

4种农药对水稻籽粒生长模型参数的影响

吴进才, 董波, 李冬虎, 邱慧敏, 杨国庆

(扬州大学农学院植物保护系, 扬州 225009)

摘要: 研究了稻田常用的4种农药对水稻籽粒充实的影响。于水稻破口期一次性标记200个稻穗。后每隔4d每小区取回20个稻穗烘干。每稻穗分别摘取10粒强势粒和弱势粒, 去壳称重, 计算百粒米重。根据籽粒生长模型, 计算起始生长势 R_0 , 旺盛生长期 Δt , 旺盛生长期内干物质累积生长量 GT , 最大生长速率 V_{max} 及饱和生长量 K 。结果表明, 强弱粒的所有上述参数均受到农药处理不同程度的影响。其中吡虫啉2个剂量(有效成分22.5 g·ha⁻¹、45 g·ha⁻¹)处理 GT 、 K 值与对照相比分别下降10.68%、0.59%和8.79%、8.66%。高剂量处理 Δt 比对照缩短4.57d。井冈霉素高剂量(有效成分225 g·ha⁻¹)处理 Δt 也显著变小。吡虫啉高剂量对弱势粒增重和生长速率影响显著, 在旺盛生长期内 GT 比对照下降29.88%。田间考种结果显示, 吡虫啉低剂量和高剂量处理千粒重分别比对照下降3.88%和9.77%。其它处理影响不显著。

关键词: 农药; 水稻; 籽粒生长; 参数; 影响

Effects of Four Pesticides on Grain Growth Parameters of Rice

WU Jin-cai, DONG Bo, LI Dong-hu, QIU Hui-min, YANG Guo-qing

(Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract: The effect of four commonly used pesticides, triadlmefon, jingganmycin, triazoplos and imidacloprid, on grain growth parameters during rice grain filling was examined using growth equation in the present experiment. Two hundreds of spike without damage by pests were simultaneously marked per plot during heading stage of rice. Rice plants were sprayed at 1 day after marking. Thereafter, 20 spikes were sampled at 4 days interval and dried at oven. Then, 10 superior and inferior grains were picked per spike, and brown rice was weighed after shelling, respectively. First, second and third order derivates were deduced from the following grain growth formula: $W = \frac{K}{1+e^{a-bt}}$ Where W was the weight of 100-grain brown rice at t time, K was maximum of grain growth, a and b were parameters of the formula. The parameters were calculated as follows:

$$R_0 = \frac{Kbe^a}{(1+e^a)^2}, \Delta t = t_2 - t_1, GT = \frac{bK}{4}(t_2 - t_1) = V_{max}(t_2 - t_1), V_{max} = \frac{bK}{4}$$

Where R_0 , Δt , GT and V_{max} were initial growth power, active growth stage, cumulative weight of dried content during Δt and maximum growth rate, respectively. The result showed that GT and K of superior grain following spraying of imidacloprid at the active ingredient rate of 22.5 g·ha⁻¹ and 45 g·ha⁻¹ reduced significantly, and Δt significantly decreased in jingganmycin treatments at the active ingredient rates of 45 g·ha⁻¹ and 225 g·ha⁻¹. In addition, high dose of imidacloprid significantly reduced the weight of 1 000-grain by 9.77%. However, there was no significant difference between high dose of jingganmycin and control in 1 000-grain weight, indicating effective duration of jingganmycin on grain filling was shorter than that of imidacloprid.

Key words: Pesticide; Rice; Grain growth; Parameters; Effect

在害虫猖獗时使用农药抑制其对农作物的为害是必要的。但农药对农田生态系造成许多负面影响这是众所周知的事实。除了已公认的农药负效应

外, 农药对目标作物生理生化的影响正被引起重视。一些研究表明农药在营养生长期使用导致作物光合作用的下降^[1~4], 降低植株碳水化合物^[5, 6],

收稿日期: 2003-08-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070122)

作者简介: 吴进才(1952-), 男, 江苏宜兴人, 教授, 博士, 主要从事昆虫生态和农药对环境生物影响评价研究。Tel: 0514-7979246; Fax: 0514-7349817; E-mail: jc.wu@public.yz.js.cn

叶片同化物输出受阻^[7]; 有的影响植物的次生物质, 如草酸和酚类物质含量下降^[4, 6]。当然, 不同的农药品种影响程度不同, 有的对光合作用没有影响^[8], 甚至有利于作物生长或增加产量^[9]。然而农药对作物生理生化影响的研究主要集中于营养生长期。对籽粒充实的影响, 特别是通过籽粒生长模型来评价农药的负效应至今国内外未见报道。而这恰是一个非常重要而又具有实践意义的问题。

1 材料与方 法

1.1 试验田概况

试验田位于扬州西郊扬州大学新实验农场内。该稻田是第一年种植水稻, 土地肥沃, 试验期间稻飞虱、纹枯病发生极轻。水稻品种为华粳 1 号, 6 月 20 日栽插, 8 月 28 日始穗。

1.2 试验药剂及用量

选用 4 种药剂, 每种药剂分为低剂量和高剂量 2 个处理。20% 三唑酮 EC (江苏张家港七洲农药有限公司), 有效成分 75 g·ha⁻¹, 150 g·ha⁻¹; 20% 井冈霉素可溶性粉剂 (江苏锡山生物化学厂), 有效成分 112.5 g·ha⁻¹, 225 g·ha⁻¹; 20% 三唑磷 EC (江苏长青化工集团公司), 有效成分 180 g·ha⁻¹, 360 g·ha⁻¹; 10% 吡虫啉 WP (江苏扬农化工集团公司), 有效成分 22.5 g·ha⁻¹, 45 g·ha⁻¹。

1.3 试验方法

选择一块 0.3 ha 的稻田, 划分 27 个小区, 每小区面积 0.0067 ha, 重复 3 次。于水稻刚破口时每小区一次性标记 200 个稻穗, 标记穗尽量在小区内分布均匀, 并排除有病虫害为害的穗穴。标记后 1 d 按各药剂用量每 667 m² 加水 50 kg 均匀喷雾。后每隔 4 d 每小区取回 20 个稻穗烘干, 每稻穗分别摘取 10 粒强势粒和弱势粒, 去壳在电子天平上称重, 计算百粒米重。

1.4 籽粒生长模型及参数含义

参照吴进才等籽粒生长模型的分析方法^[10]。其模型为:

$$W = \frac{K}{1 + e^{a-bt}}$$

对上式求一阶、二阶、三阶导数分别得到如下参数:

$$\text{起始生长势 } R_0: R_0 = \frac{Kbe^a}{(1+e^a)^2}$$

$$\text{旺盛生长期 } \Delta t: \Delta t = t_2 - t_1$$

Δt 时间内干物质累积生长量 GT :

$$GT = \frac{bK}{4}(t_2 - t_1) = V_{\max}(t_2 - t_1)$$

上述 t_1 、 t_2 为生长曲线的两个拐点, 在 t_1 前和 t_2 后生长缓慢。

$$\text{最大生长速率 } V_{\max} = \frac{bK}{4}$$

每小区组建一个百粒米重随时间 t 的曲线方程, 求出参数, 并对药剂处理区与对照 (不喷药) 进行统计分析 (t 检验)。

2 结果与分析

2.1 4 种药剂处理后籽粒生长模型的参数

表 1、2 归纳了每种药剂处理 3 个重复强弱势粒生长模型参数的平均值。由表中可见, 强弱势粒的 R_0 、 Δt 、 V_{\max} 、 GT 、 K 均受到农药处理不同程度的影响。在强势粒中, 吡虫啉 22.5 g·ha⁻¹ 和 45 g·ha⁻¹ 处理的 GT 、 K 值均显著下降, 与对照相比, 分别下降 10.68%、8.59% 和 8.79%、8.66%。两个剂量间没有显著差异。高剂量处理旺盛生长期显著缩短, 比对照短 4.57 d。井冈霉素高剂量处理也显著缩短了旺盛生长期。在弱势粒中, 除井冈霉素低剂量处理外, 所有处理的 GT 均显著下降。

