

D09

植物組織培養器内におけるガス拡散係数の算定

*大山克己・古在豊樹（千葉大学園芸学部）

はじめに 植物組織培養器(以下、培養器)内における気流速度は、圃場や温室内の気流速度と比べて小さい(Kitaya *et al.*, 1995)ために、培養器内におけるガス拡散係数は小さいと考えられる。そこで本研究では、培養器内におけるガス輸送の実態を把握するための基礎的知見を得るために、培養器内における水蒸気の輸送に着目して水蒸気拡散係数の算定を行った。

材料および方法 供試培養器として、角形ポリカーボネート製容器(プラントボックス、株式会社ルディー、容積: 370 ml、断面積: 3600 mm²)を用いた。培養器の栓に 900、1600、2500 および 3600 mm²の穴(以下、フィルター面積)をあけ、栓の上面全体をメンブレンフィルター(ミリラップ、株式会社ミリポア、孔径: 0.5 μm)で覆った。培養器内には 50 ml の蒸留水を入れ、アクリル製の箱の中に設置した(Figure 1)。Table 1 に示した条件下で、高分子湿度センサー(CHS-UPS、株式会社TDK)および Cu-Co 熱電対を用いてそれぞれ培養器内の栓下 5 および 80 mm の相対湿度および気温を測定し、また電子天秤を用いて培養器重量を測定した。気温および相対湿度より、各測定点における絶対湿度を算定した。本実験では、培養器内において水蒸気は水面から垂直方向上向きにのみ輸送されると仮定し、培養器重量の経時変化より培養器内における水蒸気フラックスを算定した。培養器内の栓下 z_1 、 z_2 [m] ($z_1 < z_2$)における水蒸気拡散係数 D [m² s⁻¹]は、絶対湿度 q_1 、 q_2 [g m⁻³] および水蒸気フラックス F_w [g m⁻² s⁻¹]から以下の式を用いて算定した。

$$F_w = D (q_2 - q_1) / (z_2 - z_1)$$

結果および考察 各測定条件下における培養器外の絶対湿度と q_1 ($z_1=5$ mm)および q_2 ($z_2=80$ mm)との差を Figure 2 に示し、また F_w を Table 2 に示す。上記の式より算定した培養器内の栓下 5 および 80 mm の 2 点間における D は、本実験の条件下では $0.7\text{-}3.1 \times 10^{-4}$ m² s⁻¹であった(Figure 3)。圃場や温室内における例では、気流速度が 0.9 m s⁻¹の条件下における乱流拡散係数はそれぞれ 1.3×10^{-2} m² s⁻¹ (内嶋・井上、1970)、 1.1×10^{-2} m² s⁻¹ (渋谷ら、1997)である。本実験で算定した D はこれらの値の 1/40-1/180 であった。このことは、培養器内における水蒸気輸送は圃場や温室内と比べて大きく抑制されていることを示唆する。本実験の条件下では D は水蒸気分子拡散係数(2.5×10^{-5} m² s⁻¹)の 3-12 倍であるので、分子量の違う CO₂ ガスなどの拡散係数の違いは比較的小さい。従って、培養器内では水蒸気輸送と同様に CO₂ ガスなどの輸送も抑制されていると考える。フィルター面積の増大とともに培養器内の栓下 5 および 80 mm の 2 点間における D は、直線的に増大した。フィルター面積と D とは比例関係にあるとすれば、フィルター面積が 0 mm² のとき D は分子拡散係数の 2-3 倍程度であると予想される。培養器外の気流速度が 0 m s⁻¹ の条件下と比べて 0.5 および 0.8 m s⁻¹ の条件下では、培養器内の栓下 5 および 80 mm の 2 点間における D は約 2 倍となった。このことから、培養器外の気流速度は、 D に影響をおよぼすことが明らかになった。培養器外の気流速度が 0.5 および 0.8 m s⁻¹ の条件下では、 D に大きな差は見られなかった。

以上より、培養器内における水蒸気拡散係数は、圃場や温室内での測定例の約 1/40-1/180 であることが明らかになった。培養器内ではガス拡散係数は小さいことが培養小植物体とその近傍空気とのガス交換を抑制している要因の 1 つとなっている。従って、培養小植物体の生長を促進するためには、培養器内におけるガス拡散係数を大きくする必要があると考える。

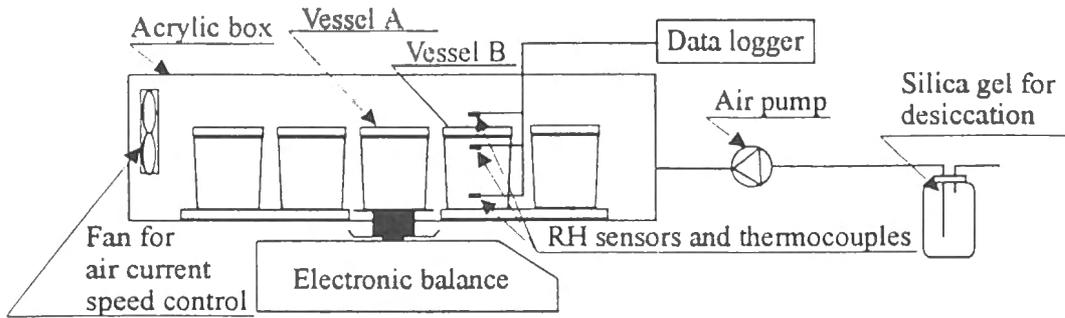


Figure 1 Schematic diagram of experimental set up.

