

別添4

厚生労働行政推進調査事業費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
分担研究報告書

法令改正に向けた産業用途大麻栽培における管理基準策定に資する研究
研究課題 大麻草成分の迅速な分析に資する人工栽培法に関する研究

研究分担者 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所

薬用植物資源研究センター筑波研究部育種生理研究室・室長 河野徳昭

令和5年12月に公布された改正大麻取締法（「大麻草の栽培の規制に関する法律」）の下、新たな産業用途の大麻草栽培拡大に向けて、①収穫する前にTHC検査を実施し、THC濃度が基準値以下であることを確認するための手法、②基準を満たす種子であることの確認をするための手法の開発が求められている。本分担研究課題においては、THC含有量が未知の大麻草、とくに種子について迅速にTHC含量の判定が可能な手法を開発するため、閉鎖系栽培施設を活用し、実生から生育盛期、そして結実期までの成分分析に供するための植物体の育成条件を検討した。

その結果、今回供試した大麻草系統については、人工環境下、播種後すみやかに発芽し、長日（18時間明期）条件下、播種後1か月で本葉第5対期に達し、この期間内に葉または全草をサンプリングし、成分分析に供することが可能なことが明らかになった。また、ポットにて育苗した大麻草苗を不織布ポット等に移植し、短日（12時間明期）条件に変更し栽培することで、播種後約10週間目には雌花の開花を誘導できることが明らかになった。

以上、人工栽培環境下、適切な日長条件で栽培することにより、成分分析に供試可能な、幼植物体、そして最もTHC含量が高いとされる雌花の開花誘導に至る、大麻草の通期栽培が可能であることが示された。

A. 研究目的

令和5年12月に公布された改正大麻取締法（「大麻草の栽培の規制に関する法律」）では、大麻草採取栽培者の免許を2種類に区分し、大麻草の製品の原材料として栽培する場合を第一種大麻草採取栽培者免許、医薬品の原料として栽培する場合を第二種大麻草採取栽培者免許と区分

することになった。特に第一種大麻草採取栽培者に関しては、THC（テトラヒドロカンナビノール）の濃度が基準値以下の大麻草から採種した種子等を用いて栽培しなければならないと規定されている。

しかしながら、分析対象となる大麻草試料のサンプリング方法については、国際的に統一されて

いないことに加え、具体的に規定されていない。

このため、新たな産業用途の大麻草栽培拡大に向けて、①収穫する前に THC 検査を実施し、THC 濃度が基準値以下であることを確認するための手法、②基準を満たす種子であることの確認をするための手法が必要であり、これらの手法を用いた栽培用種子の管理を徹底することにより、THC 含量の基準値の適合性の確保ができ、さらには検査機関が基準を満たす種子であることを確認する手法を確立することができる。

発芽前の種子の段階においては THC 含量の推定はできないことから、本研究では、医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センター（以後、センター）において、人工光を用いた大麻草の屋内環境制御栽培における技術を取り入れ、短日処理の植物体の栽培を実施し、栽培期間を圃場栽培の約半分以下に大幅に短縮した上で THC 含量の確認を行い、検査手法の標準化のための基礎データを取得するとともに、大麻草の人工栽培と同ロットの種子を圃場栽培した個体について、THC 含量の同等性の検証を行う。

本分担研究課題では、大麻草試料の人工栽培条件を検討し、幼植物期から開花期に至る各種生育ステージの大麻草植物試料を成分分析に供試することを目的とした。

B. 研究方法

大麻草は光周性植物であり、一日の日長時間を感じ取り花芽を形成することが知られている。屋外では播種から花芽形成まで約半年かかるが、人工光による環境制御下においては、日長を制御すれば、花芽形成までの期間を半分以下に短縮できる。大麻草種子の THC 含量は発芽前の種子の段階では判断ができないため、人工光下において発芽させ、短日処理により花芽形成を促して出現した花穂をサンプリングして THC 及び CBD 含量を測定することで、迅速に判定をすることが可能となる。センターにおいては高 THC 含量系統(メ

キシコ産) 及び低 THC 含量種(国内産)の種子をグロースチャンバー内でセルトレイを用いて育成し、各生育ステージ毎にサンプリングを行い、THC 含量測定に供することとした。

1. 実生幼植物の葉を成分分析に供試する場合の栽培法

大麻草の種子を播種し、発芽生育した対生の本葉第 5 対期までの大麻草実生植物試料(全草または葉)を成分分析等に供試することを目的とする栽培法の検討。

【材料】

4°Cで保存した大麻草種子(国内産(低 THC 含量種)、メキシコ産(高 THC 含量系統))を供試した。

【栽培条件(GC 設定条件)】

植物体育成に使用したグロースチャンバー(GC)の温度条件等は以下のとおりである。

温度：25°C(通期)

相対湿度：60%(通期)

照明：育苗期：明期 18 時間(開花誘導期：明期 12 時間)

LED 光源、光合成光量子束密度(photosynthetic photon flux density:PPFD)：約 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (栽培棚上 10 cm)、約 660 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (栽培棚上 30 cm)