2.2 吡虫啉处理对强弱势粒增重及生长速率的影响

图 1 表明吡虫啉低剂量 (22.5 g·ha⁻¹) 处理对强势粒增重影响不大, 而高剂量 (45 g·ha⁻¹) 对强势粒增重有一定的影响。籽粒生长速率在开花后 15 d 前高剂量比低剂量及对对照明显小 (图 3)。但到生长后期生长量与对照相接近。吡虫啉高剂量处理对弱势粒增重的影响更大 (图 2), 在旺盛生长期籽粒干物质累积量比对照下降 29.88%; 高剂量又比低剂量下降 18.87%, 籽粒生长速率显著下降 (图 4), 但到 20 d 以后生长速率与低剂量和对照相接近, 表明吡虫啉对籽粒生长速率的影响期约 20 d 左右。

2.3 井冈霉素处理对强弱势粒增重及生长速率影响

虽然表 2 井冈霉素处理旺盛生长期的累积生长量与对照相比显著下降, 但对强势粒籽粒增重、生长速率没有明显影响 (图 5、6)。高剂量处理对弱势粒增重、生长速率在旺盛生长期有一定影响 (图 7、8)。中后期生长速率超过对照, 补偿了前期的影响。这表明井冈霉素的影响可能是短期的。

2.4 4 种药剂处理对千粒重的影响

大田考种表明, 在 4 种药剂中三唑酮、井冈霉素、三唑磷无论低剂量还是高剂量处理水稻, 其千

表1 4种农药对水稻强势粒生长模型参数的影响¹⁾

Table 1 Effect of four pesticides on the growth parameters of rice superior grain

农药及有效成分剂量 Pesticide & active ingredient dose (g·ha ⁻¹)	起始生长势 R_0	旺盛生长期 Δt	最大生长速率 V_{max}	在 Δt 期内干物质累积量 GT (g)	饱和生长量 K (g)
三唑酮 75 Triadlmefon 75	0.0249 ± 0.0051	11.4 ± 3.1	0.1058 ± 0.0950	1.2098 ± 0.3090	2.132 ± 0.015
三唑酮 150 Triadlmefon 150	0.0211 ± 0.0072	12.2 ± 1.2	0.1055 ± 0.0428	1.2922 ± 0.3590	2.173 ± 0.064
井冈霉素 112.5 Jingganmycin 112.5	0.0217 ± 0.0069	12.1 ± 1.3	0.1042 ± 0.0447	1.2671 ± 0.1990	2.164 ± 0.086
井冈霉素 225 Jingganmycin 225	0.0198 ± 0.0076	6.7 ± 7.2*	0.1249 ± 0.0671	0.8329 ± 0.2590	2.107 ± 0.111
三唑磷 180 Triazoplos 180	0.0184 ± 0.0021	9.2 ± 5.4	0.1110 ± 0.0514	1.0203 ± 0.2421	2.231 ± 0.104
三唑磷 360 Triazoplos 360	0.0241 ± 0.0085	15.5 ± 1.6	0.0891 ± 0.0226	1.3784 ± 0.3652	2.357 ± 0.157
吡虫啉 22.5 Imidacloprid 22.5	0.0236 ± 0.0214	9.7 ± 2.9*	0.1236 ± 0.0568	1.2102 ± 0.1265	2.053 ± 0.128*
吡虫啉 45 Imidacloprid 45	0.0111 ± 0.0101	9.9 ± 1.5*	0.1272 ± 0.0135	1.2708 ± 0.2963	2.056 ± 0.054*
对照 Control	0.0242 ± 0.0081	14.4 ± 1.5	0.0917 ± 0.0249	1.3164 ± 0.2194	2.231 ± 0.094

¹⁾* 表示与对照有显著差异

* Shows that there is significant difference as compared with control

R_0 , Δt , V_{max} , GT , K were initial growth power, active growth stage, maximum growth rate, cumulative weight of dried content during Δt and maximum of grain growth, respectively. The same as below

表2 4种农药对水稻弱势粒生长模型参数的影响¹⁾

Table 2 Effect of four pesticides on the growth parameters of rice inferior grain

农药及有效成分剂量 Pesticide & active ingredient dose (g·ha ⁻¹)	起始生长势 R_0	旺盛生长期 Δt	最大生长速率 V_{max}	在 Δt 期内干物质累积量 GT (g)	饱和生长量 K (g)
三唑酮 75 Triadlmefon 75	0.0020 ± 0.0014	13.0 ± 1.1	0.0801 ± 0.0066	1.038 ± 0.057*	1.557 ± 0.006
三唑酮 150 Triadlmefon 150	0.0018 ± 0.0011	12.6 ± 2.5	0.0669 ± 0.0195	0.814 ± 0.162*	1.237 ± 0.246
井冈霉素 112.5 Jingganmycin 112.5	0.0012 ± 0.0001	10.6 ± 1.7	0.0818 ± 0.0101	0.858 ± 0.010**	1.355 ± 0.057
井冈霉素 225 Jingganmycin 225	0.0016 ± 0.0005	11.9 ± 2.3	0.0856 ± 0.0289	0.979 ± 0.141	1.488 ± 0.213
三唑磷 180 Triazoplos 180	0.0015 ± 0.0007	11.8 ± 0.9	0.0799 ± 0.0115	0.940 ± 0.098*	1.428 ± 0.149
三唑磷 360 Triazoplos 360	0.0020 ± 0.0003	13.5 ± 1.9	0.0702 ± 0.0098	0.944 ± 0.129*	1.435 ± 0.197
吡虫啉 22.5 Imidacloprid 22.5	0.0010 ± 0.0012	12.4 ± 2.0	0.0905 ± 0.0101	1.044 ± 0.024*	1.584 ± 0.036
吡虫啉 45 Imidacloprid 45	0.0004 ± 0.0001	10.3 ± 1.3	0.0838 ± 0.0225	0.847 ± 0.176*	1.286 ± 0.267
对照 Control	0.0249 ± 0.0004	12.6 ± 3.5	0.0864 ± 0.0299	1.208 ± 0.075	1.563 ± 0.117

¹⁾*, ** 分别表示与对照有显著和极显著差异

* and ** shows that there are significant differences at 5% and 1% levels as compared with control, respectively

