

# 双氢茉莉酸丙酯对不同小麦品种气体交换性状的影响

支金虎<sup>1,2</sup>, 马永清<sup>1,3\*</sup> (1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2. 塔里木大学植物科技学院, 新疆阿拉尔 843300; 3. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 应用水培方法进行培养, 对 3 种小麦的气体交换参数进行研究。结果发现, 面对类似激素双氢茉莉酸丙酯(PDJ)调控下的不同品种小麦适应与调节存在差异, 从而导致光合和水分利用等气体交换参数的表现也存在差异; 两种春小麦(金春 1 号、1608)和一种冬小麦(小偃 22)之间对 PDJ 的反应没有明显的冬春性间的差别; 对不同品种、不同参数, PDJ 起到作用的浓度不同, 但无论如何 PDJ 都有相同的作用, 当这种激素达到一定的浓度后, 就会增强小麦的光合速率(Pn)和水分利用率(WUE), 增加气孔限制值(Ls), 降低叶片的蒸腾速率(T)和气孔导度(Cond), 从而在外界条件变化时保持体内水分、延缓气孔关闭, 维持体内正常的生理活动。

**关键词** 小麦; 品种; 气体交换参数; 双氢茉莉酸丙酯; 反应

**中图分类号** S512.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517- 6611(2007)19- 05705- 03

Effect of Prophyl Dihydro Jasmonate on Gas Exchange Characters of Different Wheat Varieties

ZHI Jinhu et al (College of Resources & Environment, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract** Gas exchange parameters of different wheat varieties were studied using hydroponic culture method. The results showed that there were differences between adaption and regulation of different wheat varieties by prophyl dihydro jasmonate(PDJ), so as to show diversity of gas exchange parameters, such as photosynthesis, water usage, etc. There was no evident difference between the reaction of two spring wheats (Jinchun1 and 1608) and the winter wheat (Xiaoyan 22) to PDJ. Different parameters of different wheat varieties had inequable reaction to different concentration of PDJ. Photosynthesis rate (Pn), water use efficiency(WUE) and stomatal limiting value(Ls) were enhanced when PDJ concentration reached a high degree. At the same time, leaf transpiration rate (T) and stomatal conductance (Cond) decreased. Therefore, wheat could maintain normal physiological activities while environmental conditions were changed

**Key words** Wheat; Variety; Gas exchange parameters; Prophyl dihydro jasmonate; Response

双氢茉莉酸丙酯(n- Prophyl dihydro jasmonate, 简称 PDJ)是一种人工合成的 JA 类衍生物(NIPPON ZEON 公司), 是一种新型的植物生长调节剂, 其化学结构如图 1 所示。作为一种新型的茉莉酮酸的诱导剂, 它比茉莉酸及其甲酯渗透能力强, 更易被植物吸收, 且不易分解失效, PDJ 的生长发育调节效果在很多场合类似于天然型脱落酸(ABA)。PDJ 能促进植物内源 ABA 的合成, 增加 ABA 含量, 从而提高植物抗性<sup>[1-2]</sup>, 降低棉花黄萎病的发病率和病情指数<sup>[3]</sup>。目前就 PDJ 对植物光合作用影响的研究很少, 只有极少数研究者在苹果和花生上发现 PDJ 能增强植物的光合速率、增加蒸腾速率、增强气孔阻力<sup>[4-5]</sup>。但是, 对于小麦却没有类似方面的研究文献。另外, 作物受旱后, 光合作用受抑制, 其主要原因有从气孔因素(轻度及中度水分胁迫)向非气孔因素(中度以上和严重水分胁迫)转变的过程, 其转变时间因作物的抗旱能力、干旱程度及施加方式等因素而异<sup>[6-8]</sup>, 无论水分胁迫与否, 激素都对植物生理过程有显著的影响, 但 PDJ 作为一种新型的 ABA 类似物, 是否对光合参数有显著影响, 目前尚未见研究报道。笔者就 PDJ 对不同品种小麦气体交换参数的影响进行探讨, 以此为 PDJ 对小麦抗旱性的研究提供理论基础。

