

杨君珑, 李小伟. 模拟氮沉降对于干旱半干旱区几种杂草生长及光合特征的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 157–160.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.048

# 模拟氮沉降对于干旱半干旱区几种杂草生长及光合特征的影响

杨君珑, 李小伟

(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

**摘要:**以干旱半干旱区曼陀罗、顶羽菊、龙葵 3 种  $C_3$  杂草和杂草藜、反枝苋 2 种  $C_4$  杂草为试验材料, 以清水、低氮、中氮、高氮 4 个氮输入水平 ( $0, 50, 100, 150 \text{ kg/hm}^2$ ) 模拟氮沉降浓度, 研究了模拟氮沉降对不同功能类群杂草生长和光合特征的影响。结果表明,  $C_3$  草本的株高和单株生物量对氮浓度的响应没有明显规律。在不同氮浓度处理下,  $C_4$  草本的株高没有显著差异 ( $P > 0.05$ ); 但低氮浓度提高了单株生物量, 中氮、高氮处理则显著抑制了单株生物量积累 ( $P < 0.05$ )。  $C_3$  草本除了光合速率随氮浓度的增加均显著下降外 ( $P < 0.05$ ), 其他光合指标 (蒸腾速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和叶绿素含量) 均没有明显规律。2 个  $C_4$  草本植物光合特征随氮浓度的变化规律一致, 即氮浓度增加提高了叶绿素含量, 但不影响其胞间  $\text{CO}_2$  浓度、蒸腾速率和光合速率。结果表明,  $C_3$  草本对氮素的响应不同, 而  $C_4$  植物表现出更高的氮素耐受性, 可以预测氮沉降的增加将改变草本群落的物种组成, 且更有利于  $C_4$  草本物种。

**关键词:** 氮沉降; 杂草; 生物量; 光合特征; 光合途径

**中图分类号:** S451 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0157-04

20 世纪中叶以来, 由于化肥生产、化石燃料燃烧、固氮豆科作物的栽培等人类活动的影响, 人类向大气中排放的活性氮化合物激增, 大气氮素沉降 (nitrogen deposition) 也呈增加的趋势<sup>[1]</sup>。据估计, 全球氮沉降量在 20 世纪 90 年代中期达到  $165 \text{ Tg/年}$ , 是 1860 年  $31.6 \text{ Tg/年}$  的 5.2 倍, 到 2050 年预计将达到  $195 \text{ Tg/年}$ <sup>[2]</sup>。氮沉降的增加, 目前已造成了一些地区河流、海口和江湖等水域氮富集<sup>[3-4]</sup> 和陆地生态系统氮饱和 (nitrogen saturation)<sup>[5-7]</sup>。我国已成为全球三大氮沉降集中区 (分别为欧洲、美国和中国) 之一<sup>[8]</sup>。研究发现, 植物根及叶片吸收的氮与氮的供应量呈正相关, 即随着氮供应量增加, 植物吸收的氮总量亦增加<sup>[9]</sup>。而在植物叶片中的氮是叶绿素和光合酶的重要组成部分, 叶片氮含量还影响叶片中的光合作用色素含量和核酮糖 1,5-二磷酸羧化酶 (rubisco) 的含量和活性<sup>[10]</sup>, 因此, 氮沉降会影响光合作用及与其相关的气体交换过程, 从而影响植物的直接生长<sup>[11]</sup>。当氮沉降在一定范围内时, 会在一定程度上促进植物的光合作用, 从而促进植物生长, 而当氮沉降过量时, 会降低植物的光合作用, 抑制植物生长<sup>[12]</sup>。另外, 也有研究表明, 氮素添加会显著地增加土壤中可利用氮素的水平, 从而使物种间对资源的竞争从地下部分转向地上部分, 即从对氮素和水分竞争转向对光资源的竞争<sup>[13]</sup>。

