

## 教学园地 Teaching

## 植物向重力性运动教学及其新概念——向重力性定点角(GSA)

宋克敏\*

华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070

植物生长生理是植物生理学的重要组成部分之一, 而植物运动又是植物生长生理中的重要内容。植物运动通常是指植物器官受外界环境刺激而在一定空间内产生有限度的位置移动的生理现象<sup>[1~3]</sup>。根据植物运动方向与其所受外界环境刺激方向之间的关系, 植物运动可分为向性运动(tropic movement)和感性运动(nastic movement或paratonic movement)。感性运动是指植物运动方向与外界环境刺激方向无关(甚至外界环境刺激本身也没有明确的方向性)的运动, 如感夜性运动、感震性运动、感热性运动等; 而向性运动则是指植物运动方向与外界环境刺激方向密切相关的运动, 如向光性运动、向重力性运动、向化性运动等。

在植物的向性运动中, 向重力性运动(gravitropic movement)一直受到植物生理学家们的重视。因此, 在几乎所有的植物生理学教科书中, 对于向重力性运动都有比较详细的介绍。所谓植物向重力性运动, 是指植物器官受重力(gravity)影响而产生向一定方向生长(运动)的现象。植物的这种特性则称为向重力性(gravitropism)。历年来, 国内出版的一系列植物生理学教材<sup>[1~7]</sup>在植物运动这一章节除了着重介绍向重力性运动的概念和机制外, 还特别根据向重力性运动的不同特点将向重力性运动又划分为正向重力性运动(positive gravitropic movement)、负向重力性运动(negative gravitropic movement)和横向重力性运动(diagravitropic movement)等。

植物的向重力性运动, 曾一度被称为向地性运动(geotropic movement)<sup>[1, 2, 4, 5]</sup>。因此, 以往曾有过正向地性运动、负向地性运动和横向地性运动之说, 这些说法与现在所说的正向重力性运动、负向重力性运动、横向重力性运动在本质上是一样的。根据国内大多数现行教科书的定义, 正向重力性运动是指植物器官运动方向与其刺激因子(重力或地心引力)的方向(更确切地讲应为重力矢量, gravitropic vector)相一致的运动, 如根的垂直向下生长; 负向重力性运动是指植物器官运动方向与其刺激因子(重力或地心引力)的方向相反的运动, 如茎的垂直向上生长; 而横向重力性运动则是指植物器官运动方向与刺激因子(重力或地心

引力)的方向相垂直的运动, 如某些地下茎的水平(horizontal)生长。除此之外, 还有人认为, 植物的某些器官如三级分枝以上的根几乎没有向重力性运动(常可朝任意方向随机生长), 可称为无向重力性运动(agravitropic movement)<sup>[6]</sup>。以上所说的几种植物向重力性运动的特性分别称为正向重力性(positive gravitropism)、负向重力性(negative gravitropism)、横向重力性(diagravitropism)、无向重力性(agravitropism)等。

长期以来, 许多植物生理学教师在进行植物向重力性运动教学时, 基本上是按照上述情况来描述植物向重力性运动的特性的。但按照上述内容进行教学, 与当前国际上有关植物向重力性运动的新的认识已经严重脱离, 主要体现在当前国内这方面的教学普遍对植物向重力性运动的新概念——向重力性定点角(gravitropic setpoint angle, GSA)缺少认识。笔者认为, 要使这方面的教学“与国际接轨”, 必须引入GSA这一新概念。

GSA的概念最初由Digby和Firn<sup>[8]</sup>于1995年正式提出。GSA是指由植物向重力性所决定的、植物器官在重力(gravity)作用下所保持的角度<sup>[8]</sup>。将地球重力矢量设为GSA的0°, 由此即可比较和测算植物器官GSA的大小。所以, 不同植物器官的GSA也不同。植物器官的GSA范围一般为0°~180°(图1)。那些垂直向下生长的器官的GSA为0°, 垂直向上生长的器官的GSA为180°, 而朝其他方向生长的器官的GSA一般大于0°、小于180°(其中, 水平方向生长的器官的GSA为90°)。

植物幼苗的根和茎通常是垂直生长的, 因此, 植物幼苗根的GSA为典型的0°, 其茎的GSA为典型的180°。随着植物的发育和成熟, 长出的侧根、侧枝等的GSA则往往大于0°、小于180°。

植物某个器官的GSA并非一成不变, 而是随着其本身不断发育而变化着的。从植物根系来看, 随着根系的发育, 许多侧根的GSA有由大变小的趋势(图2)。从植物地上部来看, 许多植物侧枝的GSA随着植物的发育进程有由小变大的趋

收稿 2003-10-14 修定 2003-11-24

\*E-mail: skminy@sohu.com, Tel: 027-87281288

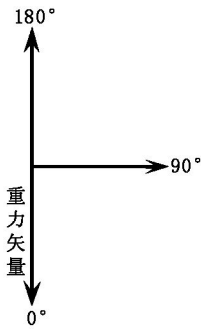


图1 向重力性定点角(GSA)示意

图中的 $0^\circ$ 和 $180^\circ$ 两点间的直线可视作一个轴。植物器官则以该轴为中心生长和分布。故测定GSA时实际上不存在器官的左右之分。GSA通常为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