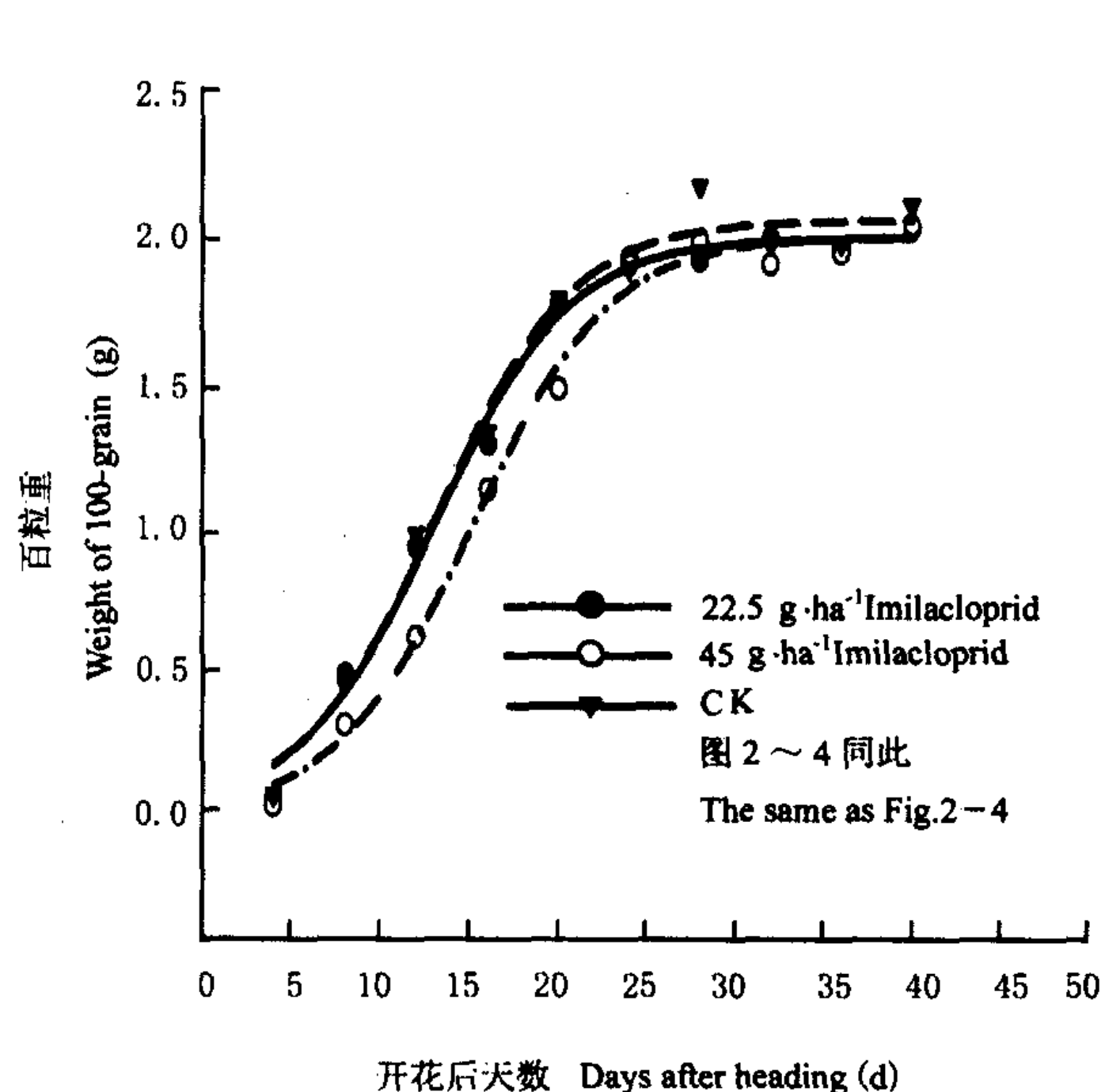


图1 吡虫啉处理对强势粒增重的影响

Fig.1 Effect of imidacloprid treatment on superior grain growth

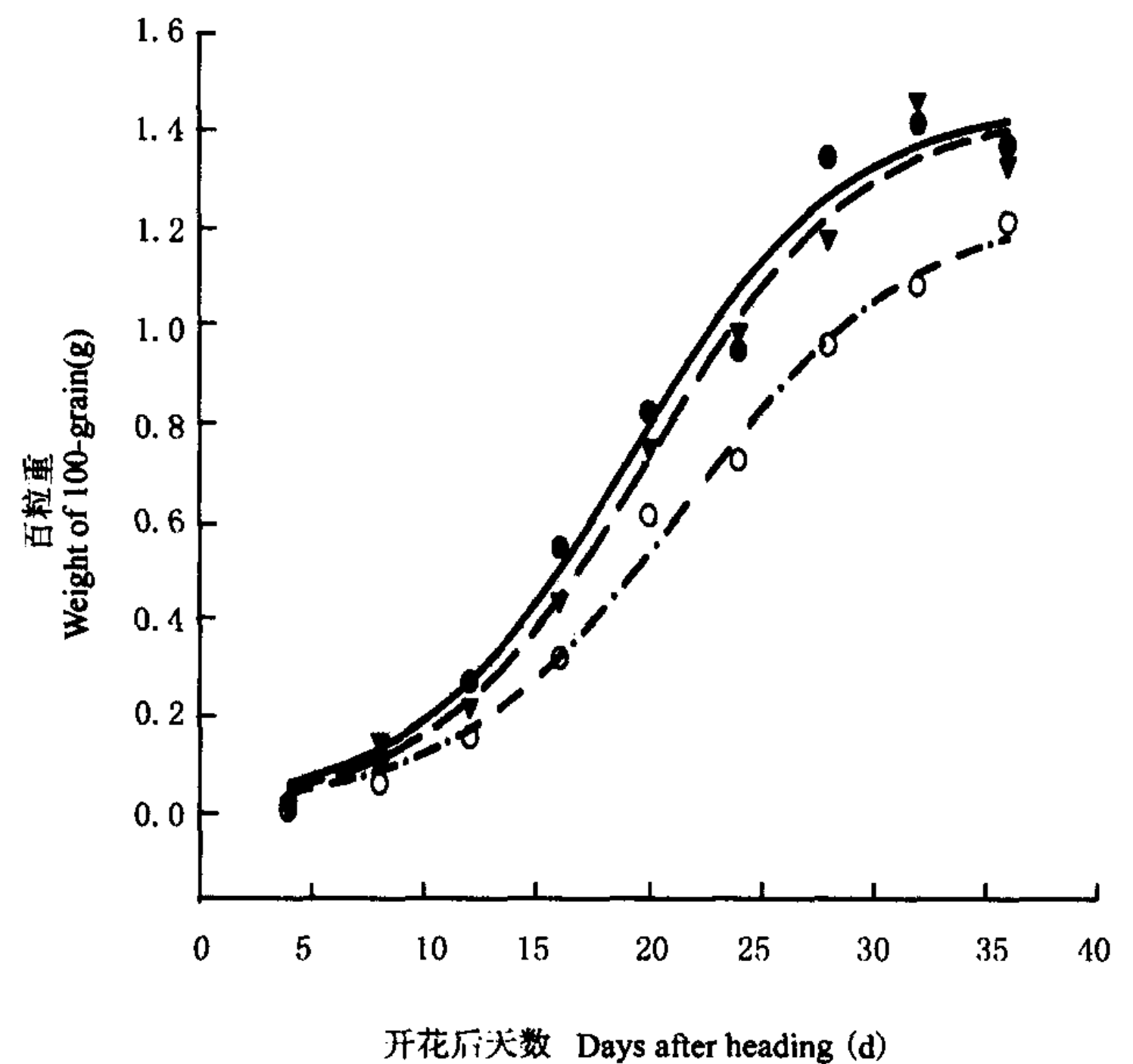


图2 吡虫啉处理对弱势粒增重的影响

Fig.2 Effect of imidacloprid treatment on inferior grain growth

