

(様式 4)

植物工場における作物生産効率向上のための種子発芽促進技術の開発

川上直人

池田敬

Naoto Kawakami

Takashi Ikeda

明治大学植物工場基盤技術センターを活用した本研究プロジェクトでは、植物工場における野菜生産の基本技術、特に種子発芽生理およびその実際栽培における影響に関する実験、考察を行ったので報告する。

1. 種子発芽の最適発芽条件

植物工場における葉菜類の栽培を効率化するには、生育の第一歩である発芽を斉一に、かつ速やかに誘導することが肝要である。そこで、発芽に重要な環境因子である「水分」と「温度」について、ホウレンソウとレタスを用いた発芽の最適化を試みた。

1) 種子の殺菌

水耕栽培において、種子表面に混在するバクテリアやカビが発芽および初期生育に大きなダメージを与える。種苗会社から提供されたホウレンソウとレタスの種子を播種したところ、いずれもバクテリアあるいはカビの繁殖のため、発芽速度と発芽率とともに低下した。そこでまず、種子の殺菌方法を検討した。70%エタノールで10分間殺菌処理を行った場合は、カビの発生を有効に抑えることができなかった。一方、0.1% Triton-X100を含む1%（有効塩素濃度）次亜塩素酸ナトリウム水溶液で5分間処理し、水道水ですすぎを行ったところ、雑菌の繁殖がほぼ完全に抑えられ、発芽を改善することができた（図）。

2) 水分条件

ホウレンソウでは、種子の構造上、果皮が水分を多く吸収すると通気が悪くなり、内部が酸素不足となって発芽が不良になることが知られている。シャーレに水のみを与えた場合、全体に行き渡る程度の水（6穴シャーレに300ul）で発芽が阻害された（図）。そこで、ろ紙をウェルに入れて吸水させたところ、発芽が大きく改善された（図）。ただし、ろ紙を用いた場合でも、発芽が完了するまで乾燥しない最低限の水が発芽に最適であることが確認された。具体的には、6穴シャーレで薄手のろ紙2枚（Whatman Grade1）を用いた場合は300ul、厚手のろ紙2枚（Whatman Grade2）を用いた場合は600ulが最適であった（図1）。

レタス種子の場合、濾紙の有無にかかわらず、水の量も種子が水没しない程度の量（300~500ul）で発芽速度、発芽率ともに良好であった。

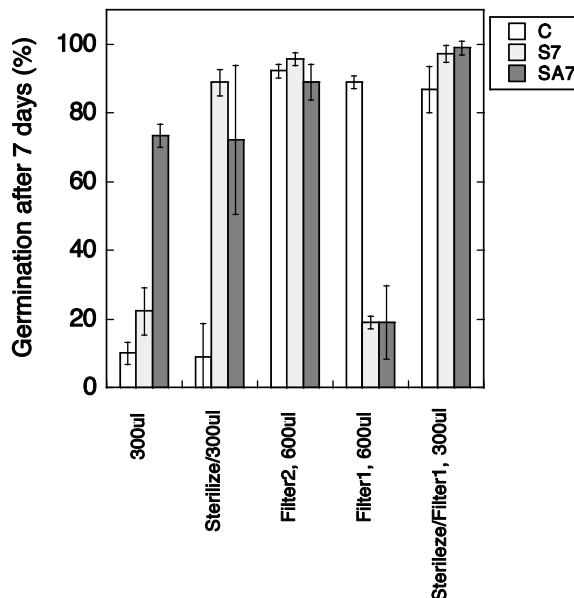


図1 ホウレンソウ種子の発芽に対する殺菌と水分の効果

6穴シャーレを用い、水洗いあるいは次亜塩素酸で殺菌（Sterilize）した種子を300ulあるいは600ulの超純水で吸水させたときの発芽率。ろ紙を用いた場合は、Filter1（薄手）あるいはFilter2（厚手）を2枚用いている。吸水は、22°C、恒明条件で行った。ホウレンソウの品種は、サイクロン（C）、サプライズ7（S7）、スーパーアリーナ7（SA7）を用いた。エラーバーは3反復して得られた結果の標準偏差を示す。発芽の基準は幼根の突出とした。

3) 温度条件

温度：ホウレンソウの3品種を用いて発芽の温度反応性を調べたところ、品種間差があるものの、26°C以上で明確な発芽率の低下が認められた。レタスでは2品種を用いて発芽の温度反応性を調べ、30°Cで発芽速度の低下が認められ、30°C以上で発芽率が大きく低下した。