【播種用資材】

用土は混合培土：赤玉土-堆肥-タキイの育苗培土草花・野菜育苗用-川砂=6：2：1：1 を使用した。50 穴の育苗用セルトレイ(東海化成プラグトレイ50 穴)に混合培土を充填し、1 cm 程度の深さの底面灌水トレーに設置した。

【播種】

底面灌水トレーにオーバーフローするまで水を供給し、土を十分に湿らせておき、軽くくぼみを付け、種子 1 粒を置床した。その上に薄く覆土を行った。

【灌水】

灌水は底面灌水により行った。

【施肥】

播種 1 週間後より、底面灌水トレイ（容量約 5 L）にマグアンプ K 中粒（ハイポネックスジャパン）を 5 g 施用した。

【生育調査及び試料サンプリング】

播種後、随時、本葉の対生対数及び草丈の計測を行った。両系統について、本葉の対生対数に応じ、その一部（5 個体）の全草をサンプリングし、成分分析に供した。

2. 開花期の花穂の採取を目的とする迅速栽培法の検討

未熟花穂等の開花期の大麻草試料を成分分析等に供試するため、迅速に開花を誘導することを目的とする栽培法の検討。

【材料】

4°Cで保存した大麻草種子（国内産（低 THC 含量種）、メキシコ産（高 THC 含量系統））を供試した。

【栽培条件（GC 設定条件）】

植物体育成に使用したグロースチャンバー（GC）の温度条件等は以下のとおりである。

温度：25°C（通期）

相対湿度：60%（通期）

照明：育苗期：明期 16 時間、不織布ポット移植後：明期 18 時間、開花誘導期：明期 12 時間

LED 光源、光合成光量子束密度（photosynthetic photon flux density：PPFD）：約 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ （栽培棚上 10 cm）、約 660 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ （栽培棚上 30 cm）

【資材】

用土は混合培土：赤玉土-堆肥-タキイの育苗培土草花・野菜育苗用-川砂=6:2:1:1 を使用した。播種・育苗には、直径 7.5 cm のポリポットに混合培土を充填し、底面灌水トレイに設置した。移植後の育成には、混合培土を充填した直径 18 cm、高さ 16 cm の不織布ポットを使用した。

【播種】

湿らせた育苗用培土の中央に軽くくぼみをつけ、種子 1 粒を置床した。その上に薄く覆土を行った。

【育苗、移植】

本葉（対生葉）が第 6～第 8 対に生育した播種 4 週間後（11/8）に不織布ポットに移植した。また、移植時期について検討するため、同様に播種 5 週間後（11/15）、6 週間後（11/22）にも不織布ポットへの移植を行った。なお、照明条件を不織布ポット移植後に明期 16 時間から 18 時間に変更した。（本変更は GC のスペースの問題によるものであり、育苗は通期、明期 18 時間で問題ない。）

【開花誘導】

短日条件下で開花を誘導するため、播種 6～8 週間後（移植 2～4 週間後）に本葉が第 8～12 対まで生育した時点で、照明を短日条件に変更した。

【灌水】

育苗期（不織布ポット移植前）の灌水は底面灌水によって行った。不織布ポット移植後は、上面の土が乾かない程度に適宜灌水を行った。

【施肥】

播種 1 週間後に、底面灌水トレイ（容量約 5 L）にマグアンプ K 中粒（ハイポネックスジャパン）を 5 g 施用した。ポット移植 1 週間後より、ハイポネックス微粉（6.5-6-19、ハイポネックスジャパン）（1 g/L）を週 1 回、株あたり 250 mL 散布した。

【生育調査及び試料サンプリング】

不織布ポット移植時から毎週 1 回、本葉の対生対数及び草丈の計測を行った。育成した植物体の葉及び頭頂部（最上部から 30 cm）のサンプリングを随時行い、成分分析に供した。

C. 研究結果

1. 実生幼植物の葉を成分分析に供試する場合の栽培法検討

GC において、温度 25°C、相対湿度 60%、明

期 18 時間の栽培条件で国内産(CsT)、メキシコ産(CsM)各系統の大麻草の種子を播種したところ、播種 2 日後から発芽が認められ、4 日後までに子葉展開がほぼ完了した。その後、本葉第 1 対、本葉第 2 対と対生の本葉が展開を続け、約 4 週間後までに本葉第 5 対が展開した。この間の国内産(CsT)、メキシコ産(CsM)各系統の本葉対数の推移を図 1 及び図 2 に示す。

この間、子葉：播種 4 日後、本葉第 1 対期：同 8 日後、第 2 対期：同 11 日後、第 3 対期：同 15 日後、第 4 対期：同 21 日後、第 5 対期：同 28 日後と、播種後 4 週間後までに本葉第 5 対期までの試料サンプリングを終えた（図 3）。

