

# 失水干燥对紫菜等海藻光合作用、 呼吸作用及生长的影响

刘 力 高尚德

(山东海洋学院)

**提要** 室内晾干不同时间(2—12小时)四种海藻失水达90%。晾干2—12小时对紫菜的毛光合有促进作用。晾干7小时内对石莼的毛光合有促进作用,8小时出现抑制作用;晾干5小时内对礁膜的毛光合有促进作用,6小时出现抑制作用;不同时间晾干的孔石莼毛光合均低于对照。晾干2—12小时,四种海藻的净光合速率均有下降,而呼吸作用均受到了不同程度的促进。

**主题词** 藻类,干燥,光合作用,呼吸作用

## 前 言

随着潮汐的变化,生长在潮间带的藻类也周期性地干燥脱水,这一环境因素对藻类的影响无论从理论上或生产上都有研究的必要。这方面较早的工作是研究干燥脱水对藻类生长和分布的影响(Muenschler 1915, Isaac 1933, 1935, Biebl 1938, 1962, Feldman 1951)。以后有人分别研究干燥脱水之后再复水的光合作用和呼吸作用,并以此作为植物干燥损伤的指标(Montfort 1937, Ogata 1968)。Stocker等(1938)发表了对落潮露出的海藻在空气中的光合作用的研究。进一步的工作是对海藻露出和淹没期间的光合作用加以比较(Brown 1964, Chapman 1965, Imada 1970)。Mathieson(1971)研究了不同干燥程度对光合作用和呼吸作用的影响。Johnson(1974)通过自己的研究指出高潮带和中潮带生长的 *Endocladia muricate*, *Porphyra perforata*, *Fucus distichus*, *Iridaca flaccida* 在空气中的毛光合速率比在海水中高1.66~6.3倍,而低潮带的 *Ulva expousa*, *Prionitis lanceolata* 相反,光合速率在空气中比在海水中低。新近的工作有的除得出以上相似结论外,还分别指出一定的干燥能促进呼吸作用(Quadir等1979),藻类的分布和对干燥脱水的耐受力有关(Hodgson 1981),也有的指出 *Ulva fasciata* 和 *Ulva rigida* 在轻度干燥下净光合速率为正值(Becr 1983)。

以上工作大多以整株藻体短时间晾干,并分别以 Winkler 法和红外线二氧化碳分析仪测定氧或 CO<sub>2</sub> 的变化。本实验以不同的晾干方法研究了长时间干燥失水对几种海藻代谢的影响,试图进一步了解不同海藻对干燥脱水的耐受能力。

## 材料和方法

一、实验材料 本实验所用材料为：紫菜(*Porphyra yezoensis*)、礁膜(*Monostroma nitidum*)、石莼(*Ulva lactuca*)、孔石莼(*Ulva pertusa*)。材料是在1985年4、5月期间采于青岛贵州路海水养殖厂外的潮间带。材料采回后放入天然海水中恢复过夜，待第二天做干燥处理。

二、晾干方法及失水量的测定 选取健康材料，取大小约 $5\text{cm}^2$ 的藻体铺于载玻片上，用滤纸吸干表面水份后，立即连玻片一起称重。然后在室内( $18^\circ\text{C}$ )晾干。当晾干0.5、1、1.5、2、4、6、8、10、12小时时分别取样称半干重。最后，在 $70^\circ\text{C}$ 烘箱烘干36小时称干重。用Hodgson (1981)公式： $(\text{鲜重} - \text{半干重}) / (\text{鲜重} - \text{干重})$ 计算出不同于干燥时间的失水量。

三、光合作用和呼吸作用的测定 光合作用和呼吸作用是参照Winkler法和氧电极法(李德耀、叶济宁, 1980)进行的。按上法在室温下晾干0、2、4、6、8、10、12小时后的藻体放入用虹吸法装满过滤海水的150ml的碘瓶内，恢复2小时后加塞。分别放在日光灯(2400 lux)下进行光合作用及在暗处进行呼吸作用。9小时后取出材料，用氧电极法测碘瓶中海水的含氧量。实验所用海水是脱脂棉过滤的天然海水，做光合作用时，海水含 $2.5\text{mM NaHCO}_3/\text{L}$ 。