ホウレンソウではサイクロン、スーパーアリーナ7、サプライズ7の3品種を用い、発芽の温度反応性を調べた。サイクロンでは22°Cでは約90%の種子が発芽したが、26°Cになると20%まで低下し、32°C

(様式 4)

ではほぼ完全に発芽が抑制された。スーパーアリーナ7とサブライズ7はサイクロンよりも高温耐性があり、26℃までは約80%以上の高い発芽率を示した。ただし、28℃では20%以下の低い発芽率となった。

レタスではOGR326とファインレッドの2品種を用いて発芽を調べた。ファインレッド種子は、28℃まではほぼ100%の発芽率を示したが、30℃では発芽速度が低下し、32℃以上では完全に発芽が抑制された。OGR326種子はファインレッドよりも高温耐性を示し、32℃まではほぼ100%の発芽率を示した。ただし、34℃では約40%、35℃では約10%の発芽率まで低下した。

以上の結果から、ハウレンソウ種子を発芽させる場合には水の与え方に十分に注意し、吸水温度は25℃以下に保つことが肝要であることが確認された。レタスの場合は水分、温度ともにハウレンソウほどの注意を必要としないが、品種によって温度反応性が異なるため、やはり温度管理には十分な注意が必要である。また、カビやバクテリアの混入には注意が必要であり、種子の状態によって適切な除菌、殺菌処理が肝要であることが確認された。

2. 発芽促進と植物工場における実際栽培

上記実験に使用したハウレンソウ品種「サイクロン」「サブライズ7」「スーパーアリーナ7」を植物工場基盤技術研究センター内で栽培試験を行った。まず、さい芽条件は、シャーレ中に水分を含ませたろ紙を置き、後述するように水分を含ませた後、密閉させることでシャーレ内相対湿度を100%に維持した環境で行った。インキュベータ環境条件は25±1℃、光条件明期12時間、光合成有効光量子束密度120 μmol s⁻¹m⁻²にて行った。その結果、上記実験結果と同様に、ろ紙に十分に水を含ませた後、吸収されなかった水を十分に切った後にシャーレを密閉したところ、処理開始4日目までで高い発芽率を達成した(サイクロン・93%、サブライズ7・90%、スーパーアリーナ7・95%) (図2)。

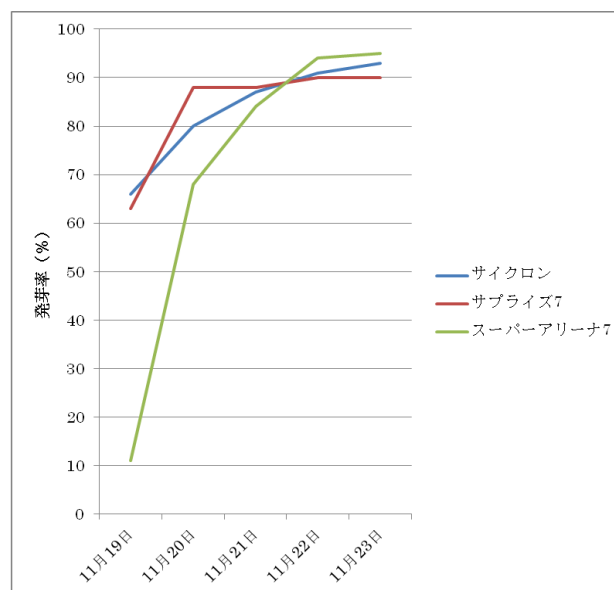


図2、種子を水に浸した後、水をよく切った濾紙を敷いて密閉したシャーレ中でのハウレンソウ品種「サイクロン」「サブライズ7」「スーパーアリーナ7」の発芽率の変化。濾紙上に種子を地床したのは11月18日で、水浸処理はその前日より行った。環境条件は25±1℃、光条件明期12時間、光合成有効光量子束密度120 μmol s⁻¹m⁻²に設定した。

そしてそれら発芽した種子を、環境温度23±2℃、光条件明期12時間、光合成有効光量子束密度230 μmol s⁻¹m⁻²に設定した、植物工場基盤技術研究センタークリーンルーム内栽培棚に定植した。栽培棚にはHEFL照明が設置されている。生育は養液栽培で行い、養液条件は大塚液肥をEC 1.2 mS cm⁻¹に調整して使用した。結果としてさい芽を順調に達成できた種子は、新鮮重平均で「サブライズ7」および「スーパーアリーナ7」では定植後40日で約65グラムとなり(図3上)、また葉数も約25枚以上となった(図3中)ことから、さい芽処理の影響がないことを示した。ただサイクロンに関しては発芽率が高かったにも関わらず、前述の2品種よりも新鮮重で半分以下となり(図3上)、また葉数も少なかった(図3中)ことから、今回の実験環境条件に適合していないことが考えられ、今後培養液管理や温度条件も含めた検討を行う必要がある。葉の緑色の指標となるSPAD値は逆に「サイクロン」が最も高くなった(図3下)。