杂草是生态系统中重要的生物组成部分, 因其具有很强的环境适应能力, 能够入侵并改变本地群落物种组成<sup>[14-15]</sup>。根据植物光合途径不同, 将植物类型区分为  $C_3$ 、 $C_4$  和 CAM 功能群<sup>[16]</sup>。研究表明  $C_4$  植物在光合作用中比  $C_3$  植物具有更高的氮素利用效率<sup>[17]</sup>。而随着环境中氮浓度的增加,  $C_3$ 、 $C_4$  植物对氮沉降有怎样的响应, 研究较少<sup>[18]</sup>, 且结论不一。本研究在干旱半干旱区选择适生的  $C_3$ 、 $C_4$  杂草, 通过模拟不同梯度氮沉降, 旨在揭示在氮沉降全球化的环境背景下,  $C_3$ 、 $C_4$  杂草生长与光合特征的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

5 个供试草本植物, 种子收集自宁夏大学农学院实验基地周边荒地杂草群落, 是主要的杂草种类, 其基本特征见表 1。

表 1 试验草本基本特征

种名	拉丁名	科	属	生态型	功能类群
藜	<i>Chenopodium album</i>	藜科	藜属	一年生草本	$C_4$
反枝苋	<i>Amaranthus retroflexus</i>	苋科	苋属	一年生草本	$C_4$
曼陀罗	<i>Datura stramonium</i>	茄科	曼陀罗属	一年生草本	$C_3$
顶羽菊	<i>Acroptilon repens</i>	菊科	顶羽菊属	多年生草本	$C_3$
龙葵	<i>Solanum nigrum</i>	茄科	茄属	一年生草本	$C_3$

### 1.2 试验设计

采用盆栽试验, 在宁夏大学农学院温室内进行。参照国内相关研究工作<sup>[19-20]</sup>, 将  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  溶解于水中, 施入量折成氮沉降率分别为 0 (CK)、50 (低氮)、100 (中氮)、 $150 \text{ kg/(hm}^2 \cdot \text{年)}$  (高氮), 共 4 个处理。每个处理 3 次重复, 随机区组排列。待试验幼苗完全展叶后以  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  溶液

收稿日期: 2014-12-24

基金项目: 宁夏大学科学研究基金 (编号: ZR1329); 宁夏大学大学生创新创业训练项目 (编号: 14NXN30)。

作者简介: 杨君珑 (1980—), 男, 甘肃庄浪人, 讲师, 从事森林生态与经营方面的教学研究工作。E-mail: yangjunlong-2002@163.com。

通信作者: 李小伟, 副教授, 主要从事草地生态学与化学计量学方面的研究工作。E-mail: 272790494@qq.com。

进行浇灌,在整个生长季(4—10月),按试验设计施用量每隔 15 d 浇灌 1 次。

### 1.3 指标测定

供试草本在生长季结束后,测定株高,并进行全株收获。将完整的杂草植株连同根系从盆中取出,洗净;放入烘箱内,105℃预处理 30 min,80℃烘干 48 h;取出称量,测定生物量。在生长期(9月)晴朗天气条件下,连续 3 d 采用 Lci 光合测定仪测定光合参数。每处理随机选择 3 个单株,对大小中等的完整叶片测定光合速率、蒸腾速率、CO<sub>2</sub> 气孔导度和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度。采用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶片叶绿素含量,每处理选择 3 个单株,每个单株选择 3 片大小中等的完整叶片,每个叶片连续测定 3 次 SPAD 值,取平均值。

### 1.4 数据处理

采用 DPS 7.05 进行不同处理间和不同物种间生长、光合指标的方差分析和 Tukey 法多重比较。采用 Origin 8.5 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 模拟氮沉降对不同功能群杂草生长的影响

不同浓度氮处理下,曼陀罗单株高均显著高于其他草种,其次为反枝苋和藜,龙葵最低( $P < 0.05$ ) (图 1-A)。不同浓度氮处理下,不同功能群草种株高度随氮浓度增加变化趋势基本一致,在低氮浓度处理下,单株高达到最高,随着浓度增加,高度降低。但进一步方差分析表明,只有 C<sub>3</sub> 草本龙葵在低氮和中氮处理下单株高显著高于 CK 和高氮处理( $P = 0.029$ );而氮浓度变化对其他 C<sub>3</sub> 草本曼陀罗、顶羽菊以及 C<sub>4</sub> 草本反枝苋和藜的单株高影响并不显著( $P > 0.05$ )。

