

低圧環境における種子発芽

Seed Germination in Low Pressure Environment

橋本 博文[1]; 樋之口 耕[2]

Hirofumi Hashimoto[1]; Tsutomu Hinokuchi[2]

[1] 筑波大・機能工; [2] 筑波大・院・シス情

[1] Inst. of Eng. Mech. and Syst., Tsukuba Univ.; [2] Grad. School of Syst. and Info. Eng., Tsukuba Univ.

<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~hhashi/index.htm>

月や火星で人間が長期滞在するためには、食料を現地で自給自足できるシステムが必要である。宇宙で植物が栽培できれば、食料だけでなく酸素の供給源としても利用することができる。さらに、植物栽培を低圧環境下で効率よく行うことができれば、建設資材やその輸送費などの大幅なコスト削減につながる。そこで重要となるのが植物の低圧環境に対する耐性であるが、植物の低圧環境に対する耐性の体系的なデータは存在せず、イネとシロイヌナズナの栽培例 (Goto et al, 2002) があるだけである。この実験では、大気組成を調整することにより 20kPa までなら栽培可能であることが確認されている。しかし、植物はその種類の違いにより全く異なった性質を持つので、さまざまな種類で同じような実験を試みてサーベイを行う必要がある。さらに、大気組成比をパラメータとして調べることも重要である。これらのデータは人類が宇宙に進出する際に貴重な情報になるに違いない。本研究では、まず植物の成長の第一段階として発芽という現象に着目した。植物はその成長過程において、発芽と結実に多くの酸素を消費することがわかっている。そこで、全圧と酸素分圧をパラメータとして、まず、組成比は地球大気と同じで圧力だけを減圧する「低圧実験」、次に全圧を 100kPa とし、それに占める酸素分圧だけを変える「低酸素分圧実験」、さらに酸素だけを与えて低圧で実験する「純酸素実験」の 3 つの実験を行ない、低圧環境が植物の発芽にどのような影響を与えるのかを調べる。

これらの実験にはステンレス製の容器を用いた。この容器の上部にはアクリル製の窓があり、内部が観察できる。この容器を 6 個用意して、同時に栽培実験を行なう。実験にはカイワレダイコンを用いた。栽培が容易、収穫までの期間が短いなどの理由から採用した。シャーレの底部に紙を置き、紙に水を 15ml 含ませ、その上に 100 個の種子を播種する。このシャーレを容器に設置し、密閉してから真空ポンプで減圧することにより閉鎖低圧環境を作る。また、結果を比較するためコントロールとして通常の大気圧下でも同じ種子を用いて実験を行なった。本実験では全圧と酸素分圧をパラメータとしている。そこで、圧力は常に全圧と酸素分圧の両方を示し、「全圧 / 酸素分圧 kPa」の形で表記する。本実験での圧力は、100/20, 50/10, 40/8, 30/6, 20/4, 10/2 kPa である。根が 10mm 以上伸長したものを「発芽」と見なす。栽培実験を 7 日間行い、毎日、発芽数を記録して発芽率の日変化を見る。7 日目の発芽率を最終的な発芽率とする。温度は 24℃、照度は 0 lux である。低圧実験結果より、圧力が 30/6 kPa 以上の条件では、90% 以上の発芽率が見られるが、20/4 kPa 以下の条件では発芽率が低い。さらに、発芽に時間がかかっている。発芽率が高い 100/20 ~ 30/6 kPa では、ほとんど差が見られなかった。この結果から、圧力が 20/4 kPa 以下の条件では、発芽率が低くなることがわかった。理由として考えられるのは、まず、全圧が低いという物理的要因の影響と、酸素分圧の低下による影響が考えられる。そこで、次に全圧を 100kPa として、酸素分圧だけを変化させて低酸素分圧実験を行なった。低酸素分圧実験結果より、100/6 kPa 以下の条件で発芽率が低くなることがわかった。また、低圧実験と比較したとき、酸素分圧が同じである 30/6 kPa と 100/6 kPa の間で大きな発芽率の差が生じ、全圧が低い 30/6 kPa のほうが発芽率は高くなっている。植物の発芽には酸素が必要である。ならば、純酸素環境であれば低圧でも十分発芽できるのではないかと考えられる。これを確認するため、純酸素環境で発芽実験を行なった。純酸素実験結果より、8/8 kPa 以上の条件であれば十分な発芽率が得られることがわかった。また、最低圧力の 4/4 kPa でも 40% という発芽率を示し、低圧実験の 20/4 kPa, 10/2 kPa の結果と比べると高い発芽率を示している。これら 3 つの実験において酸素分圧に着目すると、酸素分圧が 6kPa の結果では低圧実験と低酸素分圧実験で全圧が低い前者の方が発芽率が高い。酸素分圧が同じであっても全圧に占める酸素分圧の割合が少なくなると種子の発芽に影響があると考えられる。このことから、植物の発芽にとって全圧よりも酸素分圧の方が重要であることがわかる。純酸素実験の結果も、これを裏付けるものである。純酸素実験においては全圧が 10kPa という低圧にもかかわらず、コントロールとほとんど変わらない発芽率を示し、4kPa では 40% と 3 実験中、最も高い発芽率を示した。これらの結果は前述の実験結果 (Goto et al, 2002) と一致しており、これには酸素分子の拡散が関係していると考えられる。