以上のように、発芽後の幼植物の全草や葉を成分分析に供試したい場合、試料のサンプリングは上記期間内に可能であることが示された。

2. 開花期の花穂の採取を目的とする場合の栽培法検討

短日条件下で開花を誘導するため、播種 8 週間後（不織布ポット移植 4 週間後）に本葉が第 7~12 対まで生育した時点で、照明を明期 18 時間から 12 時間の短日条件に変更した。

なお、播種 8 週間後には、対生対に加え、ほとんどの株で互生の葉が出現していることを確認した。

不織布ポット移植後の両系統の各移植日別の本葉対生対数の推移を図 4 に示す。この図に示すように、播種 4 週間後に不織布ポットへ移植したものが、他の移植日と比較してその後の生育が良好であった。

短日条件変更 8 日後にすべての雄花の開花が確認され、この時点で雌雄の判別が可能であった。そして、短日条件変更 12 日後に雌花の形成が確認され、その 4 日後（短日条件変更 16 日後）までにすべての雌花の開花を確認した（白い糸状の雌蕊を確認した）。なお、国内産の雌株の割合は 11/18 (61%)、メキシコ産では 7/18

(39%)であった。

また、不織布ポットへの移植日は、両系統とも開花の時期に影響を及ぼさなかった。

雄株は開花後に雌株よりも先に枯れ始めたが、雌株は果実（種子）が完熟するまで生育を続け、果実（種子）が完熟したのち枯れた。個体によっては、果実（種子）完熟後も葉が成長を続けるものもあった。

不織布ポット移植後からの両系統の生育（草丈）の推移を図 7 に示す。雄株の花穂は鉛直方向に伸びるため、同じ移植日で比較すると、雄株の方が雌株よりも草丈が高い傾向がある。

以上のように、上記栽培条件で国内産大麻草及びメキシコ産大麻草を育成した場合、播種から 9 週間後に雄花の花穂が形成され、10 週間後に雌花の花穂が形成された。

大麻草の開花期の未熟花穂や果実（種子）を成分分析に供試する場合、サンプリングは上記生育期間に随時可能であることが示された。

（参考）以上の 2 実験で育成した植物体の生育データをまとめると、通期の生育ステージは表 1 及び図 8 のようになる。

D. 考察

今回、大麻草の THC を主対象とする成分分析に供する植物体試料の人工環境下における迅速栽培法について検討を行った。なお、上記結果に記した開花等所要日数は、国内産及びメキシコ産系統をグロースチャンバーにおいて上記実験条件で栽培した場合である。大麻草の品種・系統や栽培条件により、その日数は異なると考えられるため、成分分析用試料供給のための栽培手法の標準化に向けては、供試系統・品種を増やし、生育データを取得する必要があると考えられる。

より早く開花を誘導するためには、育苗過程で本葉第 8 対の形成を確認した時点で、短日条件に変更することが有効と考えられる。国内産

大麻草の場合、最短で播種約8週間後に雌花の形成（未熟花穂）が確認できると期待される。

播種から育苗まで栽培スペースを確保できる場合は、播種・育苗時から直径18cm程度のポットで栽培を開始し、移植作業を省くことも可能と考えられる。なお、今回、メキシコ産大麻草の雄株をグロースチャンバーで不織布ポットを用い移植・育成した場合の草丈は156cmに達したため、人工気象器やグロースチャンバーの庫内の高さには注意が必要である。

E. 結論

大麻草の成分分析に用いる植物体試料供試に資する人工栽培環境下の迅速栽培法について、国内産系統（低THC含量種）及びメキシコ産系統（高THC含量系統）の大麻草を試験材料として人工光グロースキャビネットを用い検討を行った。その結果、1. 実生幼植物の葉を成分分析に供試する場合の栽培法検討では、両系統とも、播種後1か月間で、本葉第5対生期までの幼植物の育成が可能であることを示した。2. 開花期の花穂の採取を目的とする場合の栽培法検討では、両系統とも、播種9週間後に雄花の開花を、同じく10週間後までに雌花の開花を誘導することが可能なことを示した。上記の栽培条件で育

