

温度对蒙古扁桃及柄扁桃呼吸代谢的影响

王晓霞^{1,2}, 余伟莅¹, 李钢铁², 李娜荷芽², 武玮³ (1. 内蒙古林业科学研究院, 内蒙古呼和浩特 010010; 2. 内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古呼和浩特 010010; 3. 陕西省渭南市临渭区林业工作站, 陕西渭南 714000)

摘要 [目的] 研究温度对蒙古扁桃及柄扁桃呼吸代谢的影响。[方法] 用多池差示扫描量热仪(CSC4100)分别在10、15、20、25、30、35℃下测量蒙古扁桃和柄扁桃的呼吸速率和新陈代谢过程的热量散失率。在此基础上, 根据Lee. D. Hansen等的生长-呼吸数学模型, 计算不同温度下植物种的呼吸底物碳转化效率及其特殊生长速率, 从而预测适宜其生长的温度范围和最佳温度值。[结果] 结果表明, 在所测定的范围内, 随温度变化蒙古扁桃和柄扁桃的底物碳转化效率为常数, 分别为0.55、0.57; 适宜蒙古扁桃生长的温度范围为14~34℃, 最适生长温度为25℃, 适宜柄扁桃生长的温度范围为13~33℃, 最适生长温度为24℃。[结论] 为不同地区引种和栽培蒙古扁桃和柄扁桃提供植物生理学方面的依据, 使树种资源得到更合理的开发和利用, 为今后的生产应用提供理论参考。

关键词 蒙古扁桃; 柄扁桃; 量热法; 底物碳转化效率; 特殊生长速率

中图分类号 S718.43 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)04-01434-03

Effects of Environmental Temperature on Respiration Metabolism of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall.

WANG Xiao-xia et al (College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010010)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effects of environmental temperature on respiration metabolism of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. [Method] Metabolic heat (R_q) and respiratory rates (R_{CO_2}) of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. were determined by CSC4100 at 10, 15, 20, 25, 30 and 35℃. Based on Lee. D. Hansen growth-respiration model, the substrate carbon conversion efficiency and the specific growth rates under different temperatures were calculated. Then, the adapted growth temperature scopes and the optimal growth temperatures were predicted. [Result] The results showed that the substrate carbon conversion efficiency of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. was all a constant, was 0.55, 0.57 respectively. The adapted growth temperature scope of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. was 14-24, 13-33℃ respectively. The optimal growth temperature of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. was 25, 24℃. [Conclusion] The study can provide the plant physiological basis for the introduction and cultivation of *Amygdalus mongolica* Maxim. and *Amygdalus pedunculata* Pall. in different districts, to develop and utilize reasonably the plant species resources, and provide theoretical reference for production and application in future.

Key words *Amygdalus mongolica* Maxim.; *Amygdalus pedunculata* Pall.; Calorimetry; Substrate carbon conversion efficiency; Specific growth rate

蒙古扁桃 (*Amygdalus mongolica* Maxim.) 和柄扁桃 (*Amygdalus pedunculata* Pall.) 同属蔷薇科 (Rosaceae) 桃属 (*Amygdalus*) 扁桃亚属 (subg. *Amygdalus*) 灌木^[1]。这2种植物在长期的进化过程中其遗传和生理代谢机能已经完全适应了其生境条件, 分别形成了旱生和中旱生的遗传生理特点^[1-2]。蒙古扁桃是蒙古高原古老残遗植物; 生于荒漠区和荒漠草原区的低山丘陵坡麓、石质坡地及干河床, 为这些地区的景观植物; 柄扁桃主要生于干草原及荒漠草原地带^[2]。这2个树种不但能防风固沙和保持水土^[3], 而且还是荒漠和荒漠草原地区的优良灌木饲料^[4]。

在内蒙古境内, 蒙古扁桃主要产于阿拉善荒漠区, 柄扁桃主要产于锡林郭勒盟荒漠草原地带^[2]。蒙古扁桃分布区海拔900~2400m, 最高气温39.3℃, 最低气温-35.6℃^[5]; 柄扁桃分布区海拔1200~1300m, 最高气温37.6℃, 最低气温-32.7℃^[6]。目前, 有关蒙古扁桃和柄扁桃呼吸代谢及生长速率对温度的响应机制尚不明确。为此, 笔者研究它们呼吸代谢对温度的响应规律, 旨在为在不同地区的引种和栽培提供植物生理学方面的依据, 使树种资源得到更合理的开发和利用, 为今后的生产应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料 蒙古扁桃种子, 采自内蒙古巴彦淖尔市磴口县