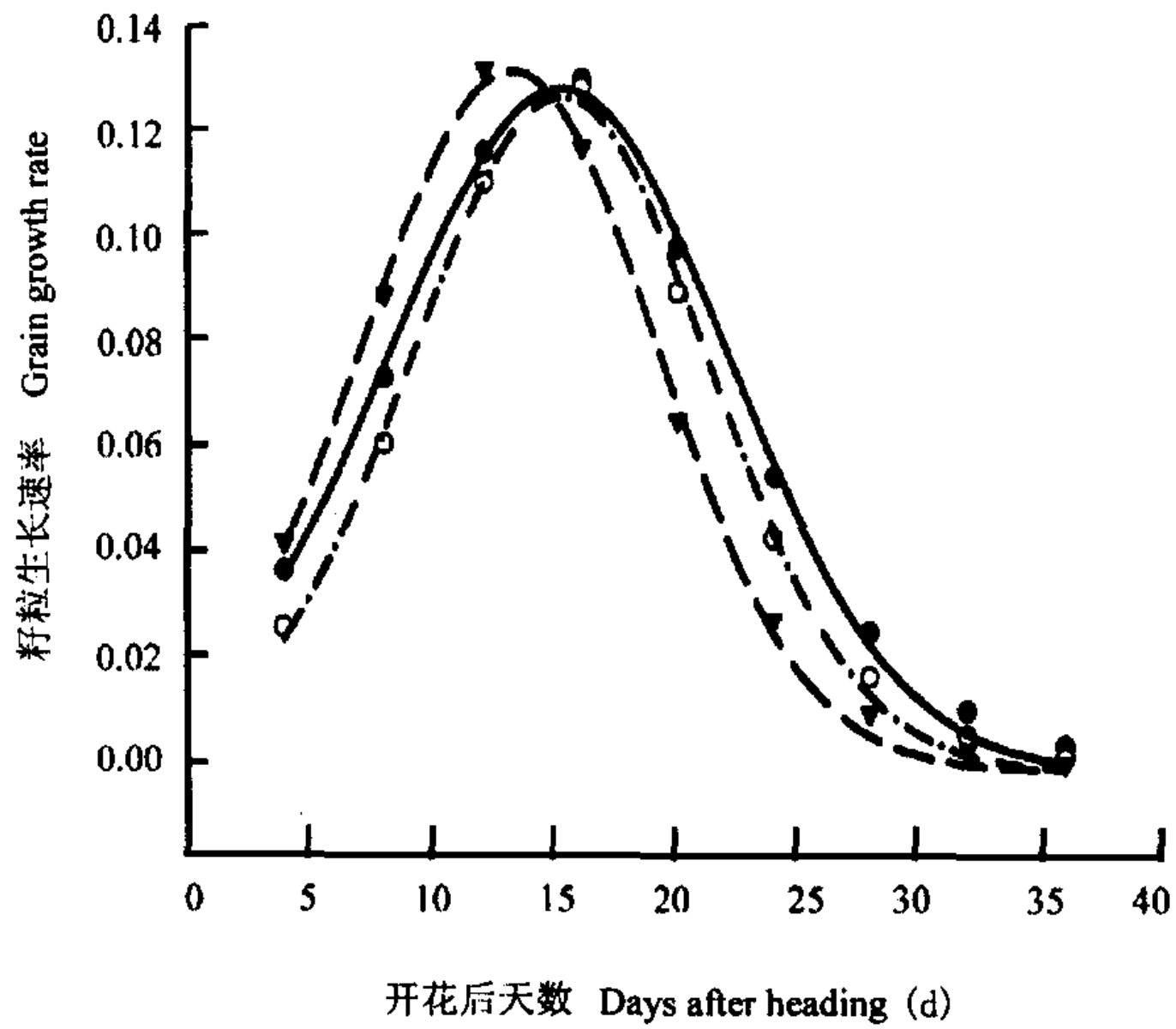


图3 吡虫啉处理对强势粒生长速率的影响
Fig.3 Effect of imidacloprid treatment on superior grain growth rate

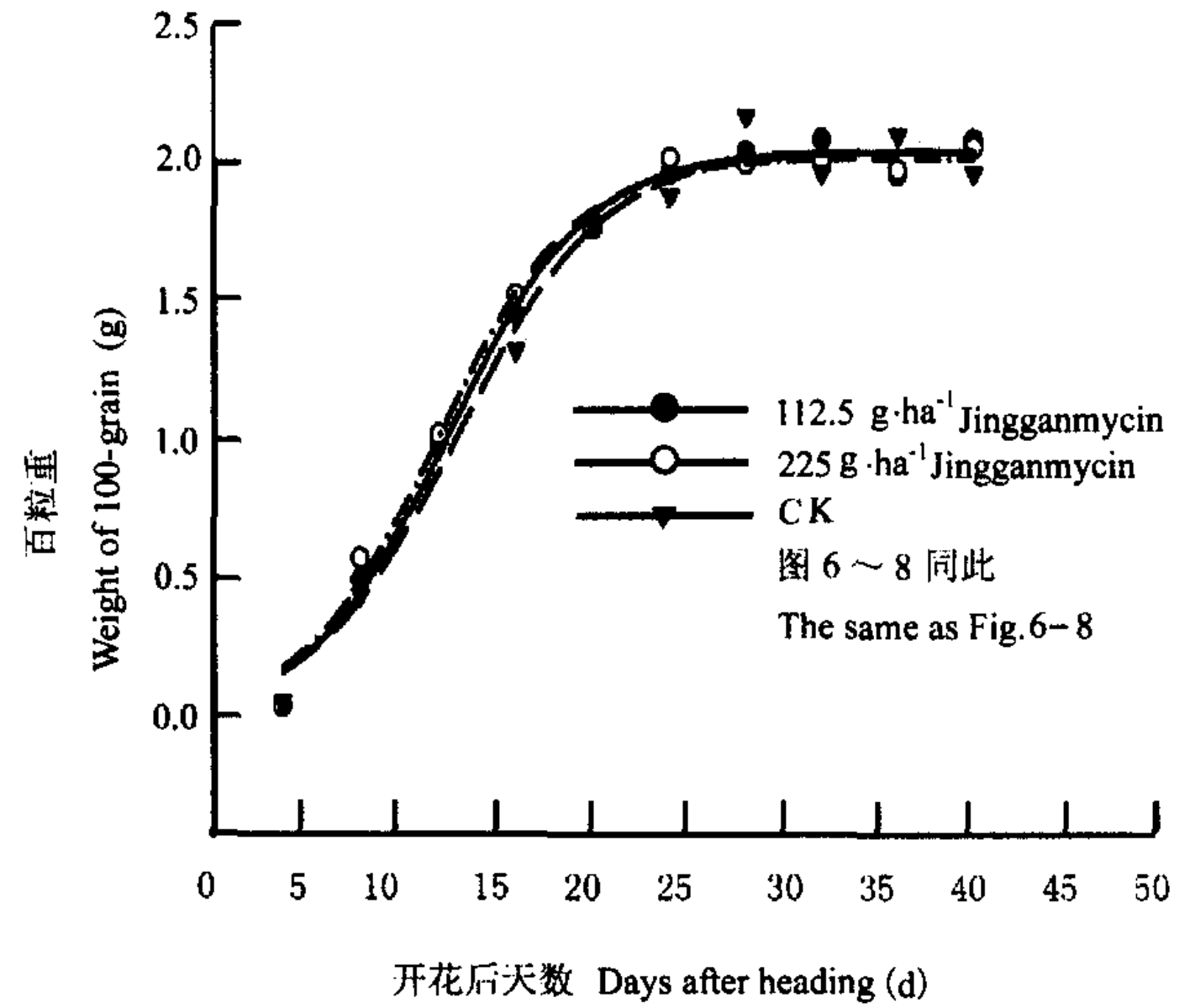


图5 井冈霉素处理对强势粒增重的影响
Fig.5 Effect of jingganmycin treatment on superior grain growth