成した植物体は、それぞれ成分分析に供することが可能である。

F. 研究発表

1. 論文発表
特になし
2. 学会発表
特になし

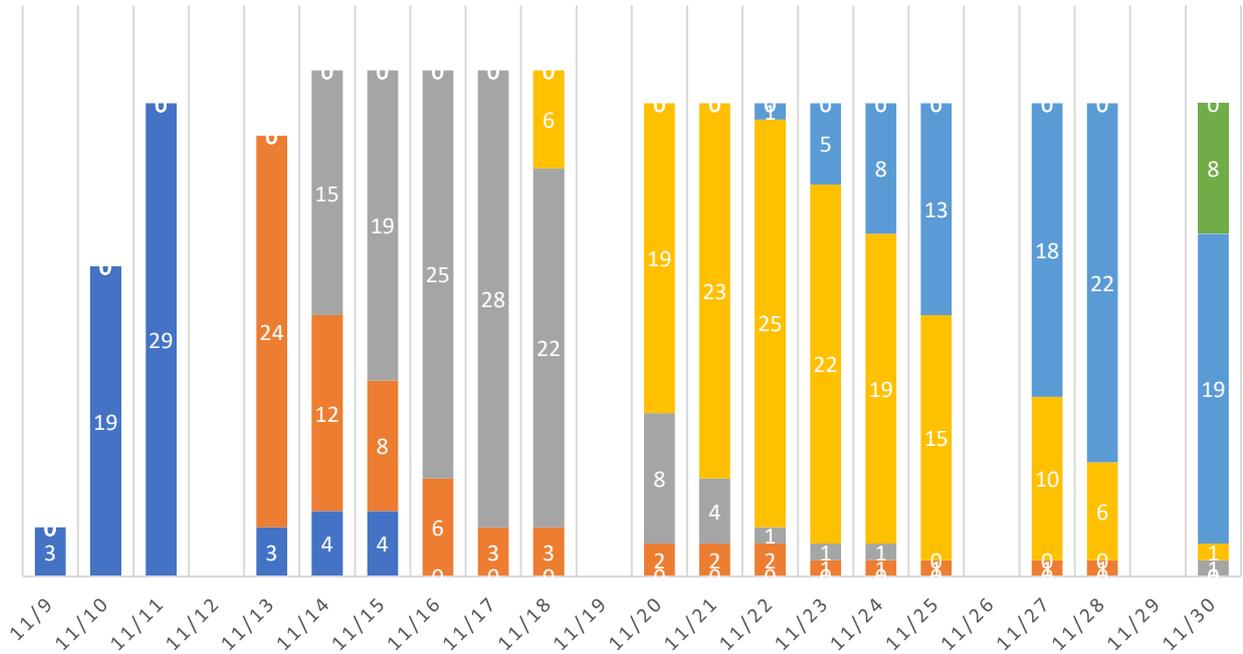
G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

1. 特許取得
特になし
2. 実用新案登録
特になし
3. その他
特になし