蒙古扁桃自然居群; 柄扁桃, 采自内蒙古锡林郭勒盟苏尼特右旗天然柄扁桃灌木林。将收集到的种子播种在土壤条件一致的营养钵内, 在温室中采用相同的管理措施, 培养40d左右, 待小苗长到10~15cm时, 剪取其顶部生长旺盛带叶的小嫩枝作为测定用材料。

1.2 方法 采用量热法 (Calorimetry) 测定。使用的试验仪器为美国 Calorimetry Sciences Corporation 生产的多池差示扫描量热仪 (Multi-cell Differential Scanning Calorimeter), 型号为 CSC4100。

根据植物在原生境的生长温度, 将仪器测定的温度范围设定为10~35℃。测定分为低温和高温2个过程, 试验的温度梯度设定为5℃, 低温测定时称量鲜重约110~120mg; 高温测定时称量材料鲜重约70~80mg^[7]。低温是从20℃开始依次降低5℃, 直至10℃; 高温是从20℃开始依次升高5℃, 直至35℃。极端高温或低温会对植物呼吸代谢产生胁迫, 甚至导致植物组织遭到破坏, 而这样循序渐进的温度试验过程可以避免此种情况发生后干扰其他温度下的测定结果, 同时让植物组织对温度有一个逐渐适应的过程, 符合自然生长的温度环境^[8]。

具体步骤: 将量热仪温度设定为20℃, 将试验材料放入量热仪安瓿中, 测定25~30min, 使热量达到平衡; 将盛有40μl 0.4mol/L NaOH溶液的敞口小玻璃瓶放入安瓿中, 再测定25~30min, 此时测定的热率是代谢热释放率 (R_q) 和碳酸盐形成释放的热率之和; 打开样品安瓿, 取出盛有NaOH的小瓶, 继续测定25~30min, 完成20℃的测定。第1次和第3次测定的代谢热释放率的均值即为代谢热释放率 (R_q (μW 或 μJ/s))。

基金项目 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD26B05)。

作者简介 王晓霞(1982-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生, 研究方向: 荒漠化防治。*通讯作者, 副研究员, E-mail: yuweili2005fqz@163.com。

收稿日期 2008-11-24

均值可以修正测定期间由于时间变化而导致热率的微小变化^[8],用第 2 次有 NaOH 时的代谢热释放率减去这个均值(得到碳酸盐形成的热释放率)。再除以 108.5 μJ/nmol 即得 CO₂ 的产出率 Rco₂(呼吸速率, nmol/s)。

改变温度值,进行另一温度值下的测定,在每个恒定温度下重复上述测定步骤。完成全部测定后将安瓶中的试验材料放入真空烘箱,在 70~80 °C 下烘 24 h 之后,称量每个安瓶中试验材料的干重(DW)。用代谢热释放率 R_q 和 CO₂ 产出率 Rco₂ 除以干重即得单位干重量的代谢热释放率 R_q(μW/mgDW)和 CO₂ 的产出率 Rco₂,nmol/(s·mgDW)。按照上述步骤完成柄扁桃材料的测定。每种材料重复测定 5 次。

2 结果与分析

2.1 R_q 随温度的变化情况 由图 1 可知,随着温度的升高,蒙古扁桃和柄扁桃的 R_q 逐渐增加。在 10~25 °C 时增大较为迅速,25 °C 以后增加趋势变缓。虽然 2 个品种的变化趋势基本相同,但变幅略有差异。10~29 °C 时柄扁桃 R_q 较蒙古扁桃高一些,29~35 °C 时柄扁桃 R_q 比蒙古扁桃低。