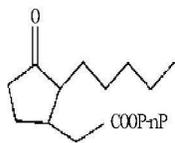


图 1 PDJ 的化学结构

## 1 材料与方法

**1.1 试验处理** 采用水培盆栽试验方法, 选用两种春性小麦金春 1 号和 1608 (从甘肃省张掖市种子分公司购买) 及一种冬性小麦小偃 22 号(从西北农林科技大学农科院购买) 作为供试材料。整个试验为完全随机设计, PDJ (由日本明治制果株式会社

Kunitaka Tachibana 博士提供) 设置 4 个处理浓度: 对照、1、10、100 mg/L。精选小麦种子, 用 10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消毒 10 min, 然后用蒸馏水冲洗干净, 在培养皿中垫两层滤纸进行育苗, 当麦苗第 1 片叶完全展开时移栽到 HOAGLAND 营养液中, 在室外自然条件下进行培养, 每处理重复 3 盆, 每盆定植 5 株小麦, 整个试验过程均采取了蔽雨措施, 至 3、4 叶时分别将地上部分用不同浓度的 PDJ 处理, 小麦长到 4 叶 1 心时候用 LI26400 光合测定系统(LI2Cor 公司) 测定光合速率(Pn)、蒸腾速率(T)、气孔导度(Cond), 并以 Berry 等<sup>[9]</sup>的方法计算气孔限制值(Ls):  $Ls = 1 - C_i / C_a$ ; 水分利用率(WUE) 根据公式  $WUE = Pn / T$  (净光合速率与蒸腾速率的比值)。

**1.2 数据处理** 将每盆的 5 株小麦的测定结果进行品比, 最后结果用 EXCEL 进行处理, 再用 SAS8.0 软件进行方差分析, 并进行 DUNCAN'S 显著性分析。

## 2 结果与分析

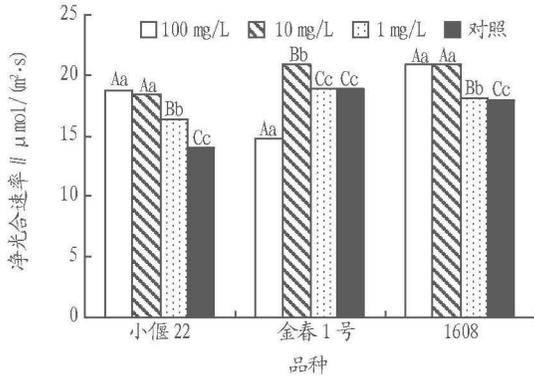
**2.1 PDJ 对 3 种小麦净光合速率(Pn) 的影响** 图 2 表明, 3 种小麦表现出的效应一致, 即当 PDJ 达到一定浓度时, 均会提高小麦的净光合速率, 但不同品种表现略有差异。当浓度为 1 时, 小偃 22 的净光合速率就比对照增加 16.8%, 当浓度达到 10 mg/L 时则比对照增加 30.9%, 当达到 100 mg/L 时则增加 31%, 但 2 个高浓度(100、10 mg/L) 间差异不显著。对金春 1 号来讲, 低浓度 1 mg/L 时净光合速率与对照无显著差异; 但浓度达到 10 mg/L 时, 净光合速率比对照增加了 11.4%; 但是当浓度过大时(100 mg/L) 则光合速率又下降, 相对于对照来讲其净光合速率降低了 26.5%。1608 表现为, 低浓度(1 mg/L) 与对照间差异不显著, 2 个高浓度(100、10 mg/L) 间差异也不显著, 但是高浓度相对于对照来讲净光合速率增加了 16.5%。总的来讲, 3 种小麦的净光合速率大小为: 1608 > 小偃 22 > 金春 1 号, 它们对 PDJ 的反应各不相同, 且对 3 种小麦都有促进光合的作用, 但起到促进作用的浓度