(図表)

CST(1) 国内産

■ 子葉 ■ 第1対 ■ 第2対 ■ 第3対 ■ 第4対 ■ 第5対 ■ 第6対



CST(2) 国内産

■ 子葉 ■ 第1対 ■ 第2対 ■ 第3対 ■ 第4対 ■ 第5対 ■ 第6対

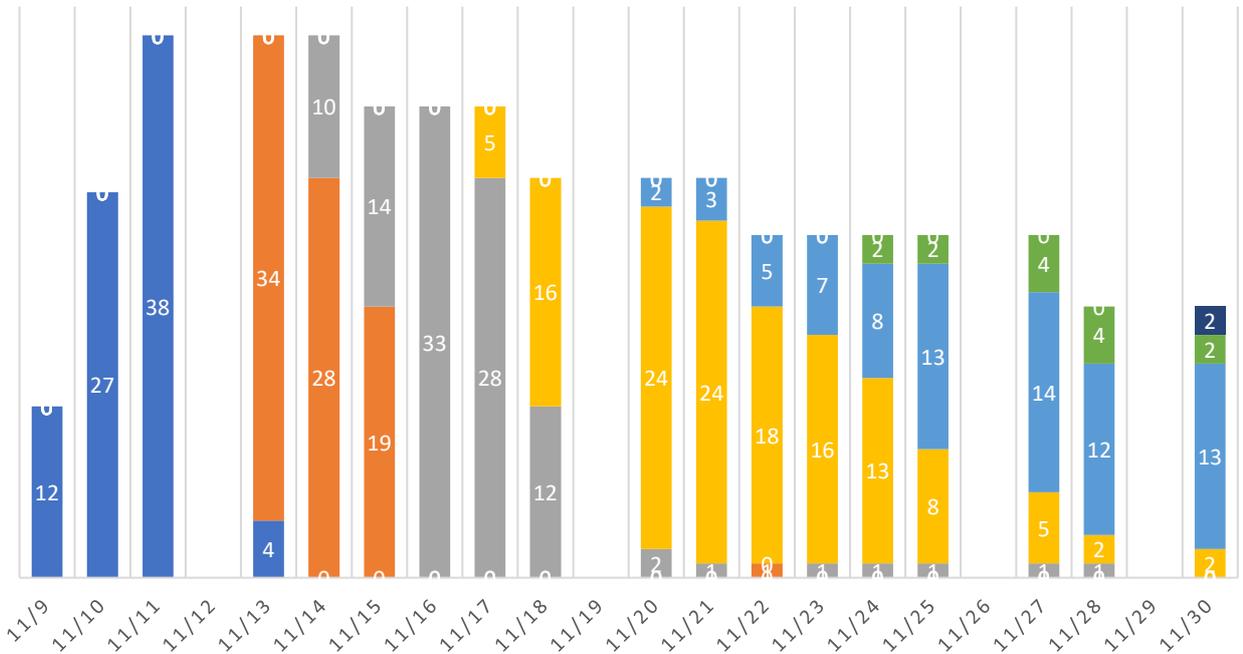
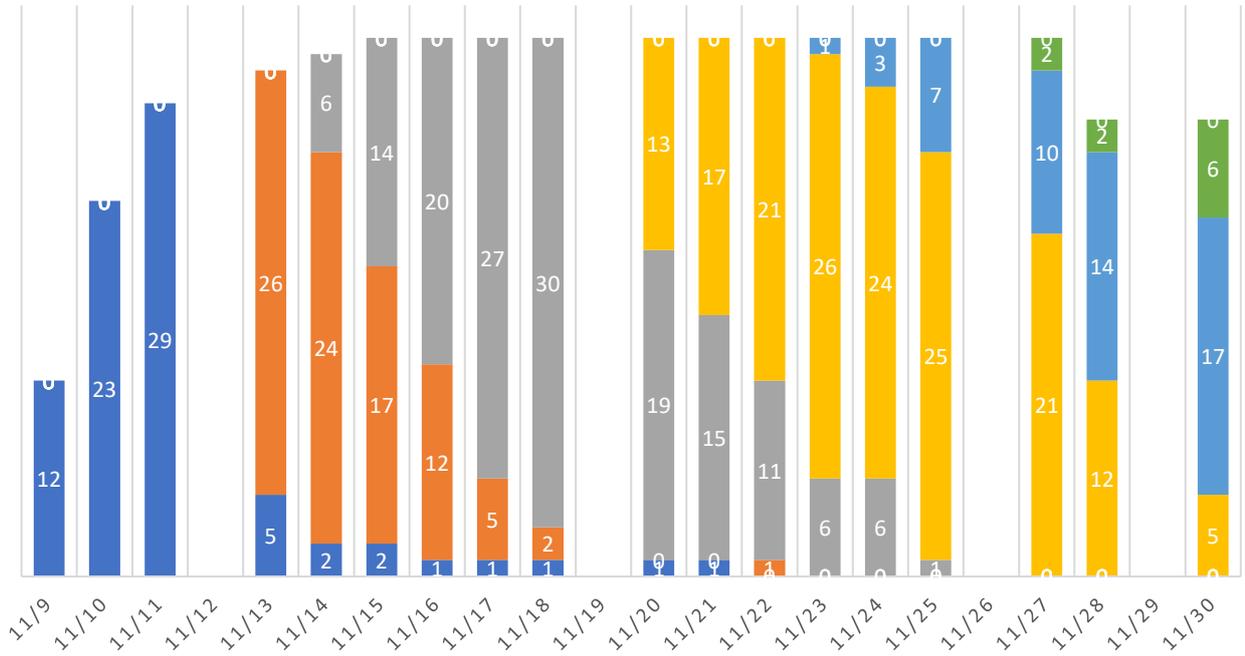