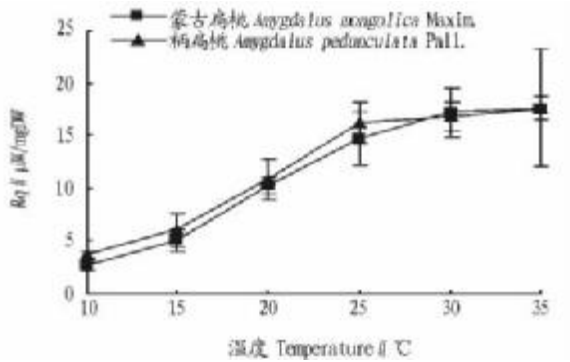


图 1 代谢热速率 R_q 随温度变化曲线

Fig.1 Metabolic heat rate R_q change at different temperatures

2.2 Rco₂ 随温度的变化情况 由图 2 可知,在 10~25 °C 时,蒙古扁桃和柄扁桃的 Rco₂ 随温度升高增加,在 25 °C 时 Rco₂ 值达到最大;在 25~35 °C 时,随着温度的升高 Rco₂ 逐渐降低。在 10~28 °C 时柄扁桃 Rco₂ 比蒙古扁桃高,在 28~

35 °C 时柄扁桃 Rco₂ 比蒙古扁桃低。

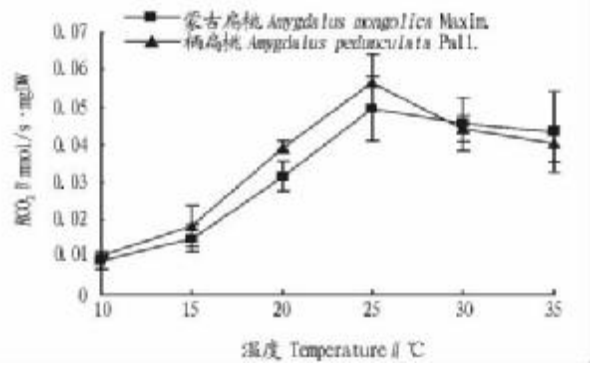


图 2 CO₂ 产出率随温度变化曲线

Fig.2 CO₂ output rate change at different temperatures

2.3 底物碳的转化效率(ε)随温度变化情况 为了确定底物碳转化效率是否随温度变化而变化,以代谢热释放率 R_q 为横坐标变量,以 CO₂ 产出率(Rco₂)为纵坐标变量作散点图,对 R_q 和 Rco₂ 测定结果进行线性拟合,见图 3。10、15、20、25、30、35 °C 下 R_q 和 Rco₂ 的相关关系见表 1。

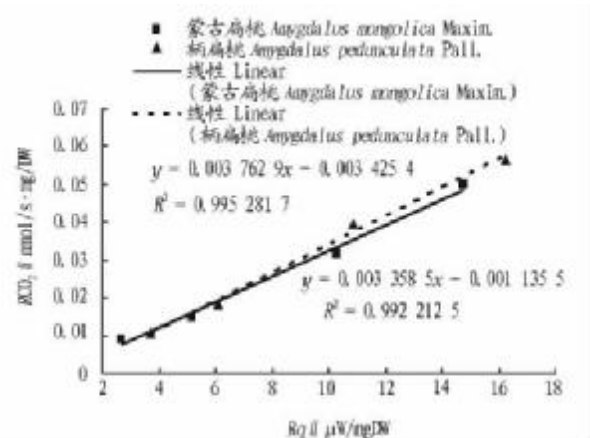


图 3 代谢热释放 R_q 与 CO₂ 产出率 Rco₂ 的线性关系

Fig.3 The linear relationship between R_q and Rco₂

表 1 R_q 和 Rco₂ 线性关系拟合结果

Table 1 Imitating results of linear relationship between R_q and Rco₂

植物种 Variety	产地 Origin	R _q /Rco ₂ kJ/mol	截距 Rco ₂ × 10 ⁻³ nmol/(s·mgDW) InterceptRco ₂	相关系数 R ² Correlative coefficient	底物碳转化效率 // ε Substrate carbon transform efficiency
蒙古扁桃 <i>Amygdalus mongolica</i> Maxim.	巴彦淖尔市磴口县	298 ± 19	-1.1 ± 2.0	0.992 2	0.55
柄扁桃 <i>Amygdalus pedunculata</i> Pall.	锡林郭勒盟 苏尼特右旗	266 ± 13	-3.4 ± 1.9	0.995 2	0.57

注:计算 ε 时, ΔHco₂ = -470 kJ/Cmol, ΔH_B = 30 kJ/Cmol。

Note: In the calculation of ε, ΔHco₂ = -470 kJ/Cmol, ΔH_B = 30 kJ/Cmol.