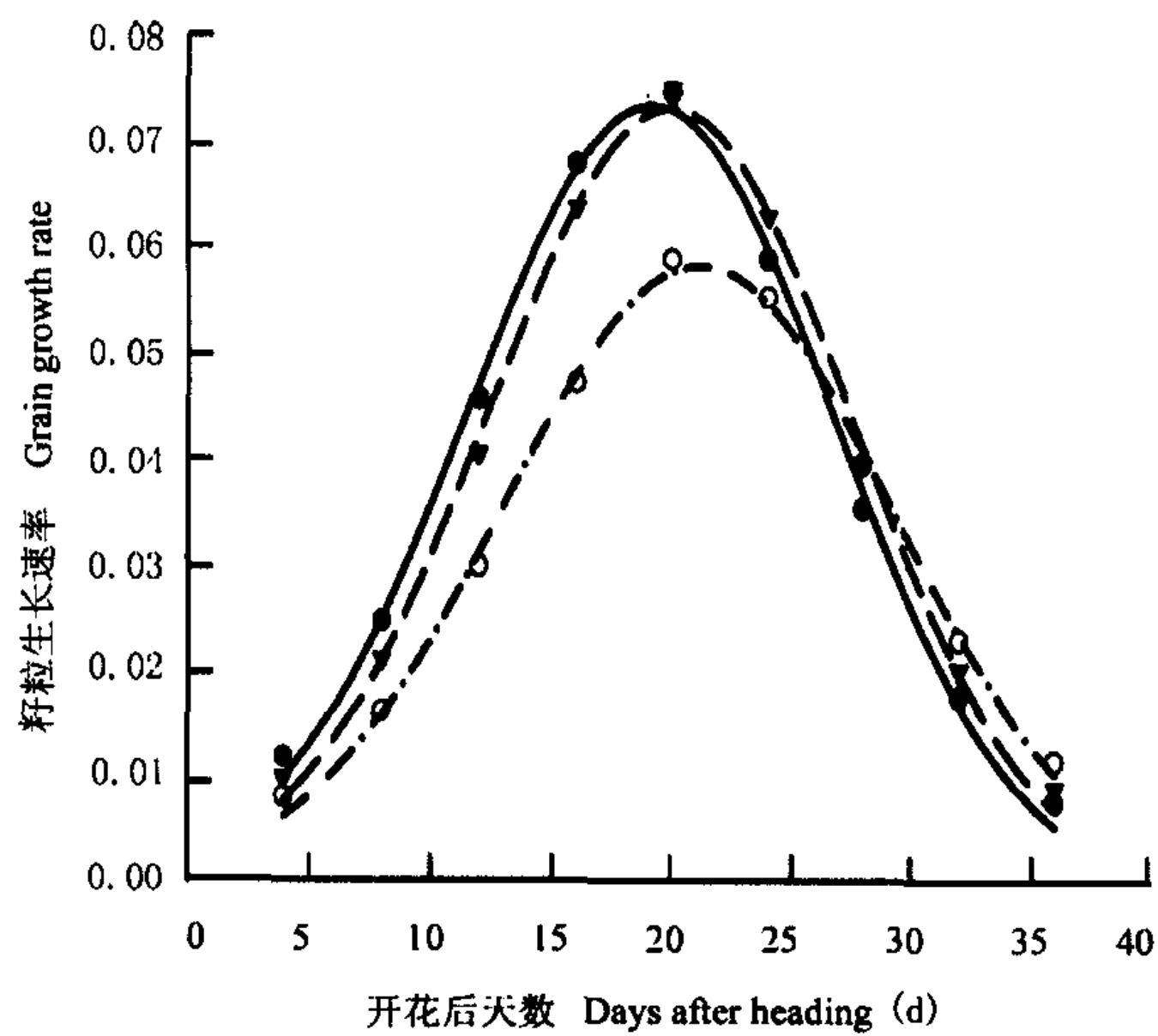


图4 吡虫啉处理对弱势粒生长速率的影响
Fig.4 Effect of imidacloprid treatment on inferior grain growth rate

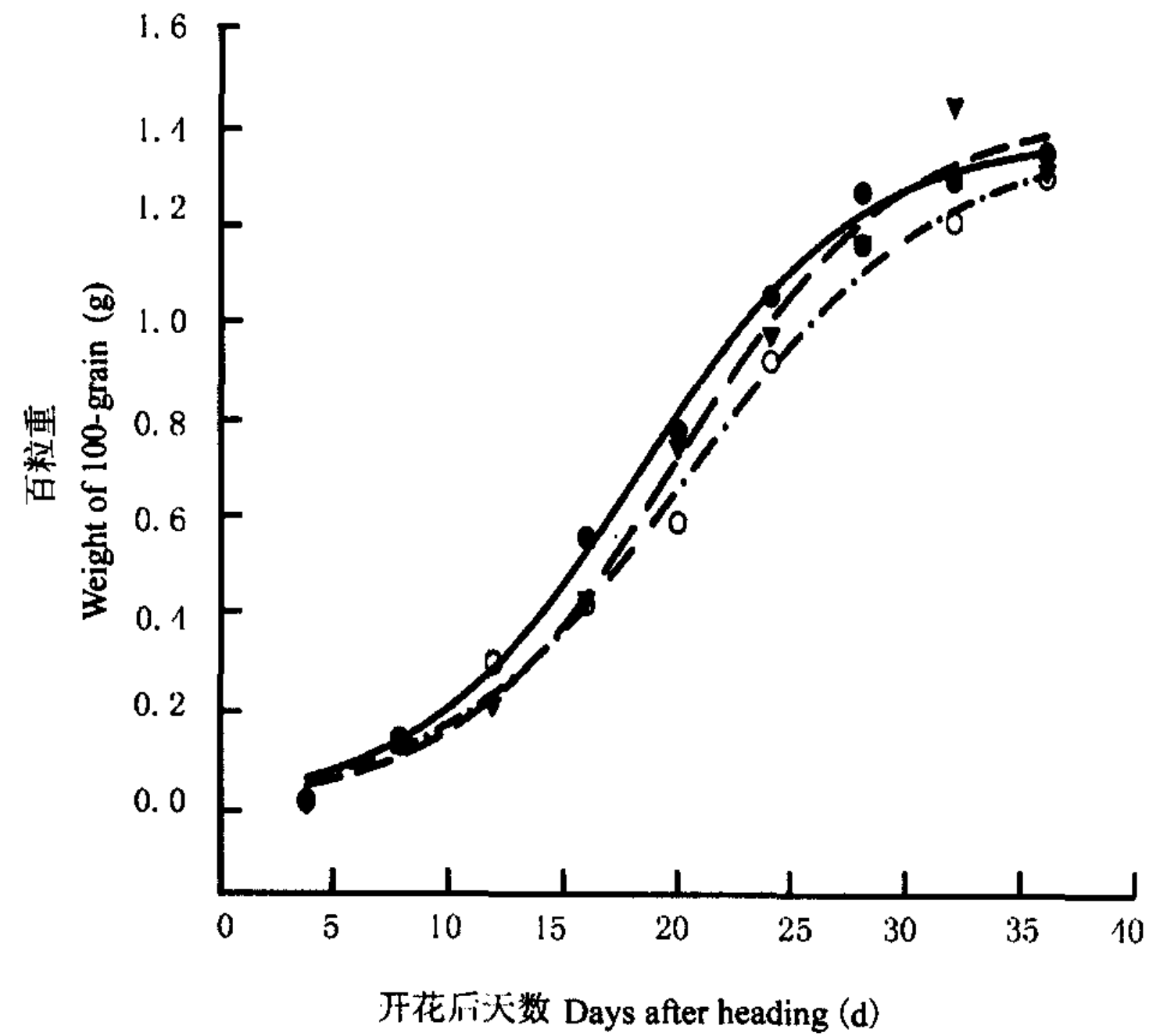


图6 井冈霉素处理对弱势粒增重的影响
Fig.6 Effect of jingganmycin treatment on inferior grain growth