如图 1-B 所示,不同浓度氮处理下,曼陀罗的单株总生物量也显著高于其他草种( $P < 0.05$ )。比较同一草种在不同氮浓度处理下的差异,C<sub>3</sub> 草种间单株总生物量没有规律可循。氮处理极显著降低了曼陀罗的单株生物量( $P = 0.0001$ ),对照组曼陀罗单株生物量显著高于其他氮处理组,高氮处理降低的幅度最大;与曼陀罗相反,氮处理的龙葵单株生物量均显著高于 CK 组,并且中氮处理对单株生物量积累的促进作用极显著( $P = 0.0031$ );顶羽菊不同处理间单株生物量差异并不显著( $P > 0.05$ )。C<sub>4</sub> 草本反枝苋和藜在低氮浓度处理下具有最高的单株生物量,随处理浓度进一步增加,中氮、高氮处理的单株生物量显著低于对照组( $P < 0.05$ )。

### 2.2 模拟氮沉降对不同功能群杂草光合特征的影响

图 2-A 中,C<sub>3</sub> 草种在不同处理间胞间 CO<sub>2</sub> 浓度差异均不显著,C<sub>4</sub> 草种反枝苋胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均显著低于其他草种,在高氮下,C<sub>4</sub> 草种反枝苋和藜的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均低于 C<sub>3</sub> 草种。氮浓度对同一草本的影响表明,仅曼陀罗胞间 CO<sub>2</sub> 浓度随氮浓度增加而显著增加( $P = 0.005$ )。

图 2-B 中,曼陀罗在清水、中氮和高氮处理下具有最高的蒸腾速率( $P < 0.05$ ),对照和中氮处理显著高于其他草种,低氮处理下曼陀罗的蒸腾速率相对较低,与其他草种间蒸腾速率差异并不显著( $P > 0.05$ )。C<sub>3</sub> 草种在不同处理间的差异显著不同,低氮处理降低了曼陀罗的蒸腾速率( $P = 0.0001$ ),而龙葵随着氮浓度的增加蒸腾速率显著提高( $P = 0.0028$ ),顶羽菊氮浓度处理与对照组间的蒸腾速率没有显

著差异( $P > 0.05$ )。氮浓度处理对 C<sub>4</sub> 草种藜、反枝苋的蒸腾速率影响也不显著( $P > 0.05$ )。

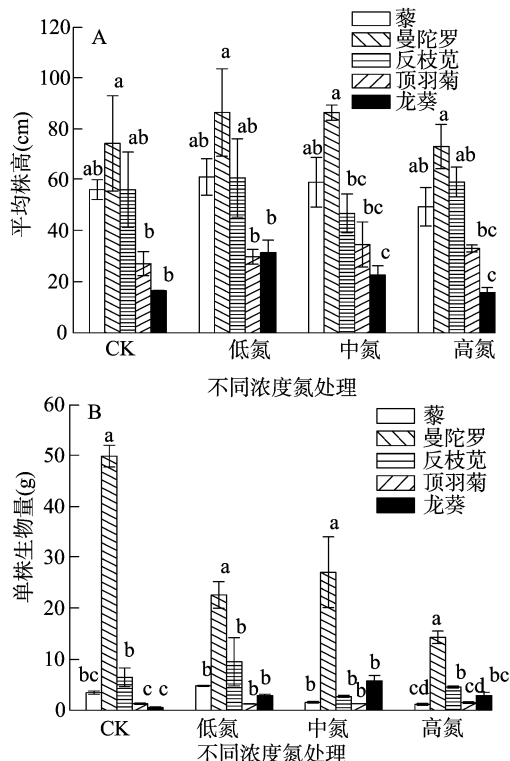


图1 不同浓度氮处理下杂草(A)单株平均株高与(B)单株平均生物量的比较

图 2-C 结果表明,清水、中氮和高氮浓度处理下,曼陀罗具有最高的气孔导度,而低氮处理下所有草本间差异不显著( $P > 0.05$ )。随氮浓度的增加,曼陀罗在低氮处理下的气孔导度极显著低于其他处理( $P = 0.0024$ );中氮处理极显著提高了反枝苋的气孔导度( $P = 0.003$ )。氮处理对藜、顶羽菊和龙葵的气孔导度影响不显著( $P > 0.05$ )。