四、恢复能力及生长的观察 恢复能力的实验，是把材料用打孔器打成直径0.8cm的圆片，贴在载玻片上晾干( $20^\circ\text{C}$ )，晾干2小时后放入海水中恢复，然后每隔半小时取出5片，在 $20^\circ\text{C}$ 、300 W钨丝灯、光强25000 lux下，用氧电极法测光合作用强度，以光合速率判断恢复的快慢。生长观察是把室内晾干( $18^\circ\text{C}$ )0—12小时的藻体放入海水中，在40 W日光灯，光强2400 lux下培养，几天后观察生长情况，并记录存活率。

## 结 果

一、晾干不同时间藻体失水情况 室内 $18^\circ\text{C}$ 晾干0.5小时，石莼、孔石莼、紫菜失水50%以上，礁膜失水70%以上。晾干2小时，四种海藻失水全部达90%以上。见图1。

二、干燥脱水对光合作用的影响 四种海藻室内晾干不同的时间(2、4、6、8、10、12小时)的结果表明：所有的藻体都随晾干时间的延长光合速率逐步下降。紫菜稍有下降，未出现负值。礁膜晾干2小时光合速率急剧下降，10小时时净光合速率降为负值。石莼4小时后光合速率急剧下降，8小时降为负值。孔石莼晾干2小时，净光合速率就降为负值。见图2。

三、干燥对呼吸作用的影响 不同程度的晾干失水对这几种海藻的呼吸均有一定的促进作用，但石莼晾干12小时时呼吸速率低于对照组。礁膜和石莼晾干4小时呼吸速率达到最大值，其呼吸强度分别比对照组高2.4倍和2.3倍，孔石莼和紫菜晾干6小时达最大值，其呼吸强度分别比对照高1.9倍和1.6倍。结果见图3。

四、复水不同时间光合作用强度的变化 为了解海藻干燥脱水一定时间复水后需多长时间才能恢复正常状态，我们做了晾干2小时，然后放回海水中让其恢复的实验。结果表

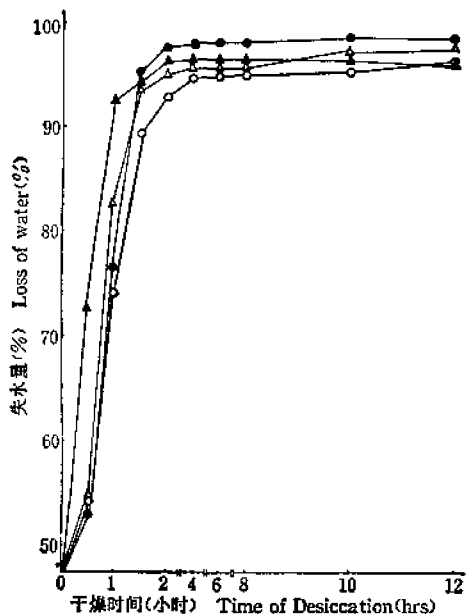


图1 晾干不同时间几种海藻的失水量  
Fig. 1 The Loss of Water of some Marine Algae at Different Desiccation Time

- △—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)
- ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)
- 石莼 (*Ulva lactusa*)
- 孔石莼 (*U. pertusa*)

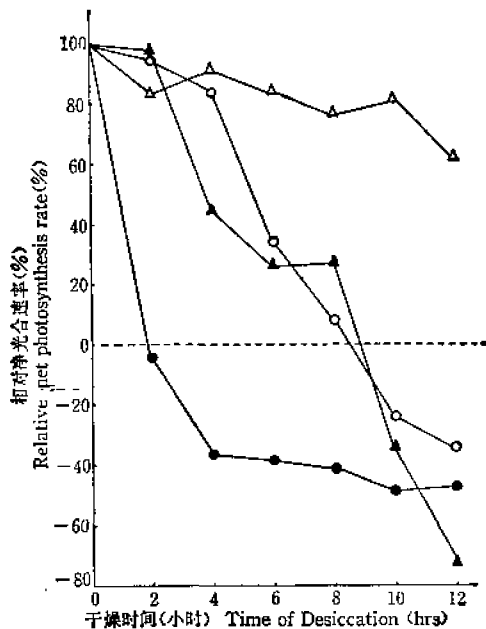


图2 晾干对几种海藻光合作用的影响  
Fig. 2 The Effect of Desiccation on some Marine Algae in Photosynthesis