粒重与对照相比没有显著差异（图9）。而吡虫啉处理明显降低了千粒重。低剂量和高剂量处理千粒重分别比对照下降3.88%和9.77%。考种结果与籽粒增重过程相一致。高剂量处理空粒率也比对照高1.84%，低剂量处理相差不大。

3 讨论

过去有关农药对节肢动物（包括有害生物、有益生物）的种种负效应研究较多。而农药对食物网

的起点—植食性昆虫的寄主（作物）的影响研究相对较少。后者不仅在农业生态系中起着关键性作用，而且也是害虫综合治理（IPM）必须要考虑的重要因素，因为寄主植物是食物网的起点，任何影响起点的因子均有可能影响到与之相关联的消费者（害虫）甚至次级消费者（天敌）。最近这方面研究已被引起重视^[4, 5]。已有研究表明农药对作物影响因作物、农药品种、生育期而异。多数农药品种对作物生理生化具有负效应。例如，大豆种植后30 d使用甲基1605和西维因推荐剂量，药后1 d叶片光

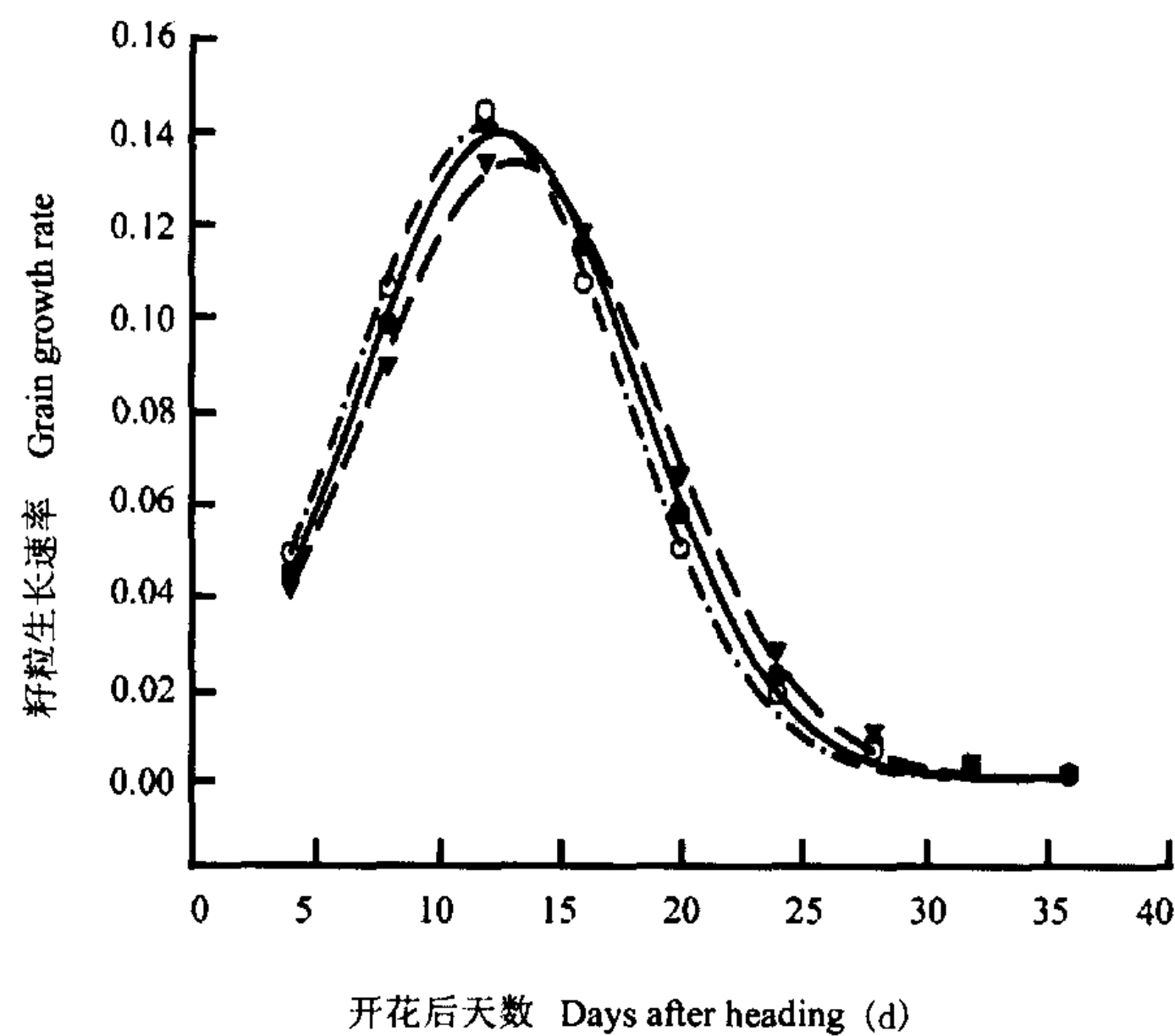


图7 井冈霉素处理对强势粒生长速率的影响

Fig.7 Effect of jingganmycin treatment on superior grain growth rate