**基金项目** 研究得到西北农林科技大学首席科学家昝明安研究员基金支持。

**作者简介** 支金虎(1978- ), 男, 甘肃张掖人, 在读硕士, 讲师, 从事农业生态与植物营养的研究。\* 通讯作者。

**收稿日期** 20070321

不同。



注:不同大写字母表示差异达 0.01 显著水平,不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平,相同字母表示差异不显著。下同。

图2 PDJ 调节下不同品种小麦光合速率的差异

2.2 PDJ 对 3 品种小麦蒸腾速率(T)的影响 蒸腾速率说明了植物体内水分的保存情况,蒸腾速率过快,水分损失就快,保持一定的蒸腾速率,能有效地利用体内水分。图3可看出,不论是冬小麦还是春小麦,PDJ 对其蒸腾速率均有一定的抑制作用,小偃 22 和金春 1 号的趋势相同,PDJ 处理后蒸腾速率与对照间差异均显著,顺序为 100 mg/L > 10 mg/L = 1 mg/L > 对照,2 种小麦在 1 mg/L 时的蒸腾速率比对照分别降低了 4.5%、6.6%,而在 100 mg/L 时则分别降低了 10.7%、11.7%。1608 在浓度为 10 mg/L 时相对于对照降低了 5.4%,在 100 mg/L 时又升高,但是,浓度为 100 mg/L 与 1 mg/L 处理后的蒸腾速率与对照的差异均不显著。3 种小麦在相同 PDJ 处理下蒸腾速率大小顺序为:1608 > 小偃 22 > 金春 1 号,这也表现出了这 3 种小麦对水分保持的能力。

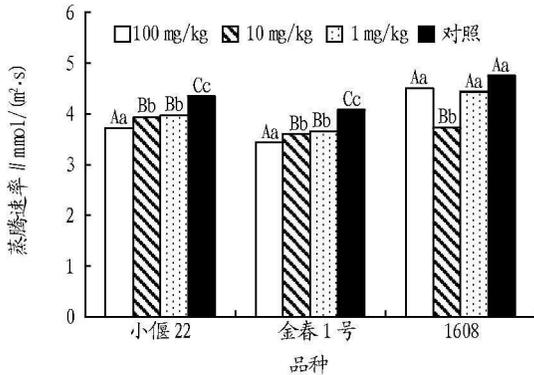


图3 PDJ 调节下不同品种小麦蒸腾速率的差异

2.3 PDJ 对 3 品种小麦气孔导度(Cond)的影响 不同品种小麦反应不同,气孔导度有品种差异但没有小麦品种冬春性的差异,3 种小麦气孔导度差异显著,大小顺序和蒸腾速率相同。图4显示,PDJ 处理后,3 种小麦的气孔导度都有所降低,但具体表现不同。小偃 22 号和 1608 在 1 mg/L 时降低,而且降低幅度较大,相对于对照分别降低了 21.3%、37.2%,但浓度增大时则气孔导度又升高,但均比对照要低。对于金春 1 号来讲,在 4 个浓度下,随着浓度的增加,气孔导度不断下降,尤以 100 mg/L PDJ 处理后,气孔导度相对于对照下降了 14.9%。

2.4 PDJ 对 3 品种小麦水分利用效率(WUE)的影响 由前面的结果可以看出,在 PDJ 作用下,小麦的净光合速率增加而

蒸腾速率下降,从而导致其 WUE 的提高,这也是 PDJ 提高小麦抗旱能力的一个证据。图 5 显示,3 种小麦在一定浓度的 PDJ 作用后其 WUE 都会提高,但此浓度因品种不同而有差异,同时在不同浓度下也表现出了不同的效应。小偃 22 在 1、10 mg/L 时 WUE 会比对照有所下降,但在 100 mg/L 时比对照增加了 5.7%。金春 1 号对 PDJ 浓度的敏感程度较高,在 1 mg/L 时与对照差异不显著,在浓度 10 mg/L 的 PDJ 处理后其水分效率明显提高,比对照高出了 20.7%,但浓度过高(100 mg/L)时却又低于对照,相对于对照降低了 11.6%。1608 在 3 个浓度的 PDJ 处理后都能提高 WUE,但是随浓度升高,增加的幅度减小。在同样浓度的 PDJ 处理下,3 种小麦的 WUE 差异不显著。

