

# 水稻氮磷钾的施肥效应

黄忠财<sup>1</sup>, 范铭丰<sup>2</sup>, 肖起通<sup>2</sup> (1. 泰宁县农业局, 福建三明 354400; 2. 三明市农业局, 福建三明 365000)

**摘要** [目的]为优化泰宁县水稻施肥方案。[方法]在水稻上开展“3414”肥料试验, 研究氮、磷、钾肥施肥效应。[结果]氮、磷、钾3种肥料对水稻产量的影响大小依次为氮>钾>磷。三元二次肥料效应模型拟合表明, 当水稻获得最高产8 949.0 kg/hm<sup>2</sup>时, 氮肥用量为216.0 kg/hm<sup>2</sup>, 氮磷钾配比为1.00:0.42:0.56; 当获得最高经济产量8 913.0 kg/hm<sup>2</sup>时, 氮肥用量为198.0 kg/hm<sup>2</sup>, 氮磷钾配比为1.00:0.45:0.48。[结论]该研究可以用来指导当地水稻施肥。

**关键词** 水稻; 3414 施肥; 效应

**中图分类号** S632 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-11991-03

## Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Rice

HUANG Zhong-cai et al (Taining County Agriculture Bureau, Sanming, Fujian 354400)

**Abstract** [Objective]The research aimed to optimize fertilization technique of rice in Taining County. [Method]The effects of N,P and K on rice were studied through “3414” fertilizer trial. [Result]The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield revealed the following order: nitrogen > potassium > phosphorus. The quadratic polynomial regressive models of fertilization effects were simulated. According to the constructed models, the theoretical nitrogen application rate for gaining maximum yield(8 949.0 kg/hm<sup>2</sup>) was 216.0 kg/hm<sup>2</sup>, and the ratio of nitrogen, phosphorus and potassium was 1.00:0.42:0.56. The theoretical nitrogen application rate for gaining optimal economical yield(8 913.0 kg/hm<sup>2</sup>) was 198.0 kg/hm<sup>2</sup>, and the ratio of nitrogen, phosphorus and potassium was 1.00:0.45:0.48. [Conclusion]The research could provide the guidance for economic fertilization of purple rice production in the local area.

**Key words** Rice; 3414 fertilization; Effect

水稻是泰宁县主要粮食作物之一。通过对种植区农户调查和耕层化验分析, 发现当地农户存在一些盲目施肥、偏施单一品种化肥等现象。这不仅造成肥料浪费, 给粮食安全带来隐患, 而且带来耕地面源污染等问题<sup>[1-3]</sup>。为有效解决存在的问题, 使得施肥更趋向科学、合理, 笔者2009、2010年连续2年在泰宁县水稻种植区安排“3414”田间肥效试验, 研究氮磷钾施肥效应, 为水稻科学配方施肥提供有力依据。

## 1 材料与方

**1.1 土壤** 试验地设在泰宁县新桥乡、大田乡、杉城镇、梅口乡、开善乡、朱口镇、上清乡和下渠乡等8个乡镇, 并且根据土壤肥力情况安排22个“3414”田间肥料试验。选择平坦、肥力均匀的田块, 避开道路、堆肥场所等特殊地块。试验水田耕层土壤养分平均值为: 有机质含量34.7±6.5 g/kg, 碱解氮157±51 mg/kg, 有效磷31.0±10 mg/kg, 速效钾238±80 mg/kg, pH 5.3±0.5。

**1.2 供试材料** 供试水稻品种为D奇宝优527。供试肥料为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%)。

**1.3 试验方法** 试验采用《全国测土配方施肥技术规范》推荐的“3414”设计方案, 即氮磷钾3个因素、4个施肥水平(0、1、2、3)14个处理。4个水平指: 0水平是不施肥水平, 2水平是最佳施肥水平, 1水平施肥量为2水平施肥量的一半(该水平为不足施肥水平), 3水平施肥量为2施肥量水平的1.5倍(该水平为过量施肥水平)<sup>[4]</sup>。

试验小区长约14.3 m, 宽1.4 m, 面积为20.2 m<sup>2</sup>。试验地小区周围设置保护行, 采用单灌、单排。各处理施肥量见表1。

表1 水稻3414实验处理

处理号	代码	施肥量//kg/hm <sup>2</sup>		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
①	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0
②	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	60	135.0
③	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	90	60	135.0
④	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	180	0	135.0
⑤	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	180	30	135.0
⑥	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	180	60	135.0
⑦	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	180	90	135.0
⑧	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	180	60	0
⑨	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	180	60	67.5
⑩	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	180	60	202.5
⑪	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	270	60	135.0
⑫	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	90	30	135.0
⑬	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	90	60	67.5
⑭	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	180	30	67.5