- △—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)
- ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)
- 石莼 (*Ulva lactusa*)
- 孔石莼 (*U. pertusa*)

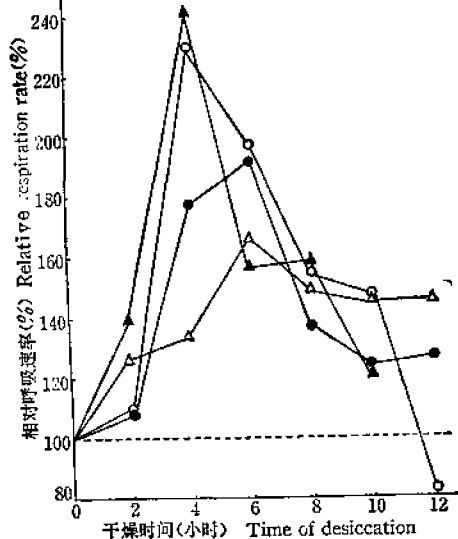


图3 晾干对几种海藻呼吸作用的影响  
Fig. 3 The Effect of Desiccation on some Marine Algae in Respiration

- △—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)
- ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)
- 石莼 (*Ulva lactusa*)
- 孔石莼 (*U. pertusa*)

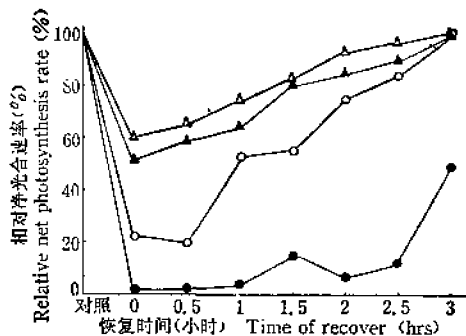


图4 几种海藻晾干2小时后不同恢复时间的光合作用强度  
Fig. 4 After Desiccated for two hrs, the Photosynthesis Rate for Different Time of Recover

- △—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)
- ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)
- 石莼 (*Ulva lactusa*)
- 孔石莼 (*U. pertusa*)

明：紫菜、礁膜、石莼在3小时光合速率可恢复到100%，而孔石莼只能恢复到49%，孔石莼受影响最严重。见图4

五、干燥对生长的影响 晾干不同时间后，重新放入海水中培养，5天后，各不同时间干燥的紫菜存活率都在90%以上，而礁膜晾干8小时存活率下降为30%，石莼晾干4小时者存活率即有所下降，晾干8小时存活率也下降到30%，孔石莼(培养3天后)晾干2小时存活率就降为40%。见图5。

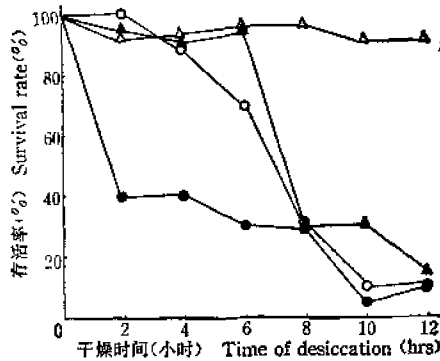


图5 晾干对几种海藻生长的影响

Fig. 5 The Effect of Desiccation on some Marine Algae Growth

△—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)    ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)    ○—○石莼 (*Ulva lactuca*)  
●—●孔石莼 (*U. pertusa*)

## 讨 论

涨潮和落潮使生长在潮间带的藻类有规律地露出和淹没。落潮时藻体很快从水生变为陆生环境，涨潮时又很快从陆生变为水生环境，生长在这种特殊环境的海藻必须具备适应环境剧烈变化的能力。尤其当由水生突然转变为陆生时，生长在岩石上的藻类必须适应迅速脱水干燥和环境高温才能生存下来。有些高潮带的藻类能耐受短时间内温度从10°C到30°C的变化这些植物对于干燥脱水的耐受力也是很强的，它们可以耐受1—2小时内脱水70%以上的干燥度，而复水后生长照常。