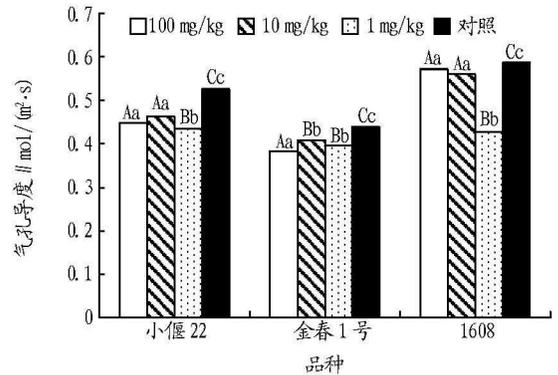


图4 PDJ 调节下不同品种小麦气孔导度的差异

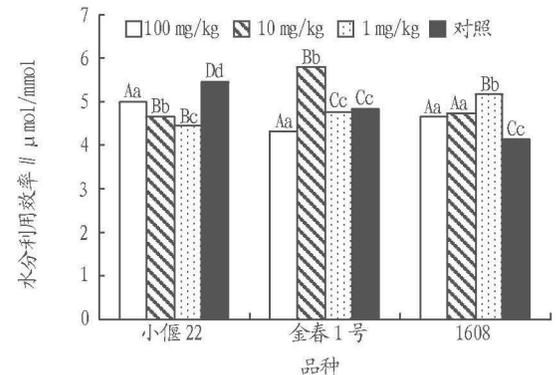


图5 PDJ 调节下不同品种小麦水分利用效率的差异

2.5 PDJ 对 3 品种小麦叶片气孔限制值(Ls)的影响 水培条件下,水分供应充足,此时影响光合作用的主要因素是气孔限制<sup>[10]</sup>,气孔限制值下降时,植物的光合速率下降,反之则升高。图6显示,3 个品种的小麦在 PDJ 作用后 Ls 都在某种程度上增大,但在各浓度下反应有差异。小偃 22 在 1、10 mg/L 时 Ls 低于对照,而在 100 mg/L 时则又升高到对照的水平。对金春 1 号和 1608 来说,1 mg/L 处理下它们的 Ls 与对照间差异均不显著;但是浓度达到 10 mg/L 时,它们的 Ls 都开始高于对照,分别比对照增加了 16.4%、8.2%。它们不同之处是金春 1 号在高浓度(100 mg/L)时 Ls 迅速下降,甚至比对照仍低 11.9%;而 1608 则保持与 10 mg/L 时相同的水平,不再降低。对于这样的变化趋势,合理的解释只能认为是在一定浓度的激素调控下,某些品种小麦对光合速率变化的影响因素由气孔因素引起(如金春 1 号、1608 的 Pn 与 Ls 的变化趋势相同),而有的品种则在一定浓度的激素调控下,气孔因素转变为非气孔因素,导致了 Pn 和 Ls 的变化不一致(如小偃