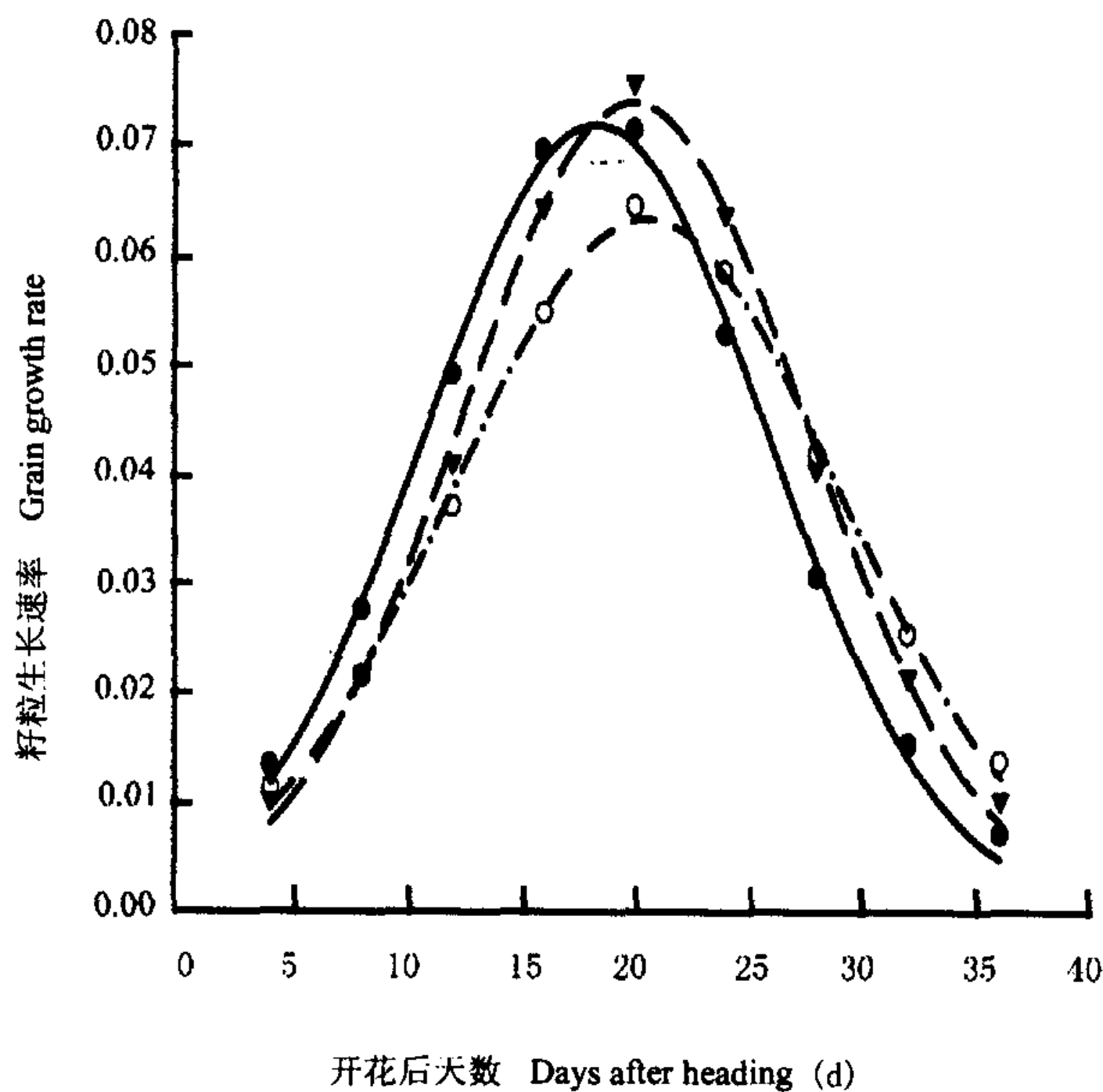
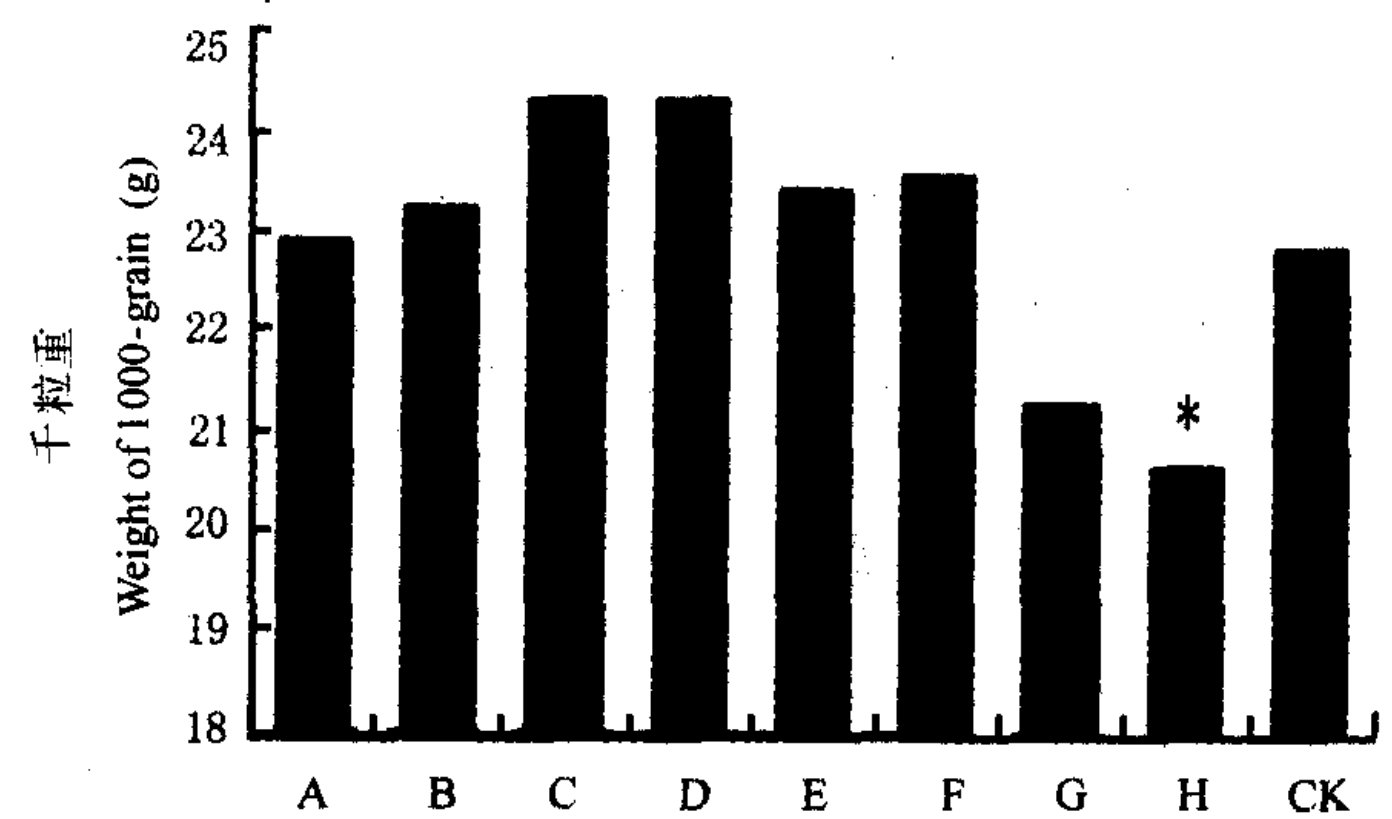


图8 井冈霉素处理对弱势粒生长速率的影响

Fig.8 Effect of jingganmycin treatment on inferior grain growth rate

合作用分别下降24%和20%，但药后3和7d光合作用下降不明显^[1]，在莴笋上使用甲基1605导致叶绿素含量和产量降低^[11]；Wood和Payne报道，9种杀虫剂和4种杀菌剂在核桃树上使用1次，净光合作用下降10%~30%^[2]。一些报道有机磷农药使用后导致棉花^[12]、草莓^[13]、柑橘^[4]光合作用下降。也有少数农药使用后对作物的生长、产量有促进作用。呋喃丹是最典型的作物生长促进剂^[16]。单甲脒在推



A. 三唑酮 75 g·ha⁻¹; B. 三唑酮 150 g·ha⁻¹; C. 井冈霉素 112.5 g·ha⁻¹; D. 井冈霉素 225 g·ha⁻¹; E. 三唑磷 180 g·ha⁻¹; F. 三唑磷 360 g·ha⁻¹; G. 吡虫啉 22.5 g·ha⁻¹; H. 吡虫啉 45 g·ha⁻¹; * 表示与对照相比有显著差异