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥水平增产效果** 从表2可以得出, 全施肥区(处理⑥)平均产量为9 058.5 kg/hm<sup>2</sup>, 空白区(处理①)平均产量为6 937.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率为23.42%, 说明科学施肥对水稻产量具有明显的增产效果。缺氮区(处理②)、缺磷区(处理④)和缺钾区(处理⑧)平均产量分别为7 465.5、8 200.5和8 119.5 kg/hm<sup>2</sup>, 分别为全施肥区(处理⑥)产量的82.42%、90.52%和89.63%。

当磷、钾二因素固定在2水平, 水稻在4个不同氮肥施肥水平时产量结果显示处理③、处理⑥和处理⑪水稻平均产量分别比处理②增产5.74%、21.33%和11.04%。当氮、钾二因素固定在2水平, 水稻在4个不同磷肥施肥水平时产量结果显示处理⑤、处理⑥和处理⑦水稻平均产量分别比处理④增产1.31%、10.47%和8.04%。当磷、氮二因素固定在2水平, 水稻在4个不同钾肥施肥水平时产量结果显示处理

⑨、处理⑥和处理⑩水稻平均产量分别比处理⑧增产 3.75%、11.57%和4.43%。

表2 水稻田间试验产量

编号	处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	kg/hm <sup>2</sup>
①	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6 235.5	8 994.0	6 378.0	6 750.0	7 282.5	7 245.0	6 361.5	7 693.5	8 521.5	6 214.5	6 750.0	
②	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	4 729.5	9 013.5	6 666.0	7 480.5	8 293.5	7 876.5	6 564.0	8 010.0	9 061.5	7 387.5	6 511.5	
③	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	6 664.5	9 618.0	7 266.0	7 674.0	8 364.0	8 047.5	7 950.0	8 143.5	9 868.5	7 665.0	6 735.0	
④	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	7 095.0	9 625.5	8 128.5	7 920.0	8 800.5	9 070.5	7 972.5	8 640.0	9 874.5	7 846.5	7 005.0	
⑤	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	6 468.0	9 961.5	8 349.0	8 352.0	8 800.5	9 135.0	6 505.5	8 865.0	10 011.0	7 956.0	6 693.0	
⑥	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	7 120.5	9 804.0	8 694.0	9 135.0	9 556.5	9 613.5	8 776.5	9 585.0	10 429.5	8 944.5	8 313.0	
⑦	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	7 120.5	10 093.5	9 120.0	9 007.5	9 460.5	9 007.5	8 428.5	9 510.0	9 330.0	8 775.0	8 380.5	
⑧	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	6 160.5	9 772.5	8 055.0	8 308.5	9 076.5	8 269.5	7 900.5	8 313.0	8 557.5	8 094.0	7 473.0	
⑨	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	6 675.0	10 324.5	8 122.5	8 623.5	9 505.5	8 743.5	6 447.0	8 736.0	8 988.0	8 265.0	7 659.0	
⑩	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	6 019.5	9 780.0	8 215.5	8 431.5	9 391.5	8 359.5	7 356.0	8 971.5	8 883.0	8 932.5	7 527.0	
⑪	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	7 525.5	9 621.0	7 699.5	7 884.0	9 154.5	8 116.5	7 566.0	8 542.5	8 619.0	8 197.5	7 399.5	
⑫	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	6 907.5	9 187.5	7 837.5	8 119.5	8 826.0	7 999.5	7 732.5	8 407.5	8 178.0	7 815.0	7 608.0	
⑬	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	7 396.5	9 460.5	7 627.5	8 322.0	8 781.0	8 028.0	7 312.5	8 454.0	8 425.5	8 040.0	7 650.0	
⑭	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	7 174.5	1 0434.0	7 732.5	7 935.0	9 015.0	7 947.0	7 624.5	8 541.0	8 326.5	8 242.5	7 600.5	
编号	处理	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
①	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6 636.0	6 937.5	5 764.5	5 914.5	6 669.0	7 965.0	6 300.0	7 326.0	6 250.5	7 189.5	7 231.5	
②	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	7 065.0	7 611.0	6 783.0	7 276.5	7 008.0	8 373.0	7 350.0	8 224.5	7 000.5	8 208.0	7 759.5	
③	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	7 068.0	7 824.0	6 984.0	7 381.5	7 390.5	8 356.5	7 918.5	8 685.0	7 699.5	8 518.5	7 866.0	
④	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	7 180.5	8 004.0	7 564.5	7 567.5	7 519.5	8 472.0	7 962.0	8 730.0	7 600.5	8 931.0	8 890.5	
⑤	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	7 423.5	8 217.0	7 713.0	7 938.0	7 821.0	8 706.0	8 650.5	8 859.0	7 299.0	9 214.5	9 822.0	
⑥	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	8 508.0	8 571.0	9 136.5	8 620.5	8 637.0	9 811.5	8 976.0	9 630.0	7 803.0	9 225.0	10 396.5	
⑦	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	8 515.5	8 173.5	8 893.5	8 343.0	8 389.5	9 139.5	8 952.0	9 646.5	7 549.5	9 225.0	9 852.0	
⑧	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	8 224.5	7 812.0	8 023.5	7 992.0	7 939.5	8 799.0	7 846.5	7 617.0	6 900.0	8 554.5	8 926.5	
⑨	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	8 470.5	7 666.5	8 745.0	8 800.5	7 945.5	8 871.0	8 644.5	8 595.0	7 302.0	8 842.5	9 336.0	
⑩	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	8 224.5	7 845.0	8 982.0	8 800.5	8 037.0	8 826.0	8 751.0	8 992.5	7 650.0	9 091.5	9 466.5	
⑪	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	8 047.5	7 629.0	9 126.0	8 179.5	7 806.0	8 487.0	8 598.0	8 685.0	7 450.5	8 755.5	9 303.0	
⑫	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	8 121.0	7 729.5	8 728.5	7 912.5	7 714.5	8 868.0	8 334.0	8 335.5	7 099.5	8 370.0	8 835.0	
⑬	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	8 221.5	7 611.0	8 511.0	7 777.5	7 378.5	9 294.0	8 418.0	8 427.0	6 897.0	7 902.0	8 427.0	
⑭	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	7 945.5	7 657.5	8 425.5	7 647.0	7 573.5	8 518.5	8 109.0	8 518.5	6 750.0	8 190.0	8 586.0	

