩素濃度20ppm)を添加したものであり、試験管に10mLずつ分注した。pH調整とオートクレーブ滅菌は省略した。

<授業当日の進行> 材料殺菌と培地への置床:受講者が、鉢植えから葉を採取し、その葉を殺菌(70%エタノール15秒間)アンチホルミン(有効塩素濃度0.5%)15分間蒸留水で3回すすぎした後、約1cm四方の葉片に調製して、培地上に置床した。当日以降の培養の説明:受講者は1人あたり試験管6本を自宅に持ち帰り、日光が当たらない部屋に置いて、8週間後まで観察するよう指示した。また、受講者が持ち帰らない試験管40本を、大学の研究室の北向きの窓際に置いて、指導教員が観察することも説明した。クラウドサーバーのインストール:受講者

各自のスマホに、専用アプリケーションソフト（DSfile、Synology Inc.）を検索・インストールした後、この授業専用で設定したクラウドサーバーにアクセスしてもらった。クラウドサーバーの利用方法の説明：指導教員が、研究室の培養の写真をクラウドサーバーに毎週アップロードするので、受講者には週1回クラウドサーバーにアクセスして、自分の培養と比較するように説明した。さらに、「自分の培養の写真」と「その解説」をレポートにして、クラウドサーバーにアップロードするよう指示した（形式は「PDF ファイル」、「MS-Word ファイル」、「手書き文を撮影してjpg等の画像ファイルとする」のいずれか）。

(4)遠隔実習・実験の事例集の作成

2020年度前期に、秋田県立大学生物資源科学部アグリビジネス学科の実習・実験科目（農業技術実習、プロジェクト実習等）はほとんどが遠隔授業となった（なお、後期はほとんどが対面授業）。これら科目の担当教員16人に対して、2020年11月に農学系実習・実験の遠隔授業の事例集作成の希望者を募った。賛同者に、自分が担当した遠隔実習・実験の事例を執筆してもらった。事例集は2021年3月に発行した。

4. 研究成果

(1)球根の休眠打破処理による開花促進

出芽日は、無処理区では9月27日であったのに対して、全ての処理区において8月30日～9月11日と早くなった（第1表）。花茎伸長と開花については、涼温処理を行った2区では、12月31日には花茎伸長しており、3月18日には10～15個体（42～63%）が開花した。一方、冷蔵処理のみの2区の花茎伸長個体数は3月18日においても11～17個体（46～71%）と他区よりも少なく、個体の成長も不良であった（データ省略）。

以上の結果から、「高温 エチレン 涼温 冷蔵」処理によって、開花時期を調節できる可能性があると考えられた。

第1表 球根の休眠打破と低温の処理による開花促進

処理 ²				供試数	出芽日数 ³ (月/日 ⁴)	花茎伸長個体数		開花個体数 3/18 ⁵
高温	エチレン	涼温	冷蔵			12/31 ⁶	3/18 ⁵	
-	-	-	-	24	28 (9/27)	0	22	0
○	○	-	-	24	7 (9/6)	0	24	0
○	○	-	乾式	24	11 (9/10)	0	17	0
○	○	-	湿式	24	0 (8/30)	0	11	0
○	○	乾式	乾式	24	12 (9/11)	15	24	15
○	○	湿式	湿式	24	1 (8/31)	11	22	10

² ○:処理あり, -:処理なし. 高温処理なしは処理期間中には室温に置いた. 涼温・冷蔵処理なしは期間中には72穴トレーに植えて温室で栽培した.

³ 定植後日数. 定植時に出芽していた場合は0日とした.

⁴ 8/30から12/31までは2018年. 3/18は2019年.

(2)球根の低温処理による開花促進

<実験1>花茎伸長個体は、12月5日時点では冷蔵6週の2つの区でみられた（第2表）。1月5日では冷蔵4週の2つの区でも花茎の伸長がみられ、両区を比べると涼温23よりも18において花茎伸長個体数が多かった。なお、冷蔵6週区では花茎伸長しなかった個体のほとんどは成長不良となった（データ省略）。開花については、冷蔵4週区では20～22個体（80～88%）が開花し、冷蔵6週区では花茎伸張したほとんどの個体が開花した。

第2表 球根の低温処理による開花促進

処理 ²				供試数	出芽日数 ³ (月/日 ⁴)	花茎伸長個体数		開花個体数 3/17 ⁵
高温	エチレン	涼温	冷蔵			12/5 ⁶	1/5 ⁷	
-	-	-	-	25	97 (10/9)	0	0	0
○	○	-	-	25	92 (10/4)	0	0	0
○	○	23	4週	25	73 (9/15)	0	3	22
○	○	23	6週	25	77 (9/19)	9	13	13
○	○	18	4週	25	67 (9/9)	0	12	20
○	○	18	6週	25	75 (9/17)	9	14	13

² ○:処理あり, -:処理なし. 処理なしは処理期間中には室温に置いた.

³ エチレン処理後日数.

⁴ 9/9から12/5までは2019年. 1/5と3/17は2020年.