为了解潮间带藻类长时间干燥脱水的生理变化，我们对四种海藻进行了研究。结果表明：四种海藻室内晾干(18°C)在2小时失水达95%以上(图1)，以后2—12小时曲线保持平稳状态。由此可知有5%左右的束缚水不易丢失。生长在高潮带的海藻象紫菜和礁膜，当落潮时成一层铺在岩石上，在阳光、风、热的外界条件下，失水能超过或接近我们的实验结果。可知在退潮时藻体是依靠束缚水来度过不良环境，维持生命的。另一方面，实验数据表明，潮间带不同藻类对于干燥失水的耐受力不同。紫菜耐受力最强，失水90%达12小时，再放入海水中仍有90%存活。其次是礁膜，礁膜失水90%达6小时有90%存活，超过6小时存活率迅速下降，8小时降为30%。石莼失水90%可维持4小时，4小时后存活率迅速下降。孔石莼耐受力最差，失水2小时存活率就降为40%(图5)。这一结果和四种海藻的分布相吻合。紫菜生长在高潮带和中潮带，礁膜和紫菜混生，但生长的最高线

低于紫菜。石莼生长在低潮带,孔石莼在退大潮后仅能在石沼内采到。以上结果其他学者对不同的藻进行研究也作了类似的报导 (Johnson et. al 1974, Quadir 1979, Hodgson 1981)。

藻类对干燥的耐受力也可以用失水干燥后再浸入水中恢复代谢的能力来判断(Ogata 1968)。我们晾干不同时间复水 2 小时测光合作用和呼吸作用的实验结果表明:四种海藻随着晾干时间的延长、净光合均有下降,晾干 2 小时,紫菜、礁膜和石莼的净光合稍有下降,而孔石莼降为负值。紫菜晾干 10 小时净光合才下降 28%,12 小时下降不到 40%。礁膜和石莼晾干 4 小时净光合迅速下降,9 小时降为负值(图 2)。从这一结果也能看出紫菜耐干力最强,其次是礁膜和石莼,孔石莼耐干力最差。不同时间的晾干脱水对这四种海藻的呼吸均有促进作用(石莼 12 小时低于对照),礁膜和石莼受刺激最大,干燥 4 小时呼吸速率分别增加 2.4 倍和 2.3 倍,孔石莼晾干 6 小时呼吸速率增加 1.9 倍,紫菜受刺激最小,晾干 6 小时呼吸速率出现高峰(为对照 1.6 倍),高峰之后没有出现明显的下降,而前三种海藻出现呼吸高峰后,呼吸强度急剧下降。四种海藻失水呼吸强度增加的原因可能是干燥失水损伤组织出现了伤呼吸。Quadir (1979)研究了干燥对 *Fucus*、*Ulva* 和 *Iridaea* 光合和呼吸的影响,结果表明:短时间少量失水呼吸作用变化不大,这可能是少量失水组织未受伤害,而我们实验中长时间大量失水使组织受到了伤害。

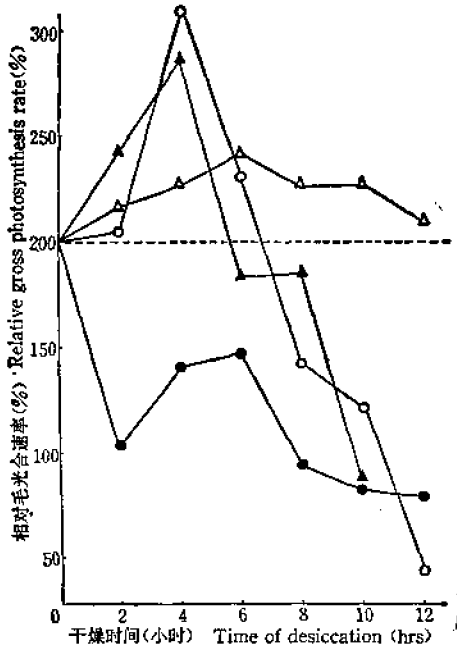


图 6 晾干对几种海藻毛光合的影响

Fig. 6 The effect of Desiccation on some Marine Algae in Photosynthesis

- △—△紫菜 (*Porphyra yezoensis*)
- ▲—▲礁膜 (*Monostroma nitidum*)
- 石莼 (*Ulva lactuca*)
- 孔石莼 (*U. pertusa*)