图 2-D 表明,在清水、中氮和高氮处理下,曼陀罗具有最高的光合速率,龙葵也具有较高的光合速率。从总体趋势而言,随氮浓度的增加,C<sub>3</sub> 植物曼陀罗( $P = 0.0014$ )、顶羽菊( $P = 0.0023$ )和龙葵( $P = 0.0011$ )的光合速率均显著下降。而氮处理对 C<sub>4</sub> 草本藜和反枝苋的光合速率影响均不显著( $P > 0.05$ )。

图 2-E 表明,清水、中氮和高氮浓度处理下,几种植物间,曼陀罗具有最高的叶绿素含量,其次为藜。藜在低氮浓度下的叶绿素含量显著高于其他草本( $P < 0.05$ )。氮浓度的增加提高了 C<sub>4</sub> 植物反枝苋( $P = 0.0024$ )和藜( $P = 0.0001$ )的叶绿素含量。C<sub>3</sub> 草植物叶绿素含量变化并不一致,氮浓度增加降低了顶羽菊的叶绿素含量( $P = 0.0001$ ),而对龙葵和曼陀罗叶绿素含量影响不显著( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

一般认为,C<sub>4</sub> 植物比 C<sub>3</sub> 植物具有更高的光合能力<sup>[21]</sup>。本研究中,C<sub>3</sub> 植物曼陀罗比其他 C<sub>3</sub> 植物以及 C<sub>4</sub> 植物(反枝苋和藜)具有更高的气孔导度(图 2-C)、光合速率(图 2-D)