(様式 4)

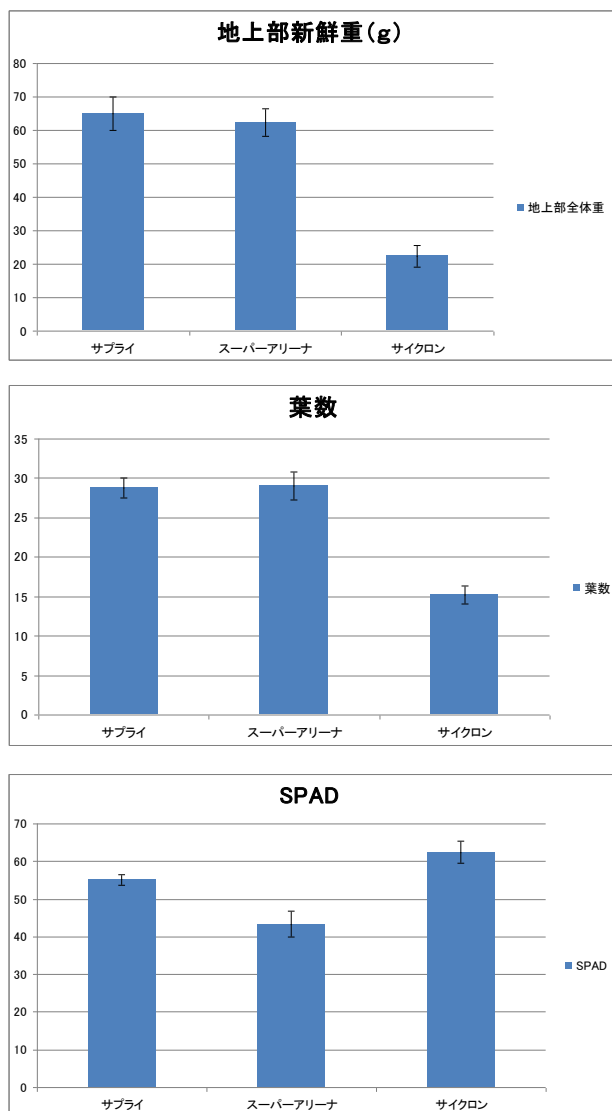


図3、植物工場基盤技術研究センター内クリーンルーム内栽培棚に定植後40日における、「サイクロン」「サブライズ7」「スーパーアリーナ7」の地上部(可食部)新鮮重(上)、葉数(中)、SPAD値(下)。計測は5個体で行っている。栽培条件は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、光条件明期12時間、光合成有効光量子束密度 $230 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 、液肥濃度 EC 1.2 mS cm^{-1} である。

上記3品種とは別に、市販品種および神奈川県農業技術研究センターより供試されたハウレンソウ23品種(詳細は省略)についても、上記と同様のさい芽法にて試験を行った結果、70%以上の発芽率となった品種は7品種、40~70%で6品種となり、全く発芽しなかった品種が4品種あった。この実験では1.で示したような、温度や多様な水分状態を試験していなかったことから、今後はもしこれら低発芽率ハウレンソウ品種が、植物工場環境における生産に適しているといく結果が得られたならば、これら品種に適合したさい芽条件探索も実施する必要があることがわかった。

3. まとめ

植物工場における葉菜類の生産においては、発芽遅延がその後の生育期間や収量などに大きな影響を及ぼし、経営に影響を与えかねない。本研究では特に難発芽性であるハウレンソウを実験対象の中心として研究を行い、同じハウレンソウ品種を用いて、最適発芽環境条件の探索と植物工場基盤技術研究センタークリーンルームでの実際栽培を行った。結果として、ハウレンソウ発芽条件を明確にし、高い発芽率を達成することができた。またそれを活かして実際の栽培試験を行ったことで、実用化に向けたマニュアル化などへの方向付けが達成できたと考えられる。

謝辞

本研究で材料としたハウレンソウ3品種、およびレタス2品種の種子は(株)トーホクから分譲いただいた。