结果表明,水稻产量随着氮、磷、钾肥施用量的增加而增加,氮、磷、钾肥施用量达到一定限度后,水稻增产的效果不明显。在氮磷钾因素中,水稻产量对氮肥最敏感,增产效果最明显。氮、磷、钾3种肥料对水稻产量的影响大小依次为氮>钾>磷。

**2.2 三元二次肥料效应拟合** 以  $N_m P_n K_i (m, n, i = 0 \sim 3)$  的编码值为自变量,以各处理组合的产量为因变量,进行逐步回归分析,得到三元二次肥料效应方程:

$$Y = 6\ 931.065 + 754.395N - 25.035P + 529.065K + 155.07NP + 38.43NK - 75.51PK - 261.555N^2 + 34.23P^2 - 106.98K^2$$

$F = 12.04 > F_{0.05}$ ,得到肥料效应函数后,设定N、P、K的步长为0.2,水平分别为0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0共16级,三因素共有 $16^3 = 4\ 096$ 个方案,获得水稻最高产量为8 949.0 kg/hm<sup>2</sup>,施肥量码值比(N:P:K)为2.4:3.0:1.8,即氮肥(N)的施用量为216 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为90.0 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥(K<sub>2</sub>O)为121.5 kg/hm<sup>2</sup>,肥料氮磷钾配比为1.00:0.42:0.56。

按照水稻价格4元/kg以及肥料价格氮肥(N)5.3元/kg、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)5.5元/kg、钾肥(K<sub>2</sub>O)6.0元/kg计算,获得水稻最佳经济产量为8 913.0 kg/hm<sup>2</sup>,施肥量码值比(N:P:K)为2.2:3.0:1.4,即氮肥(N)的施用量为198.0 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为90.0 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥(K<sub>2</sub>O)为94.5 kg/hm<sup>2</sup>,肥料氮磷钾配比为1.00:0.45:0.48。

### 3 结论

(1)泰宁县试验地土壤种植水稻基础肥力的平均产量是全施肥区产量的76.59%,氮磷钾肥效依次为氮>钾>磷。水稻产量随着氮、磷、钾肥施用量的增加而增加,但是氮、磷、钾肥施用量达到一定限度后,水稻增产的效果不明显。

(2)以氮、磷、钾配合施用,氮肥、磷肥、钾肥施用量分别为216、90.0、121.5 kg/hm<sup>2</sup>,获得水稻最高产量为8 949.0 kg/hm<sup>2</sup>,肥料氮磷钾配比为1.00:0.42:0.56;氮肥、磷肥、钾肥的施用量分别为198.0、90.0、94.5 kg/hm<sup>2</sup>,获得水稻最佳经济产量为8 913.0 kg/hm<sup>2</sup>,肥料氮磷钾配比为1.00:0.45:0.48。

## 参考文献

- [1] 刘明池,陈殿奎. 氮肥用量与黄瓜产量和硝酸盐积累的关系[J]. 中国蔬菜,1996(3):26-28.
- [2] 黄绍文,金继运. 农田土壤养分平衡状况及其评价的试点研究[J]. 土壤肥料,2000(6):14-19.
- [3] 王恒,金圣爱,李俊良,等. 山东寿光日光温室番茄磷钾肥效研究[J]. 中国蔬菜,2009(8):48-53.
- [4] 邓孝祺. 莴苣测土配方施肥“3414”试验初报[J]. 农业科技通讯,2013

(8):106-109.