由表 1 可知,蒙古扁桃和柄扁桃 R_q 和 Rco₂ 呈线性正相关,相关关系很紧密。Rco₂ 截距值几乎为 0,所以 R_q/Rco₂ 值在测定温度范围内是一个常数,也就是说蒙古扁桃和柄扁桃的转化效率 ε 不受温度的影响。

2.4 特殊生长速率 R_{sc} 随温度变化情况 由图 4 可知,蒙古扁桃和柄扁桃的 R_{sc} 随温度变化趋势相同。蒙古扁桃的峰值出现在 25 °C,柄扁桃的出现在 24 °C。在 10~25 °C 时,蒙古扁桃的 R_{sc} 随着温度的升高逐渐增加,25 °C 以后随着温度的

升高逐渐降低。柄扁桃的 R_{sc} 在 10~24 °C 时随着温度的升高逐渐增加,24 °C 以后随着温度的升高逐渐降低。在 13~29 °C 时,柄扁桃的 R_{sc} 比蒙古扁桃高,在 29~35 °C 时,柄扁桃的特殊生长速率快速下降。

蒙古扁桃和柄扁桃的 R_{sc} 出现峰值时的温度值很接近,柄扁桃的 R_{sc} 峰值高于蒙古扁桃。适宜蒙古扁桃生长的温度为 25 °C,生长的温度范围在 14~34 °C;适宜柄扁桃生长的温度为 24 °C,生长温度范围在 13~33 °C。

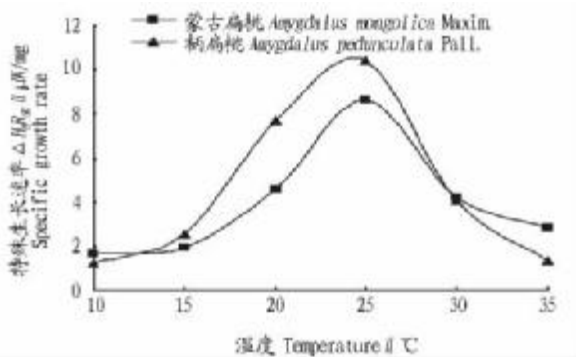


图4 特殊生长速率 $\Delta H_b R_{sg}$ 随温度变化曲线

Fig. 4 Specific growth rate $\Delta H_b R_{sg}$ change at different temperatures

3 结论与讨论

(1) 在所测定的温度范围内随温度的变化蒙古扁桃和柄扁桃的 ε 是一个常数, 蒙古扁桃的 ε 为 0.55, 柄扁桃的为 0.57。

(2) 蒙古扁桃和柄扁桃的生长温度范围非常接近, 蒙古扁桃比柄扁桃更适合在相对较温暖的环境中生长。适宜蒙古扁桃生长的温度范围在 14 ~ 34 °C, 适宜生长温度约为 25 °C; 适宜柄扁桃生长的温度范围在 13 ~ 33 °C, 适宜生长温度约为 24 °C。

(3) 特殊生长速率与 R_{CO_2} 和 ε 的积呈正比。柄扁桃的 ε 高于蒙古扁桃。当温度在 13 ~ 29 °C 时, 柄扁桃的特殊生长速率较高, 是因为其 ε 高, 同时其呼吸速率也大。当温度在 29 ~ 35 °C 时, 柄扁桃的特殊生长速率明显低于蒙古扁桃, 这是因为在 ε 不变的情况下, 生长速率的下降是由其呼吸速率 R_{CO_2} 的降低导致的。