図1. セルトレイで栽培した大麻草の本葉対数の推移 [国内産 (低THC含有種)]
CsT(1), CsT(2)ともに50セルトレイでの生育の結果

CSM(1) メキシコ産

■ 子葉 ■ 第1対 ■ 第2対 ■ 第3対 ■ 第4対 ■ 第5対 ■ 第6対



CSM(2) メキシコ産

■ 子葉 ■ 第1対 ■ 第2対 ■ 第3対 ■ 第4対 ■ 第5対 ■ 第6対

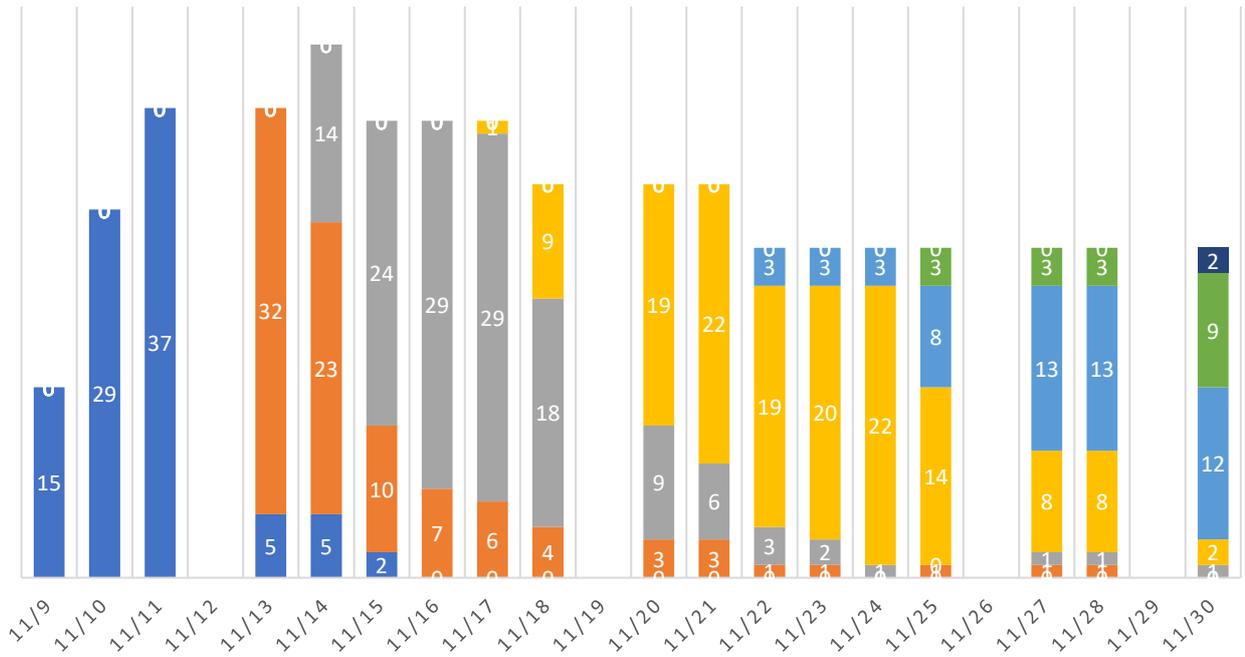


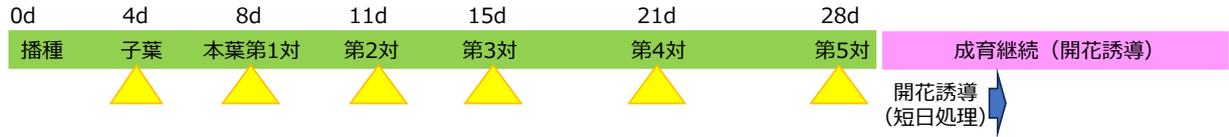
図2. セルトレイで栽培した大麻草の本葉対数の推移 [メキシコ産 (高THC含有種)]
CsM(1), CsM(2)ともに50セルトレイでの生育の結果

生育ステージ& サンプルングポイント

▲ 全草サンプルング ⇒ 成分分析

実生育苗ステージサンプルング

長日条件 (18時間明期)



供試系統

国内産・低THC種



メキシコ産・高THC系統



子葉 本葉第1対 本葉第2対 本葉第3対 本葉第4対 本葉第5対

図3. セルトレイ栽培での大麻草幼植物の生育状況

不織布ポット生育 (本葉対ステージ)