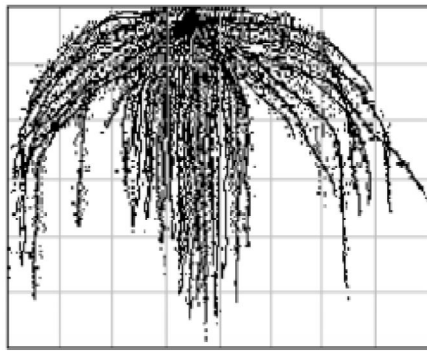


图2 植物根系GSA变化示意

势。某些双子叶植物(如罂粟、天竺葵、贝母等)的花柄或顶端弯钩的GSA也随着发育不断改变着。

如上所述,植物器官的GSA通常不超过 $180^\circ$ 。只有当植物器官发生跨越纵轴的运动(生长)时,其GSA才会大于 $180^\circ$ 。例如,一个原先GSA为 $150^\circ$ 的枝条跨越纵轴,然后又向下生长,最终可能处于GSA为 $210^\circ$ 的位置。又如一条原先GSA为 $20^\circ$ 的侧根跨越纵轴,后来向上生长,最终达到GSA为 $345^\circ$ 等。

有一些重要的园林植物(如山毛榉、柳树等)具有向重力性运动突变体(或称为GSA突变体)。这些突变体地上部器官的GSA随着器官的发育会变得远远小于正常情况下的GSA,以致这些器官最终完全垂直地向下生长<sup>[9]</sup>。玉米和番茄也具有GSA突变体,人们常戏称为“懒散的(lazy)”突变体。有一种被称为*lazy-2*的番茄GSA突变体,其幼苗地上部最初是以GSA为 $180^\circ$ 生长的,但几天之后,在强光下它便开始向下生长,在黑暗中才继续向上生长。模式植物拟南芥除了具有向光性运动的突变体外,还具有向重力性运动的突变体,这些突变体丧失了正常植株所具有的向光性或向重力性。有人认为,植物器官的GSA随着

植物发育而改变的现象只有在照光的情况下才会发生。光对许多植物器官GSA的发育调节是通过光敏色素(phytochrome)进行的,但有些植物器官GSA的变化受光合作用的影响<sup>[10]</sup>。

美国重力与空间生物学学会(American Society for Gravitational and Space Biology)曾于1998年在新罕布什尔州的Colby Sawyer召开了一次国际重力与空间生物学会会议。基于上述认识,与会的科学家们一致同意不再使用诸如正向重力性、负向重力性、横向重力性及斜向重力性(plagiogravitropism)等描述植物器官向重力性特征的术语。他们认为,从机制上讲,这些“老术语”是没有什么意义的,而且对于那些GSA大于 $0^\circ$ 、小于 $180^\circ$ 的器官,或者对于那些GSA大于 $180^\circ$ 的器官以及挂在墙上的植物、匍匐或攀缘植物、枝条下垂的植物来说,老的术语不仅无助于人们理解其向重力性,甚至会使人感到迷惑。因此,这次会议认为,在描述植物器官向重力性运动(生长)特性时应该用GSA这一新的术语<sup>[11]</sup>。

综上所述,笔者认为,我国各类学校特别是高等学校植物生理学教学中有关植物向重力性的教学也应该摒弃正向重力性、负向重力性、横向重力性等老的术语,引入并推广使用向重力性定点角(GSA)这一国际同行认可的新术语。同时,建议国内同行在未来新编或再版植物生理学教科书时,应对这一方面内容作出相应的修订。

## 参考文献

- 1 陈润政,黄上志,宋松泉等. 植物生理学. 广州: 中山大学出版社, 1998. 222~228
- 2 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学(上下册). 第3版. 北京: 高等教育出版社, 1995. 261~271
- 3 李合生主编. 植物生理学. 北京: 高等教育出版社, 2002. 317~323
- 4 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学(下册). 第1版. 北京: 人民教育出版社, 1979. 290~293
- 5 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学(下册). 第2版. 北京: 高等教育出版社, 1984. 71~76
- 6 曾广文,蒋德安主编. 植物生理学. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 257~260
- 7 潘瑞炽主编. 植物生理学. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2001. 232~239
- 8 Digby J, Firm RD. The gravitropic setpoint angle (GSA): the identification of an important developmentally controlled variable governing plant architecture. *Plant Cell Environ*, 1995, 18: 1434~1440
- 9 Firm RD, Digby J. Solving the puzzle of gravitropism—has a lost piece been found? *Planta*, 1997, 203: S159~S163
- 10 Myers AB, Firm RD, Digby J. Gravitropic sign reversal—a fundamental feature of the gravitropic perception or response mechanism in some plant organs. *J Exp Bot*, 1994, 45: 77~83
- 11 Firm RD. Gravitropism—how it should be measured. [http://www-users.york.ac.uk/~drf1/gsa\\_1.htm](http://www-users.york.ac.uk/~drf1/gsa_1.htm)