Vessel A was used for measurement of evaporation rate.

Vessel B was used for measurement of air temperature and relative humidity (RH).

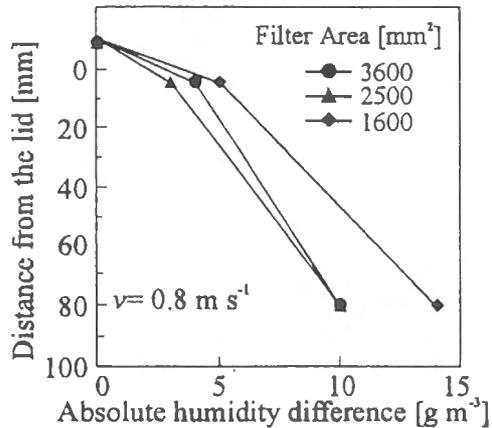
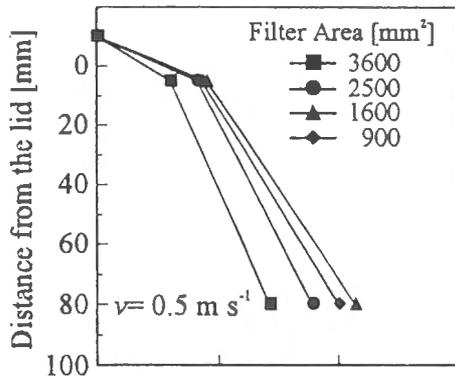
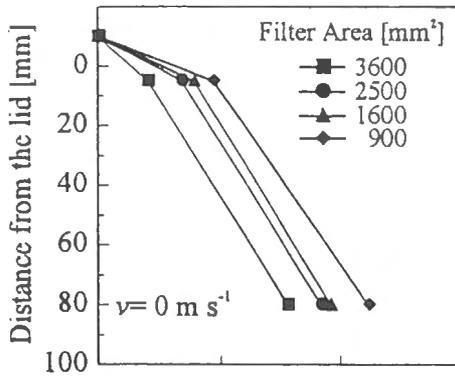


Figure 2 Absolute humidity differences between outside and inside the vessel at 5 and 80 mm below the lid as affected by the filter area and v .
 v : Air current speed around the vessel.

Table 1 Description of the measurement conditions.

| | |
|--|---|
| Air temperature outside the vessel | -27.5°C |
| Shortwave radiation flux density* | 19 W m ⁻² |
| (Photosynthetic photon flux density: 80 μmol m ⁻² s ⁻¹) | |
| RH outside the vessel | 30 ± 5% |
| Air current speed around the vessel | 0, 0.5 or 0.8 m s ⁻¹ |
| Filter area | 900, 1600, 2500 or 3600 mm ² |

* Measured at water surface level inside the vessel.

Table 2 Water vapor flux as affected by the filter area and air current speed around the vessel.
(unit: × 10⁻² g m⁻² s⁻¹)

| Air current speed [m s ⁻¹] | Filter area [mm ²] | | | |
|---|--------------------------------|------|------|------|
| | 900 | 1600 | 2500 | 3600 |
| 0 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 1.1 |
| 0.5 | 1.0 | 1.4 | 1.6 | 1.5 |
| 0.8 | - | 1.8 | 2.1 | 2.5 |

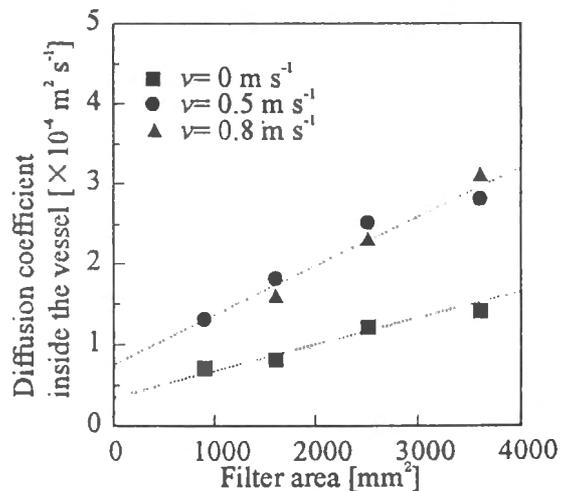


Figure 3 Diffusion coefficient inside the vessel as affected by the filter area and v .
 v : Air current speed around the vessel.