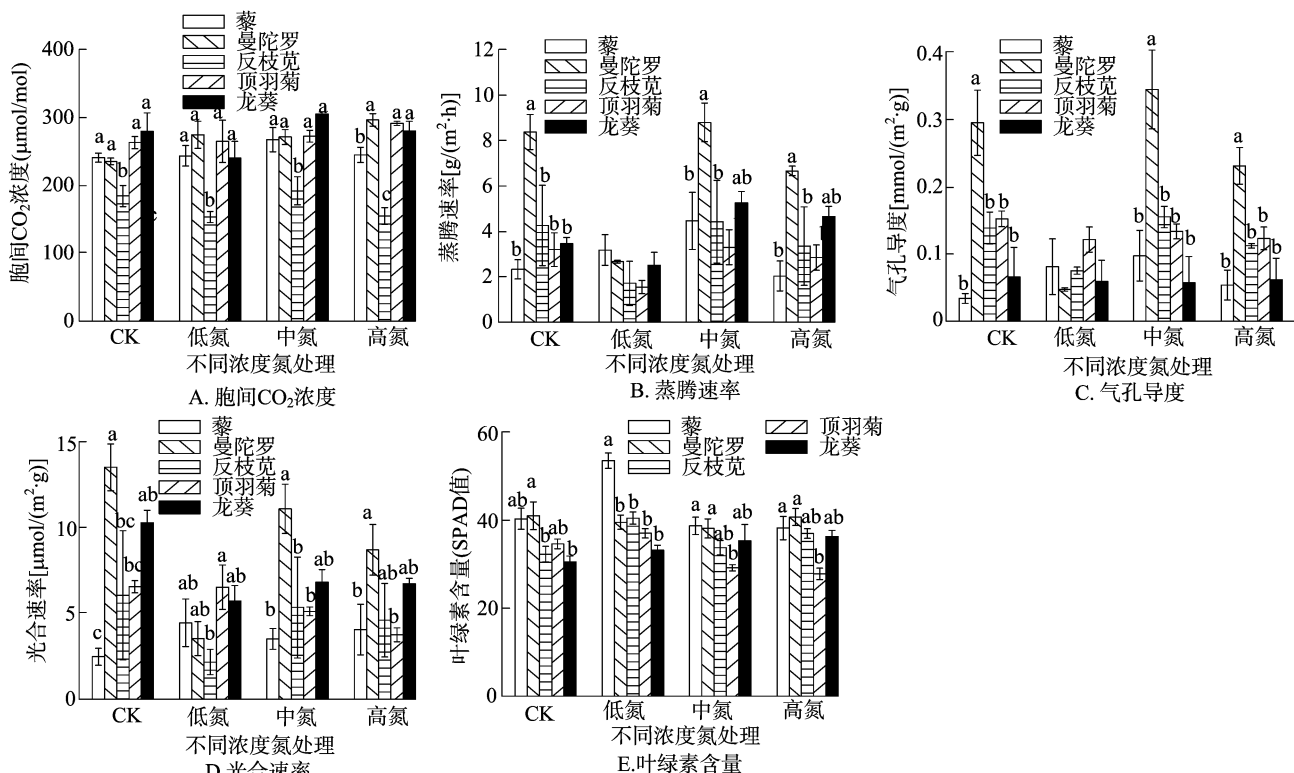


图2 不同浓度氮处理下杂草光合特征的比较

和叶绿素含量(图2-E)。物质的净积累(单株生物量)的比较表明,曼陀罗最终的净光合能力显著高于其他草种(图1-B)。本试验中, $C_4$ 植物的光合速率(图2-D中CK)甚至低于其他 $C_3$ 草本。有研究发现, $C_3$ 植物在温度较低的春季和秋季更为活跃,而 $C_4$ 植物在高温的夏季更为活跃<sup>[22-23]</sup>。因此,可能是测定时间为9月中旬,气温已经降低,从而 $C_4$ 植物光合能力低于 $C_3$ 植物。

有研究表明氮素能促进一些植物的光合作用<sup>[24-28]</sup>,但也有研究表明氮素对植物的光合能力影响并不显著<sup>[18,29]</sup>。而本研究中, $C_3$ 、 $C_4$ 植物的生长和光合特征对氮浓度变化具有显著响应。但 $C_3$ 草种对氮浓度增加的响应要高于 $C_4$ 草种。 $C_3$ 草种间的单株生物量、蒸腾速率、叶绿素含量随氮浓度变化没有一致性规律,但光合速率均随氮浓度的增加而显著下降;而氮浓度的增加却对 $C_4$ 草种的光合速率没有显著影响。研究表明,当氮浓度较低时,光合速率随叶片氮含量呈线性增加<sup>[30]</sup>,但是长期的高氮积累通常伴随着植物营养失衡<sup>[31-32]</sup>,导致光合色素含量下降,并且会使细胞膜结构受到一定程度的损伤,从而使光合速率下降<sup>[24]</sup>,或者是自我隐蔽产生的负效应抵消了氮含量增加的效应<sup>[33]</sup>。本研究中不同氮浓度处理降低了 $C_3$ 草种的光合速率,但对 $C_4$ 草种没有显著影响。这可能是本试验的氮浓度已经超过 $C_3$ 草本阈值,但没有达到 $C_4$ 草本的氮素阈值。因此, $C_4$ 草本比 $C_3$ 草本具有更高的氮素耐受性。

本研究中,氮浓度增加不影响 $C_4$ 草本的苗高、蒸腾速率和光合速率;但低氮浓度利于 $C_4$ 草本单株生物量积累,中氮、高氮处理则降低了单株生物量,而氮浓度增加提高了 $C_4$ 草本叶绿素含量。结果说明,2个 $C_4$ 草本随氮浓度增加,草本的苗高、蒸腾速率和光合速率具有一定耐受性,单株生物量、叶

绿素含量有所提高。

#### 参考文献:

- [1] Gao Y, He N P, Zhang X Y. Effects of reactive Nitrogen deposition on terrestrial and aquatic ecosystems[J]. Ecological Engineering, 2014, 70: 312-318.
- [2] Galloway J N, Townsend A R, Erismann J W, et al. Transformation of the Nitrogen cycle; recent trends, questions, and potential solutions [J]. Science, 2008, 320(5878): 889-892.
- [3] Pineda R L, Venegas L E. Interannual variability of estimated monthly nitrogen deposition to coastal waters due to variations of atmospheric variables model input[J]. Atmospheric Research, 2010, 96(1): 88-102.
- [4] Rogora M, Arisci S, Marchetto A. The role of nitrogen deposition in the recent nitrate decline in lakes and rivers in Northern Italy[J]. Science of the Total Environment, 2012, 417/418: 214-223.
- [5] Cannell M R, Thornley J M. Nitrogen states in plant ecosystems: a viewpoint[J]. Annals of Botany, 2000, 86(6): 1161-1167.
- [6] Krupa S V. Effects of atmospheric ammonia ( $NH_3$ ) on terrestrial vegetation: a review [J]. Environmental Pollution, 2003, 124(2): 179-221.
- [7] Tonitto C, Powell T M. Development of a spatial terrestrial nitrogen model for application to Douglas-fir forest ecosystems [J]. Ecological Modelling, 2006, 193(3/4): 340-362.
- [8] 吕超群, 田汉勤, 黄耀. 陆地生态系统氮沉降增加的生态效应[J]. 植物生态学报, 2007, 31(2): 205-218.
- [9] Lumme I, Smolander A. Effect of nitrogen deposition level on nitrogen uptake and bud burst in Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings and N uptake by soil microflora [J]. Forest Ecology and Management, 1996, 89(1): 197-204.