22)。对于 3 种小麦的气孔限制值,小偃 22 和金春 1 号间差异不显著,但它们都比 1608 的气孔限制值明显要高。

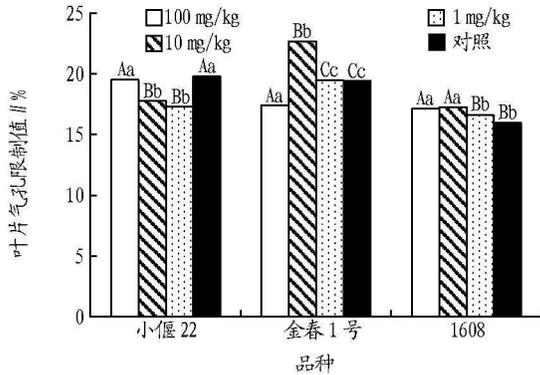


图 6 PDJ 调节下不同品种小麦水分利用率的差异

### 3 小结与讨论

目前,许多研究认为与植物气体交换参数有关系的因素是气温和土壤水分条件,但有关 PDJ 是否能影响植物的气体交换则鲜见报道。刘志明等研究发现 PDJ 除了能促进苹果光合速率外,还能延迟叶片在黑暗中气孔的关闭<sup>[4]</sup>。因此,PDJ 这种外源激素对植物气体交换也应该有一定的影响。试验结果表明,对类似激素 PDJ 调控下的不同品种小麦适应与调节存在差异,从而导致光合和水分利用等气体交换参数的表现也存在差异。对于 3 种小麦来讲,在 PDJ 达到一定浓度(10 mg/L)后它们的光合速率都会明显高于对照,而蒸腾速率和气孔导度都明显低于对照。在水分利用率和气孔限制值上则表现出了明显的差异,2 种春小麦在 1、10 mg/L 处理后水分利用效率和气孔限制值都要升高,但金春 1 号在浓度过大(100 mg/L)处理后这 2 个参数则又降低,而且比对照还低,说明某些品种的这 2 个参数在高浓度下就会受到激素的抑制。冬小麦小偃 22 号则不同,在 1、10 mg/L 的 PDJ 处理后水

分利用效率和气孔限制值都明显低于对照,而只有达到较高的浓度(100 mg/L)后才会升高,造成这个例外的原因目前还没有合理的解释。无论表现出作用的 PDJ 浓度是高还是低,但都有相同的作用,当这种激素达到一定的浓度后,就会增强小麦的光合速率和水分利用率,增加气孔限制值,降低叶片的蒸腾速率和气孔导度,从而在受到外界条件变化时保持体内水分供应和光合作用的顺利进行,减少水分丧失、延缓气孔关闭,起到因外界条件变化而调节小麦自身生理活动的效果。

### 参考文献

- [1] MA H P, CHEN J, LIU Z M, et al. Effect of nature brassinoid and prophyll dihydro jasmonate on grape quality and mature period[J]. Northern Fruits, 2004 (4): 8-9.
- [2] DONG D F, JIANG L G, NIE C R, et al. Effects of long-lasting brassinosteroid T503 and prophyll dihydro jasmonate on peanut resistance to drought[J]. Peanut Science, 2002, 31(3): 29-32.
- [3] HE M H, MU W, LIU F, et al. Biochemical mechanisms of PDJ induced cotton resistance to verticillium wilt[J]. Cotton Science, 2004, 16(2): 108-111.
- [4] LIU Z M, MA H P, CHEN H J, et al. Preliminary study of PDJ on the photosynthesis and endogenous ABA content in malus plants[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(2): 87-90.
- [5] DONG D F, JIANG L G, ZHANG P G, et al. Effects of Pod sowing and chemical regulation on physiological characteristics and yield of peanut[J]. Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition), 2003, 24(1): 86-88.
- [6] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [7] XU D Q. Some problems in stomatal limitation analysis of photosynthesis[J]. Plant Physiology Communications, 1997, 33: 241-244.
- [8] SHEN Y G. Dynamic photosynthesis[M]. Beijing: Science Press, 1998: 130-132.
- [9] BERRY J A, DOWNTON W J S. Environmental regulation of photosynthesis[C]//GOMDIEE T D. Photosynthesis. New York: Academic Press, 1982: 263-343.
- [10] DING Z T, LIU Y H, XU K. Effects of environmental factors on photosynthetic characteristics of tomatoes[J]. Journal of Shandong Agriculture University: Natural Science Edition, 2003, 34(3): 356-360.