若以毛光合作用为指标了解干燥脱水对四种藻的影响,则不同时间的干燥失水对紫菜的毛光合均有促进作用;晾干 5 小时对礁膜的毛光合有促进作用,7 小时出现抑制作用;孔石莼晾干 2 小时毛光合就出现抑制作用。见图 6。

四种海藻晾干 2 小时,再放入海水中恢复正常光合强度的速度不同,紫菜最快,礁膜次之,石莼较慢。以上三种藻 3 小时均能恢复到正常状态。孔石莼恢复最慢,3 小时仅能恢复 49%。这一结果与图 2 的结果不符。不符的原因可能是图 2 的结果是晾干后把藻体放入三角瓶长时间光合,这里(图 4)是晾干后立即用氧电极法测其光合作用。孔石莼干燥失水 2 小时藻体已受到严重损伤,短时间还可以进行光合作用,而时间延长藻体逐步趋向死亡,致使净光合作用降为负值。净光合降为负值的原因是呼吸大于光合。

综合上述结果,从下表可以更清楚地说明不同干燥度对四种海藻的影响。

附表 干燥对几种海藻光合作用和呼吸作用的影响

Appended Table The Effect of Desiccation on some Marine Algae in Photosynthesis and Respiration

干燥时间 (小时)Time for Desiccation(hrs)	测定项目 Items		毛光合速率(图6) Gross Photosynthesis Rate (Fig. 6)		呼吸速率(图3) Respiration Rate (Fig. 3)		净光合速率(图2) Net Photosynthesis Rate (Fig. 2)	
	藻类 Algae	达最大值 Reach maximum	低于对照 Lower than control	趋 势 Trend	达最大值 Reach maximum	趋 势 Trend	降为负值 Lower to minus	
紫 菜 ( <i>Porphyra yezoensis</i> )	6	—	被刺激升高 Increased by stimulation	6	变化不大 No change	—		
礁 膜 ( <i>Monostroma nitidum</i> )	4	6	被刺激升高 Ditto	4	逐渐降低 Gragnally Decreasep	9		
石 莼 ( <i>Ulva lactusa</i> )	4	8	被刺激升高 Ditto	4	逐渐降低 Ditto	9		
孔石莼 ( <i>U. pertusa</i> )	—	2	被刺激升高 Ditto	6	逐渐降低 Ditto	2		

从附表中可看出,晾干一定时间对紫菜、石莼和礁膜的毛光合作用有一定促进作用,对四种海藻的呼吸均有促进作用。紫菜的净光合变化不大,不因晾干时间的延长迅速下降,而其他三种海藻延长晾干时间,净光合速率急剧下降,礁膜、石莼晾干9小时降为负值,孔石莼2小时降为负值。

## 结 论

通过以上实验结果说明,紫菜有较强的耐干能力,它可以忍受8—10小时失水90%的干燥,这一适应能力使它独居高潮带,而较少地受其他杂藻的危害。礁膜耐干力稍低于紫菜,它能忍受6小时失水90%的干燥,9小时光合降为负值,因此它也可以生长在高潮带,但稍低于紫菜。石莼耐干力较差,晾干超过4小时存活率迅速下降,9小时净光合降为负值,因此它仅能生长在低潮带。孔石莼耐干力最差,晾干2小时净光合降为负值,死亡率达60%,它不能耐受短时间干燥失水(90%),因此它仅能生长在石沼里,以及低潮线以下。以上实验结果不仅从理论上说明了四种海藻为什么生态分布不同,而且也为紫菜生产中杀死杂藻进一步提供了依据。

## 参 考 文 献

- [1] 李德耀、叶济宁,1980. 薄膜氧电极的制作与呼吸作用或光合作用控制的测定。植物生理通讯, 1:35—40.
- [2] Beer, S. & Eshel, A., 1983. Photosynthesis of *Ulva* sp. I. Effects of desiccation when exposed to air. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 70: 91—97.
- [3] Biebl, R., 1962. *Seaweeds*, 799—815. In R. A. Lewin (ed). *Physiology and biochemistry of algae*. Academic Press, New York.
- [4] Brown, J. M. & Johnson, A., 1964. Preliminary studies on the ecology and physiology of *Seyto-*