A. triadlmefon 75 g·ha⁻¹; B. triadlmefon 150 g·ha⁻¹; C. jingganmycin 112.5 g·ha⁻¹; D. jingganmycin 225 g·ha⁻¹; E. triazoplos 180 g·ha⁻¹; F. triazoplos 360 g·ha⁻¹; G. imidacloprid 22.5 g·ha⁻¹; H. imidacloprid 45 g·ha⁻¹. * shows that there was significant difference as compared with control

图9 4种农药处理对千粒重的影响

Fig.9 Effect of 4 pesticides on the weight of 1000 grains of rices

荐浓度 (0.25 ml·L⁻¹) 对大豆植株生长和生理功能有促进作用，总生物量及产量分别增加20%左右，但在 pH < 5 时对叶片有伤害，生理功能被抑制^[9]。

在所测试的农药品种中，有2种农药对水稻生理生化的负效应值得重视和警惕，它们分别是井冈霉素和吡虫啉。据研究井冈霉素 150 g·ha⁻¹，吡虫啉 30 g·ha⁻¹ 在分蘖期喷雾导致水稻叶绿体和光合作用显著下降^[4]。之所以要对这2种农药的负效应引起警惕，是由于这2种农药被公认为对环境友好的农药，易被滥用。不过农药对作物营养生长期生理生化的影响未必都影响作物产量构成。有的影响是短期的。本试验的结果表明井冈霉素在抽穗期使用对水稻籽粒充实有短暂负效应，但对饱和生长量 (K) 及千粒重没有显著影响，这与井冈霉素的效应期较短有关。而吡虫啉则相反，由于其效应期较长，在抽穗期使用显著降低了籽粒生长速率及千粒重。笔者建议在生产上应少用井冈霉素和吡虫啉，它们不仅有上述负效应，井冈霉素和吡虫啉还分别导致褐飞虱和三化螟发生再猖獗^[5, 15]。也有报道吡虫啉刺激螨类生殖^[17]。

在先前的类似研究中吴进才等证实在田间发生害虫时喷药增加了水稻籽粒重量及生长速率^[10]。

这似乎是 IPM 中的两难。其实趋利避害是可能的, 也就是说在田间害虫密度较低时或害虫种群未达到经济损害水平, 应避免使用农药, 特别是对籽粒生长有影响的吡虫啉不应滥用。这原本是 IPM 的策略, 笔者从另一角度进一步支持其策略。

本试验同吴进才等以前研究的结果一致, 害虫为害和农药对水稻弱势粒充实的影响大于对强势粒。这主要是同化物优先分配给强势粒的缘故。因此, 弱势粒在籽粒充实过程中对不利因素较敏感。

References

- [1] Sayed A R, Belal M H, Gupta G. Photosynthesis inhibition of soybean leaves by insecticides. *Environmental Pollution*, 1991, 74: 245-250.
- [2] Wood B, Payne J. Influence of single applications of insecticides on net photosynthesis of pecan. *Horticultural Science*, 1984, 19: 265-266.
- [3] Huckaba R M, Cable H D, Vand J W. Joint effects of acifluorfen applications and soybean thrips feeding on soybean. *Weed Science*, 1988, 36: 667-670.
- [4] 吴进才, 许俊峰, 冯绪猛, 刘井兰, 邱慧敏, 罗时石. 稻田常用农药对三个水稻品种生理生化的影响. *中国农业科学*, 2003, 36 (5): 536-541.
Wu J C, Xu J F, Feng X M, Liu J L, Qiu H M, Luo S S. Impacts of pesticides on physiology and biochemistry of rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(5): 536-541. (in Chinese)
- [5] Wu J C, Xu J X, Yuan S Z, Liu J L, Jiang Y H, Xu J F. Pesticide-induced susceptibility of rice to brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 100: 119-126.
- [6] 袁树忠, 吴进才, 徐建祥, 李国生. 丁草胺等除草剂对水稻生理生化的影响. *植物保护学报*, 2001, 28 (3): 274-278.
Yuan S Z, Wu J C, Xu J X, Li G S. Influences of herbicides on physiology and biochemistry of rice. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2001, 28(3): 274-278. (in Chinese)
- [7] 罗时石, 王泽港, 冯绪猛, 许俊峰, 丁海东, 吴进才, 葛才林, 马飞. 农药对水稻叶片光合产物输出速率影响的示踪动力学研究. *中国农业科学*, 2002, 35 (9): 1 085-1 089.
Luo S S, Wang Z G, Feng X M, Xu J F, Ding H D, Wu J C, Ge C L, Ma F. Study on tracer dynamics of effects of pesticides on export rate of photosynthate of rice leaves. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(9): 1 085-1 089. (in Chinese)
- [8] Haile F J, Peterson R K D, Higley L G. Gas-exchange response of alfalfa and soybean treated with insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 1999, 92(4): 954-959.
- [9] 林舜华, 高雷明, 韩荣庄, 黄银晓, 项斌. 单甲脒农药对大豆—土壤系统的生态影响. *应用与环境生物学报*, 1997, 3 (2): 106-111.
Lin S H, Gao L M, Han R Z, Huang Y X, Xiang B. Ecological effect of N-(2,4-Dimethylphenyl)-N-Methylformamidine hydrochloride (DMAH) pesticide on soybean soil system. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 1997, 3(2): 106-111. (in Chinese)
- [10] 吴进才, 梁家荣, 张凤举, 葛玉林. 水稻 3 种害虫组合侵害及对籽粒生长的影响. *昆虫学报*, 1995, 38 (1): 30-37.
Wu J C, Liang J R, Zhang F J, Ge Y L. Studies on combined infestations of three insect pests and their effects on grain growth of rice. *Acta Entomologica Sinica*, 1995, 38 (1): 130-137. (in Chinese)
- [11] Toscano N C, Sances F V, Johnson M W, Lapre L F. Effect of various pesticides on lettuce physiology and yield. *Journal of Economic Entomology*, 1982, 75: 738-741.
- [12] Youngman R R, Leigh T F, Kerby N C, Toscano N C, Jackson C E. Pesticides and cotton: Effect on photosynthesis, growth and fruiting. *Journal of Economic Entomology*, 1990, 83: 1 549-1 557.
- [13] LaPre L F, Sances F V, Toscano N C, et al. The effect of acaricides on the physiology, growth, and yield of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, 1982, 75: 616-619.
- [14] Jones V P, Youngman R R, Parrella M P. Effect of selected acaricides on photosynthesis rates of lemon and oranges leaves in California. *Journal of Economic Entomology*, 1983, 76: 1 178-1 180.
- [15] 吴进才, 王爱华, 许俊峰, 杨国庆, 邱慧敏, 李东虎. 两种选择性农药的使用对刺激三化螟产卵及水稻生化影响的研究. *中国农业科学*, 2003, 36 (10): 1 163-1 170.
Wu J C, Wang A H, Xu J F, Yang G Q, Qiu H M, Li D H. Studies on stimulating effect of two selective insecticides on the number of egg laid by rice yellow borer, *Tryporyza incertulas* (Walker) and their effects on biochemistry of rice plants. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(10): 1 163-1 170. (in Chinese)
- [16] Mellors W K, Allegro A, Hsu A N. Effects of carbofuran and water stress on growth of soybean plants and twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae) population under greenhouse conditions. *Environmental Entomology*, 13(2): 561-567.
- [17] James D G, Price T S. Fecundity in twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *Journal of Economic Entomology*, 2002, 95(4): 729-732.

(责任编辑 王红艳)