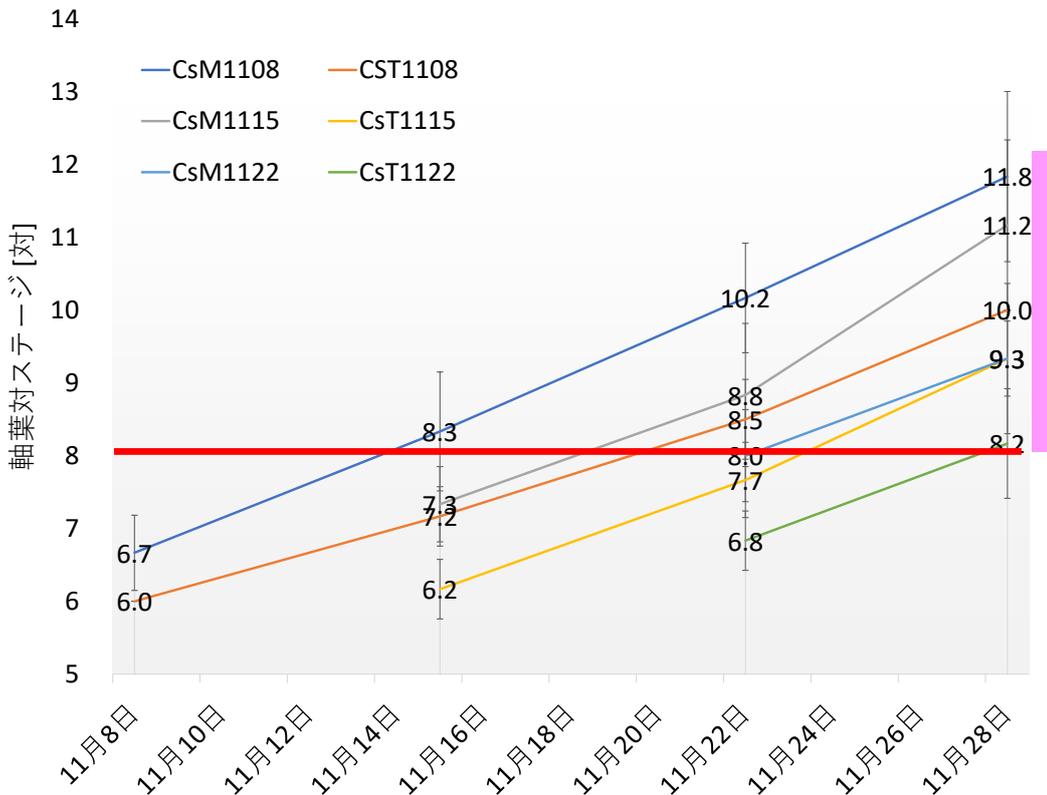


図4. 不織布ポット移植日別の本葉対ステージの推移

本葉第8対~12対が開花誘導の適期とされ、いずれの移植日でも移植2週間後には第8対に到達していることが示された。

生育ステージ&サンプリングポイント

▲ サンプリング ⇒ 成分分析

開花ステージサンプリング

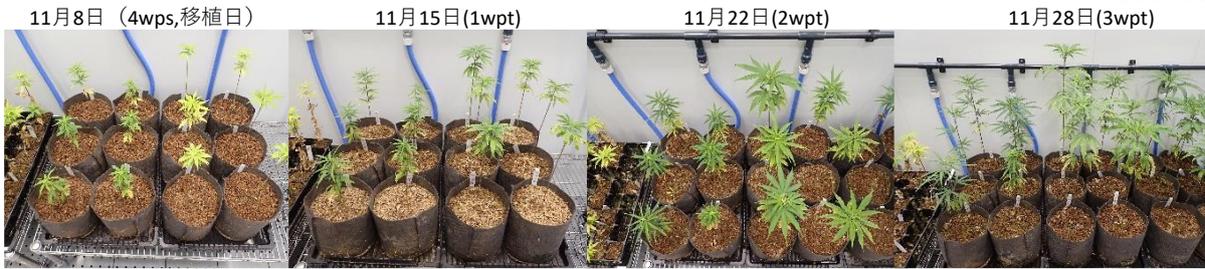
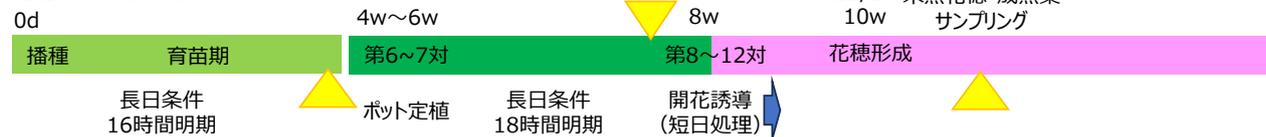


図5. 不織布ポット移植後の生育状況(11/8移植)

生育ステージ&サンプリングポイント

▲ サンプリング ⇒ 成分分析

開花ステージサンプリング



12/18 (短日条件変更後12d) 雄花着蕾数 CsM (メキシコ) : 7/18 (38.9%), CsT (無毒大麻) : 11/18 (61.1%)

CsM (10/11播種)

CsT (10/11播種)