- [10] Warren C R, Livingston N J, Turpin D H. Photosynthetic responses and N allocation in Douglas – fir needles following a brief pulse of nutrients[J]. *Tree Physiology*, 2004, 24(6): 601 – 608.
- [11] Garnier E, Gobin O, Poorter H. Nitrogen productivity depends on photosynthetic nitrogen use efficiency and on nitrogen allocation within the plant[J]. *Annals of Botany*, 1995, 76(6): 667 – 672.
- [12] Manning P, Newington J E, Robson H R, et al. Decoupling the direct and indirect effects of nitrogen deposition on ecosystem function[J]. *Ecology Letters*, 2006, 9(9): 1015 – 1024.
- [13] 万宏伟, 杨 阳, 白世勤, 等. 羊草草原群落 6 种植物叶片功能特性对氮素添加的响应[J]. *植物生态学报*, 2008(3): 611 – 621.
- [14] 王 朋, 梁文举, 孔垂华, 等. 外来杂草入侵的化学机制[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 707 – 711.
- [15] 张黎华, 冯玉龙. 外来入侵杂草的生物防治及生防因子对本地非目标种的影响[J]. *生态学报*, 2007, 27(2): 802 – 809.
- [16] 罗耀华. C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub> 和 CAM 途径的生态学意义[J]. *生态学报*, 1985(1): 15 – 27.
- [17] Oaks A. Efficiency of nitrogen utilization in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> cereals[J]. *Plant Physiology*, 1994, 106(2): 407 – 414.
- [18] Niu S L, Zhang Y F, Yuan Z Y, et al. Effects of interspecific competition and nitrogen seasonality on the photosynthetic characteristics of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grasses[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2006, 57(3): 270 – 277.
- [19] 杜乐山. 模拟氮沉降对入侵植物加拿大一枝黄花及同科本地植物苍耳生长的影响[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(6): 135 – 137.
- [20] 张卫强, 肖辉林, 殷祚云, 等. 模拟氮沉降对入侵植物薇甘菊光合特性的影响[J]. *生态环境学报*, 2013(12): 1859 – 1866.
- [21] Weng J. Relationship between allocation of absorbed light energy in PS II and photosynthetic rates of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants[J]. *Acta*
- Physiologiae Plantarum*, 2009, 31(3): 639 – 647.
- [22] Kemp P R W. A physiological basis for niche separation between *Agropyron smithii* (C<sub>3</sub>) and *Bouteloua gracilis* (C<sub>4</sub>) [J]. *Ecology*, 1980, 61(4): 846 – 858.
- [23] Ode D J. The seasonal contribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plant species to primary production in a mixed prairie [J]. *Ecology*, 1980, 61(6): 1304.
- [24] 王 强, 金则新, 彭礼琼. 氮沉降对乌药幼苗生理生态特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(10): 2766 – 2772.
- [25] 张卫强, 肖辉林, 殷祚云, 等. 模拟氮沉降对入侵植物薇甘菊光合特性的影响[J]. *生态环境学报*, 2013, 22(12): 1859 – 1866.
- [26] 蒋思思, 魏丽萍, 侯继华. 模拟氮沉降对油松幼苗光合特性的影响[J]. *广东农业科学*, 2014, 41(13): 44 – 48.
- [27] 李红梅, 万福绪, 李 杰, 等. 墨西哥柏幼苗生长和光合生理对氮沉降的响应[J]. *林业科技开发*, 2014, 28(1): 73 – 77.
- [28] 陆志峰, 鲁剑巍, 鲁鲁明, 等. 施肥对油菜及田间杂草物质养分积累的影响[J]. *杂草科学*, 2013, 31(1): 10 – 14.
- [29] Schaberg P G, Perkins T D, McNulty S G. Effects of chronic low – level N additions on foliar elemental concentrations, morphology, and gas exchange of mature montane red spruce[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1997, 27(10): 1622 – 1629.
- [30] 曲道春, 江 洪, 由美娜. 氮沉降对香樟叶片光合及叶绿素荧光特性的影响研究[J]. *环境污染与防治*, 2011, 33(11): 15 – 19, 23.
- [31] 李德军, 莫江明, 方运霆, 等. 氮沉降对森林植物的影响[J]. *生态学报*, 2003, 23(9): 1891 – 1900.
- [32] 李德军, 莫江明, 方运霆, 等. 模拟氮沉降对三种南亚热带树苗生长和光合作用的影响[J]. *生态学报*, 2004, 24(5): 876 – 882.
- [33] 李德军, 莫江明, 方运霆, 等. 木本植物对高氮沉降的生理生态响应[J]. *热带亚热带植物学报*, 2004(5): 482 – 488.