- thamnus australis* (J. Agardh) Hk et Harv. 1845. *Bot. Mar.* 6: 233—246.
- [ 5 ] Chapman, V. J. 1965. The physiological ecology of some Newzealand seaweeds. *Proc. 5th Int. Seaweed Symp.*, 29—54.
- [ 6 ] Dring, M. J., 1982. *The Biology of Marine Plant*. Edward Arnold, 35—38.
- [ 7 ] Fledman, J., 1951. *Ecology of Marine Algae*, 313—334. In G. M. Smith (ed) *Manual of Phycology*. Chronica Botanica, Waltham, Mass.
- [ 8 ] Hlodgson, L. M., 1981. Photosynthesis of the red algae *Gastroclonium coulteri* (Rhodophyta) in response to changes in temperature, light intensity and desiccation. *J. Phycol.*, 17: 37—42.
- [ 9 ] Imada, O. et al., 1970. Relationships between the growth of *Porphyra tenera* and its culturing condition in the sea. II. Influence of atmospheric exposure on photosynthesis, growth and others on *Porphyra* fronds. *Bull. Jap. Sci. Soci. Fish.* 36: 369—376.
- [10] Isaac, W. E., 1933. Some observation and experiments on the drought resistance of *Pelvetia canaliculata*. *Ann. Bot. (Lond.)* 47: 343—348.
- [11] Isaac, W. E., 1935. Preliminary study of the water loss of *Lamanaria digitata* during intertidal exposure. *Ann. Bot. (Lond.)* 49: 109—117.
- [12] Johnson, W. S. et al., 1974. Comparative photosynthetic capacities of intertidal algae under exposed and submerged conditions. *Ecology*, 55: 450—453.
- [13] Mathieson, A. C. & Burns, R. J., 1971. Ecological studies of economic red algae. I. Photosynthesis and respiration of *Chondrus crispus* (Stackhouse)
- [14] Montfort, C. 1937. Die Trockenresistenz der Gezeitenpflanzen und die Frage der Ubereinstimmung Von standort und Vegetation. *Ber. dtsh. Bot. Ges.* 55: 85—95.
- [15] Mnenscher, W. L. G., 1915. Ability of seaweeds to withstand desiccation. *Publ. Puget sound Biol. sta. Univ. wash.* 1:19-23.
- [16] Ogata, E. & Matsui, T., 1965. Photosynthesis in several marine plants of Japan as effected by salinity, drying and pH, with attention to their growth habitats. *Bot. Mar.*, 8: 199—217.
- [17] Ogata E., 1968. Respiration of some marine plants as effected by dehydration and rehydration. *J. Shimonoseki Coll. Fish.*, 16:89—102.
- [18] Quadir, A. et al., 1979. The effects of emergence and submergence on the photosynthesis and respiration of marine macrophytes. *Phycologia*, 18:(1)83—88.
- [19] Stocker, O. & Holdheide, W., 1938. Die Assimilation helgolander Gezeitenalgen wahrend der Ebbezeit. *Z. Bot.*, 32: 1—59.

## THE EFFECT OF DESICCATION ON SOME MARINE ALGAE IN PHOTOSYNTHESIS, RESPIRATOIN AND GROWTH

Liu Li and Gao Shangde

(Shandong Oceanography College)

**ABSTRACT** Desiccated in room for different times (2—12 hrs), the dehydration rates of all four algae reach to ninety percent. Desiccation for 2—12 hrs stimulates the gross photosynthesis rate on *Porphyre yezoensis*. Desiccated in 7 hrs, the gross photosynthesis rate of *Ulva lactusa* gets a stimulation, but longer than 8 hrs it shows inhibition. The same result on *Monostroma nitidum*: 5 hrs stimulates, longer than 6 hrs inhibits. Of all the different desiccation times, *Ulva pertusa* shows the gross photosynthesis rate lower than its control. After desiccated for 2—12 hrs, the

---

net photosynthesis rate of the four algae all decrease, while in contrast to their respiration rates, all increase to some degree.

**KEY WORDS** Algae, Desiccation, Photosynthesis, Respiration