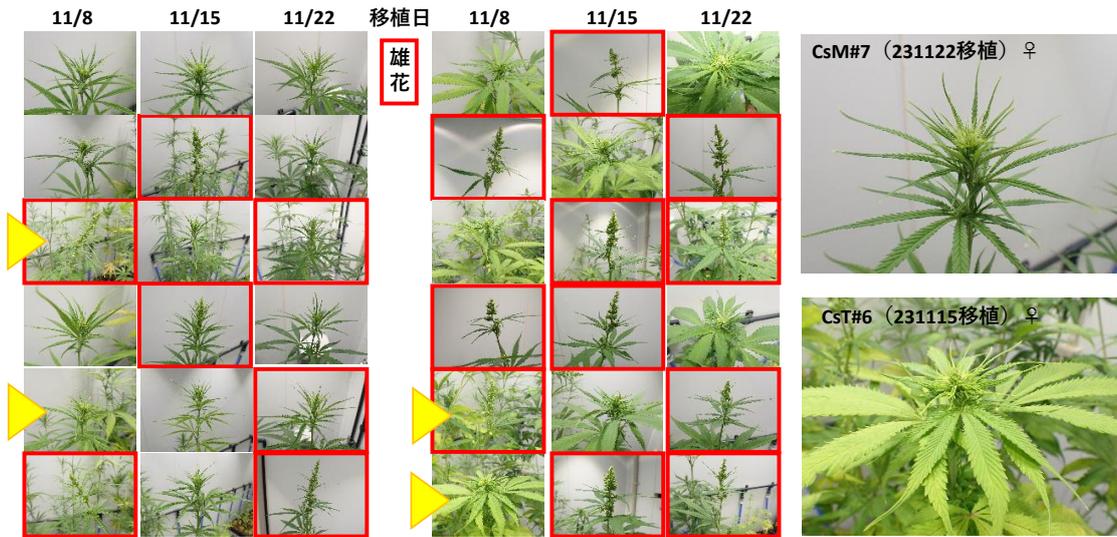


図6. 短日条件下 (短日条件変更後12日後) の開花状況

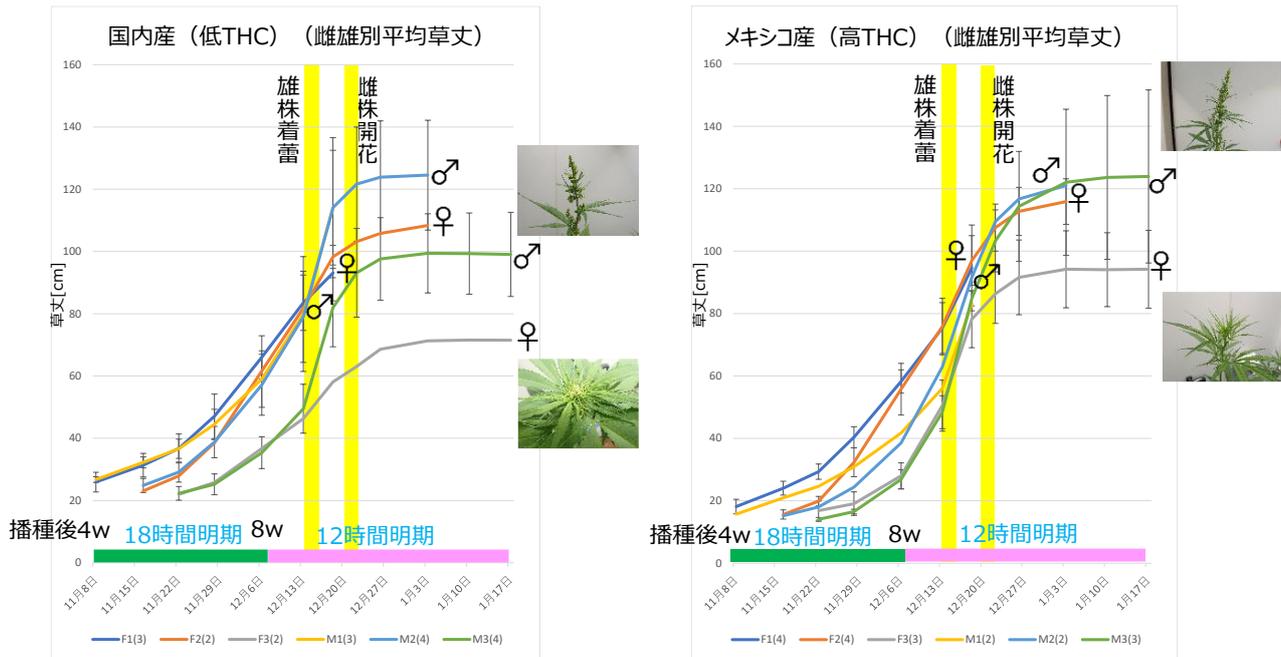


図7. 不織布ポット移植後の雌雄別生育曲線

F: 雌株、M: 雄株、F/Mの後の数字は移植時期1: 11/8, 2: 11/15, 3: 11/22を、カッコ内の数字は個体数を表わす

表 1. 人工光下での大麻草栽培（各生育ステージにおける地上部高さ：草丈と生育の様子）

生育 ステージ	播種後 日数	地上部の高さ（草丈）(cm) (平均±SD)		生長の様子
		メキシコ産	国内産	
1	4	2.3±0.6	2.5±0.7	子葉が展開
2	8	2.7±0.3	4.4±0.8	本葉第 1 対生葉出現
3	11	3.8±0.6	8.2±0.4	本葉第 2 対生葉出現
4	15	5.2±0.4	8.9±0.6	本葉第 3 対生葉出現
5	21	5.6±0.8	11.8±1.5	本葉第 4 対生葉出現
6	31	6.8±1.6	12.5±2.5	本葉
（短日処理による開花誘導を開始）				
7	44	28.9±8.9	28.7±1.6	本葉第 8 ~ 11 対生葉出現 未熟花穂出現
8	50	56.8±0.4	48.5±25.5	雄、雌の花穂出現
9	60	39.0±32.5	52.8±51.2	成熟花穂 雄花から大量の花粉飛散
10	71			雄株は枯死寸前

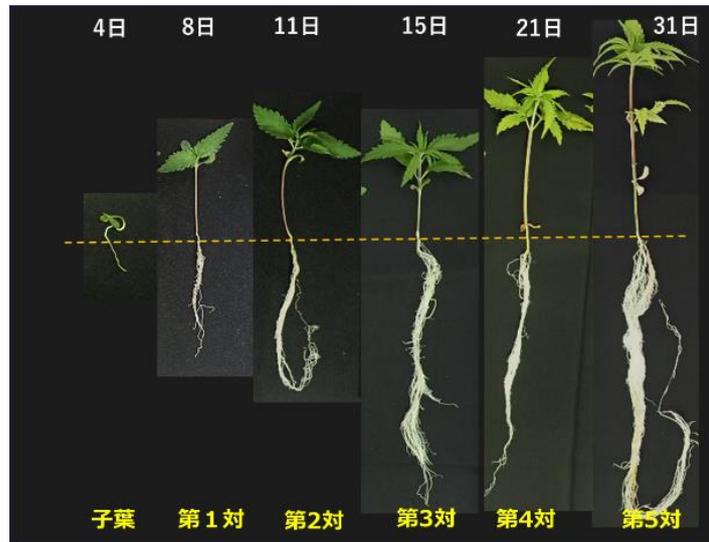


図 8. 人工光下におけるセルトレイでの大麻草栽培
(国内産、播種後一か月間の生長：生育ステージ 1～6)