(4) 仅考虑温度值, 其他影响因素相同时, 柄扁桃的底物碳转化率(包括效率和速率)高于蒙古扁桃, 形成结构物质碳

较多, 因此柄扁桃的生长快于蒙古扁桃。但植物的生长速率是由多方面因素(包括水分、矿物质等)决定的, 该文仅从温度值方面对蒙古扁桃和柄扁桃进行了研究测定, 其他因素的影响有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1979, 38: 15-17.
- [2] 内蒙古植物志编辑委员会. 内蒙古植物志[M]. 2版. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989, 3: 167-182.
- [3] 徐恒刚, 闫志坚, 布和, 等. 内蒙古西部沙区荒漠灌丛植被及沙区生态建设[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 270-273.
- [4] 陈默君, 贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 1152-1155.
- [5] 斯琴巴特尔, 秀敏. 荒漠植物蒙古扁桃水分生理特征[J]. 植物生态学报, 2007, 31(3): 484-489.
- [6] 郭春会, 罗梦, 马玉华, 等. 沙地濒危植物长柄扁桃特性研究进展[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 33(12): 125-128.
- [7] CRIDDLE RS, HANSEN L D. Calorimetric methods for analysis of plant metabolism[M]//KEMP R D. Handbook of thermal analysis and calorimetry, Vol. 4: From macromolecules to man. Holland: Elsevier Science, 1999: 711-763.
- [8] YU W, HANSEN L D, Fan Wenying, et al. Adaptation of growth and respiration of three varieties of Caragana to environmental temperature[J]. Asian journal of plant sciences, 2008, 7(1): 67-72.
- [9] CRIDDLE R S, SMITH B N, HANSEN L D, et al. A respiration-based description of plant growth rate responses to temperature[J]. Planta, 1997, 201: 441-445.
- [10] HAY R K M, WALKER A J. An introduction to the physiology of crop yield[M]. Great Britain: Longman Scientific and Technical, 1989: 87-106.
- [11] HANSEN L D, CRIDDLE R S, SMITH B N, et al. Calorespirometry in plant biology[M]//LAMBERS H, CARBO M R. Plant respiration: From cell to ecosystem. Dordrecht: Springer, 2005: 17-30.
- [12] HANSEN L D, MACFARLANE C, MCKINNON N, et al. Use of calorespirometric ratios, heat per CO_2 and heat per O_2 , to quantify metabolic paths and energetic of growing cells[J]. Thermochim Acta, 2004, 422: 55-61.
- [13] THORNTON W M. Philosophy Magazine, 1917, 33: 196-203.
- [14] LAMPRECHT I. Combustion Calorimetry II [M]//KEMP R D. Handbook of thermal analysis and calorimetry, Vol. 4: From macromolecules to man. Amsterdam: Elsevier, 1999: 188-193.

(上接第 1427 页)

麻产量提高最多可达到 13.93%, 最少也有 5.21%; 麻叶产量提高最多达到 21.72%, 最少也有 17.02%; 麻骨产量提高最多可达到 24.16%, 最少也有 21.58%。从这些数据可以看出, 施用叶面肥, 可以显著提高产量, 提高农民收入。

3 结论

腐植酸类叶面肥是一种有机肥料, 也是对土壤没有污染的绿色肥料。通过试验示范, 腐植酸叶面肥对促进作物根系生长、茎叶生长、增加麻纤维产量等方面都有良好的效果, 深受广大农民消费者的青睐, 具有广阔的市场应用前景, 但其增产机制、吸收和作物体内转化机制和效率等方面有待于进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 张艳玲, 潘根兴, 胡秋辉, 等. 叶面喷施硒肥对低硒土壤中大豆不同蛋白组成及其硒分布的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003(1): 37-40.
- [2] SHELP B J, VIVEKANANDAN P, VANDER POLL R A, et al. Transloca-

tion and effectiveness of foliar-fertilized boron in broccoli plants of varying boron status[J]. Plant and Soil, 1996, 183(2): 309-313.

- [3] ORLOVIUS K. Effect of foliar fertilization with magnesium, sulfur, manganese and boron to sugar beet, oilseed rape, and cereals[C]//HORST W J. Plant nutrition-food security and sustainability of agro-ecosystems. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001, 12(89): 788-789.
- [4] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社 1990, 4-8, 65-68, 94-96, 257-258.
- [5] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 150-152, 205-216.
- [6] REN T B, ZHAO J X. Effect of different nitrogen application amount on the net increment of fresh dry weight in hybrid rape[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(2): 147-151.
- [7] 潘永东, 王效宗, 包奇军, 等. 氮素肥料对啤酒大麦产量和麦芽品质的影响[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(4): 480-482.
- [8] HAN Y J, LI J P, WANG T H, et al. Comparative study on the effect of different fertilizers on the growth and development of Halenia elliptica D. Don[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(3): 137-140.
- [9] 何耀武. 叶面肥对党参制种产量影响[J]. 中药材, 2007, 30(2): 132-133.