(1)では、「高温 エチレン 涼温（20～25、4週間） 冷蔵（10、4週間）」の処理によっ

て開花時期を調節できる可能性が示されたが、本実験の結果、冷蔵期間をより長くすること、および涼温の温度を低くすることで、開花促進の効果をより高めることができると考えられた。
 <実験2> 観察1回目(エチレン処理後)では、全球根とも成長点は葉芽の状態であり、花芽未分化であった(第3表)。2回目(涼温処理後)には、花芽分化とは確認できないが、成長点の形態に変化のみられた球根があった。3回目(冷蔵処理後)になると、2回目と比較して葉芽と異なる形態の成長点が伸長した組織がみられた(第1図)。

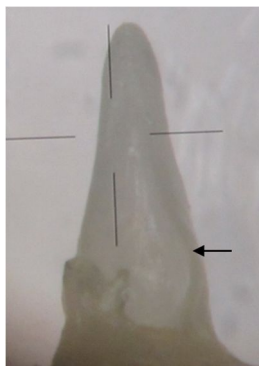
本実験と実験1の結果から、花芽形成は涼温下で誘導され、冷蔵下では花芽の成長が進むと予想された。本実験は単一の処理条件での結果であるため、今後は処理条件を変えて観察を行う必要がある。

第3表 球根の低温処理下での花芽形成の観察

処理と観察の時期	個体数	花芽形成	
		未分化	変化有
高温・エチレン(6/16~7/24)			
<観察1回目>	7	7	0
涼温(7/29~9/10)			
<観察2回目>	7	3	4 ¹
冷蔵(9/10~10/28)			
<観察3回目>	9	3	6 ²

¹花芽分化とは確認できないが、成長点の先端部が丸くなっていた。

²成長点の先端部が丸くなっていたのに加えて、葉芽と異なる形態の成長点が伸長した組織がみられた。



第1図 成長点の形態
 観察3回目(冷蔵処理後).
 矢印は葉芽と異なる形態
 の成長点が伸長した組織.

(3) 高大連携授業におけるクラウドサーバーを利用した組織培養実験の導入例

<培養の結果> コンタミネーション発生は、研究室と受講者自宅のどちらも非常に少なかった(受講者自宅の結果は、レポートをアップロードした者のみを対象とした結果である)。不定芽の形成については、研究室と受講者自宅とも、コンタミネーションが発生しなかった全葉片で形成した。

<クラウドサーバー活用の結果> 研究室での培養の様子については、指導教員がPDFファイルにして毎週アップロードした。受講者によるアップロードについては、受講者10人にレポートを1人あたり2回(のべ20回)アップロードするよう指示したが、実際の結果をみると、アップロード回数のはのべ14回であり、10人中1回でもアップロードした者は7人だった。ファイル形式は、PDFファイルとMS-Wordファイルが多かったが、「手書きのレポートを写真に撮りその画像ファイル」という例も見受けられた。

以上の結果から、クラウドサーバーを活用することによって、当日以降に結果が得られるような実験においても、指導教員と複数の受講者との間で結果を共有することが可能になると考えられた。

(4) 遠隔実習・実験の事例集の作成

事例集作成の賛同者は、本研究課題の代表教員と分担教員の2人を合わせて計8人であった。各教員が執筆した事例は、いずれも遠隔実習というものを模索しながら実施した事例であり、いわば「遠隔初年の苦労の跡」であるが、それらの事例を「何に苦労したか」という視点からみると、次の ~ に分類することが可能であった。継続性の意識：あるテーマについて、前期の全期間のような長期間にわたって、継続性を意識した遠隔授業を行った事例。有効なツールの活用：遠隔授業において効果的と考えられるツール(動画、ドローン、画像解析ソフト等)を授業に導入した事例。遠隔と対面との変更への対応：対面授業から遠隔授業への切り替え、あるいはその逆における実習内容の変更に対応した事例。

以上の「継続性の意識」「有効なツールの活用」「遠隔と対面との変更への対応」は、遠隔での実習・実験を実施する際には、考慮しなければいけない授業の工夫・改善点になるものと思われることから、本事例集は、今後の遠隔での実習・実験のあり方を考える時のヒントを提供できると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 神田啓臣・金澤俊成・石原 旭・永吉武志・吉田康徳・今西弘幸・北本尚子
2. 発表標題 オーニソガラム・シルソイデスの球根の低温処理による開花促進
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神田啓臣・永吉武志・金澤俊成・吉田康徳・今西弘幸
2. 発表標題 高大連携授業におけるクラウドサーバーを利用した組織培養実験の導入例
3. 学会等名 日本農業教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神田啓臣・齋藤志帆・佐藤くるみ・吉田康徳・今西弘幸・川村喜之
2. 発表標題 オーニソガラム属花きの球根の休眠打破処理による開花促進
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 神田啓臣・永吉武志・露崎 浩・今西弘幸・北本尚子・西村 洋・山本聡史・近藤 正	4. 発行年 2021年
2. 出版社 八郎潟印刷	5. 総ページ数 38
3. 書名 農学系実習・実験科目における遠隔実習の事例集	

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金澤 俊成 (Kanazawa Toshinari) (20261464)	岩手大学・教育学部・准教授 (11201)	
研究分担者	永吉 武志 (Nagayoshi Takeshi) (50331286)	秋田県立大学・生物資源科学部・准教授 (21401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------