(上接第 156 页)

6:1, 3:1, 1:3, 1:6 的配比复配, 增效系数在 0.5~1.5 之间, 复配剂的联合作用类型为相加作用; 咯菌腈与咪鲜胺以 1:1 的配比复配, 增效系数大于 1.5, 具有增效作用, SR 最大, 增效作用最佳。

### 3 结论与讨论

咯菌腈对葡萄灰霉病菌的室内生物活性稍低于咪鲜胺。供试的 5 种混配组合对该病菌的联合作用类型均表现为增效或相加作用, 二者按 1:1 比例混配表现为增效作用; 因此, 二者混配防治葡萄灰霉病可行, 研究结果为生产中农药复配或混用提供了试验依据。

在目前抗葡萄灰霉病品种缺乏的情况下, 选择适当药剂并采用合适的施药方法是防治葡萄灰霉病的重要措施。本研究表明, 咯菌腈与咪鲜胺 1:1 复配组合离体条件下对葡萄灰霉病菌的增效系数 (SR) 大于 1.5, 表现为增效作用。在自然条件下, 由于药剂对病菌的作用效果还受其他一些因素的影响, 室内测定结果与田间实际防治效果可能会有一定的偏差, 该结论尚需大田试验进一步验证。

### 参考文献:

- [1] Rosslénbroich H J, Stuebler D. *Botrytis cinerea*—history of chemical

- control and novel fungicides for its management[J]. *Crop Protection*, 2000, 19(8/9/10): 557 – 561.
- [2] 陈宇飞, 文景芝, 李立军. 葡萄灰霉病研究进展[J]. *东北农业大学学报*, 2006, 37(5): 693 – 699.
- [3] 雷百战, 李国英, 石在强. 葡萄灰霉病菌病原鉴定和生物学特性研究[J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 2014, 22(增刊 1): 145 – 149.
- [4] 黄启良, 李凤敏, 王 敏. 40% 啞霉胺悬浮剂防治黄瓜灰霉病药效试验[J]. *植物保护*, 2000, 26(2): 44 – 45.
- [5] 严 红, 燕继晔, 王忠跃, 等. 葡萄灰霉病菌对 3 种杀菌剂的多重抗药性检测[J]. *果树学报*, 2012, 29(4): 625 – 629.
- [6] 杨玉柱, 焦必宁. 新型杀菌剂咯菌腈研究进展[J]. *现代农药*, 2007, 6(5): 35 – 39.
- [7] Liu W W, Leroux P, Fillinger S. The HOG1 – like MAP kinase Sak1 of *Botrytis cinerea* is negatively regulated by the upstream histidine kinase Bos1 and is not involved in dicarboximide – and phenylpyrrole – resistance[J]. *Fungal Genetics and Biology*, 2008, 45(7): 1062 – 1074.
- [8] 韩丽君, 钱传范, 江才鑫. 咪鲜胺及其代谢物在水稻中的残留检测方法 & 残留动态[J]. *农药学报*, 2005, 7(1): 54 – 58.
- [9] Schwinn F. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of plant pathogens to fungicides: method for fungicide resistance in late blight of potato[J]. *Plant Protection Bulletin*, 1982, 30: 69 – 71.