(上接第 5700 页)

- [7] QIAN Y L, ENGELKE M C, FOSTER M J V. Salinity effects on zoysiagrass cultivars and experimental lines[J]. Crop Sci, 2000, 40: 488-492.
- [8] AKIYOSHI M, YANESHITA M, NAGASAWA R, et al. Sea water tolerance of Zoysia grasses in relation to morphologies and genetic classification[J]. Grassland Sci, 1998, 44(1): 7-13.
- [9] LEE G J, YOO Y K, KIM K S. Comparative salt tolerance study in Korean lawngrass: Interspecific comparison among eight zoysiagrass (Zoysia spp.) [J]. Jour Kor Soc Hort Sci, 1994, 35(2): 178-185.
- [10] 汤巧香. 天津滨海地区草坪草的耐盐性鉴定研究[J]. 草业科学, 2004, 21(2): 61-65.
- [11] 周兴元. 几种暖季型草坪草耐盐及耐荫性研究[M]. 南京: 南京林业大学, 2004.
- [12] LEE G J, YOO Y K, KIM K S. Salt tolerance study in zoysiagrass: Changes in inorganic constituents and proline contents in eight zoysiagrasses[J]. Horticultural Science, 1994, 35(3): 241-250.
- [13] MARCUM K B, ANDERSON S J, EGELKE M C. Salt gland ion secretion: a salinity tolerance mechanism among five zoysiagrass species[J]. Crop Sci, 1998, 38: 806-810.
- [14] MARCUM K B. Salt glands in the zoysiaeae[J]. Annals of Botany, 1990, 66: 1-7.
- [15] MARCUM K B. Rooting characteristics and associated drought resistance of zoysiagrasses[J]. Agron J, 1995, 87: 534-538.
- [16] HUANG B, DUNCAN R R, CARROW R N. Drought resistance mechanisms of seven warm season turfgrass under surface soil drying: Shoot response[J]. Crop Sci, 1997(37): 1858-1863.
- [17] MARCUM K B. Salinity tolerance mechanisms of six C4 turfgrasses [J]. J Amer

Soc Hort Sci, 1994, 119(4): 779-784.

- [18] 贺杰, 刘振元, 魏建华, 等. 结缕草生物技术进展[J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(1): 74-79.
- [19] KIYOSADA H, MASUMI E, HIDAKI O, et al. Cloning and linkage analysis of salt tolerance gene in zoysiagrass[A]. Plant and Animal Genome × Conf 2006, 1999: 17-21.
- [20] 梁小红, 韩烈保, 齐春晖. 结缕草耐盐变异体的筛选[J]. 四川草原, 2005, 117(8): 18-20.
- [21] 陈忠林, 王艳, 李超. 不同处理技术对结缕草返青时间的影响[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 1999, 26(2): 188-190.
- [22] 康黎芳, 王云山, 李立新. 草坪草叶面喷施尿素的耐受性及吸收作用[J]. 山西农业科学, 1996, 24(1): 50-52.
- [23] 周嘉友, 黄昌禄, 张巨明. 过渡带优质草坪综合建植技术研究(结缕草交播不同量高羊茅试验研究)[J]. 草业学报, 1998, 7(3): 56-61.
- [24] 彭燕, 张新全, 周寿荣. 我国主要草坪草种质资源研究进展[J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 359-364.
- [25] 谷奉天, 刘振元, 崔卫东. 山东结缕草资源开发利用研究[J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(1): 28-31.
- [26] 刘建秀, 刘永东, 贺善安, 等. 中国暖季型草坪草物种多样性及其地理分布特点[J]. 草地学报, 1998, 6(1): 45-52.
- [27] 王艳, 张锦, 张学勇, 等. 大德和中华结缕草的群落特征及种内分异研究[J]. 植物研究, 2001, 21(2): 278-284.
- [28] 苟文龙, 张新全, 白史且, 等. 沟叶结缕草研究进展[J]. 草业科学, 2002, 19(3): 62-65.
- [29] 夏汉平, 耿惠修, 刘世忠. 南方草坪冬季枯黄原因及改进对策[J]. 中国草地, 2000(5): 64-66.
- [30] 邵玲, 梁广坚, 曾艳英. 暖地型草坪绿叶生剂对细叶结缕草冬季后期生长的影响[J]. 草业科学, 2006, 23(3): 94-97.