- [5] 杨培权,李惠珍,漆光成,等. 氮磷钾肥配施对水稻增产效果的研究[J]. 湖南农业科学,2013(13):38-39.
- [6] 张国印,茹淑华,孙世友,等. 长期施用氮磷钾肥对褐土土壤肥力及作物产量的影响[J]. 华北农学报,2013(3):217-221.
- [7] 范松,周琛. 巢湖市单季稻“3414”肥料效应研究[J]. 园艺与种苗,2012(5):1-3,17.

(上接第 11951 页)

诱变的材料,其不分化剂量为 50~60 Gy,半剂量为 15~20 Gy,适宜辐射诱变的剂量为 10~20 Gy,半致死剂量为 25 Gy<sup>[28]</sup>。高健等研究发现,<sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照中国漳州水仙鳞茎能引起水仙多方位的诱变。具体表现为,辐射能使水仙株型矮化、紧凑,不倒伏,叶色翠绿,花期延长,副冠金黄色加深,花大色艳,绿草和黄色副冠衬托白色花被片更显和协典雅,大大提高了观赏价值<sup>[29]</sup>。强继业等用<sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照处理天竺葵、观赏椒种子时发现,<sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射能提高天竺葵的发芽率,但辐照后幼苗的生长明显受到抑制;<sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射虽对观赏椒的发芽率不产生影响,但同样能抑制观赏椒幼苗的生长<sup>[30]</sup>。刘彦中等用不同剂量<sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐射处理长寿花得出,50 Gy 的辐照剂量下叶片中可溶性糖含量最高,当辐照剂量大 90 Gy 时淀粉含量显著下降;30~50 Gy 的辐照剂量内,蛋白质含量随辐照剂量的加大而增加,50 Gy 时达最高点;不同辐照处理下光合色素含量也有变化<sup>[31]</sup>。

## 3 结论与讨论

随着核辐射诱变育种技术的日趋成熟,核辐射诱变育种技术在花卉育种中被大量应用,但相比国外的一些发达国家,我国的核辐射诱变育种技术应用还相对落后。近几年虽然有一些关于花卉核辐射诱变育种的报道,但观其研究主要还是针对我国的几种著名花卉,如月季、牡丹、菊花、水仙、梅花、兰花等几种花卉,而针对其他观赏性植物诱变育种的鲜有报道。因此,今后辐射诱变育种技术不能仅限于几种特色花卉,要扩大辐射诱变育种的应用范围。此外,诱变辐射的辐照源不能及仅限于<sup>60</sup>Co- $\gamma$ ,应该尝试采用新的辐照源,如电子束、中子、紫外光和激光等。

## 参考文献

- [1] MULLER H J. X-ray induced mutation of *Drosophila virilis* [J]. Science, 1927,66:84-87.
- [2] 沈守江. 核辐射农业应用研究的进展与发展战略[J]. 浙江农业学报,1995(7):494-498.
- [3] 胡燕. 孔雀草自交系、雄性不育系的选育及杂交育种[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [4] FAO/IAEA. Induced Mutation in Plant [M]. IAEA,1969.
- [5] MALUSZYNSKI M. Application of in vivo and in vitro mutation techniques for crop improvement[J]. Euphytica,1995,85:303-315.
- [6] 赵孔南,陈秋方. 植物辐射遗传育种研究进展[M]. 北京:原子能出版社,1990:3-4.
- [7] 金清波. 作物育种知识讲座[J]. 生物学通报,1996,31(1):28-31.
- [8] KARIHALOO J L. Variation in the karyotype of three cultivars of *Narcissus*

- tazetta* L [J]. Genetica,1987,73(3):217-221.
- [9] LIU L, VAN ZANTEN L, SHU Q Y, et al. Officially released mutant varieties in China[J]. Mutation Breeding Review,2004,14:1-62.
- [10] NAGATOMI S, MIYAHARA E, DEGI K, et al. Induction of flower mutation comparing with chronic and acute gamma irradiation using tissue culture techniques in *Chrysanthemum morifolium* Ramat [J]. Acta Horticulturae, 2000,508:69-73.
- [11] 高年春,将贤权,房伟民,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射对非洲菊组培苗苗期生长的影响[J]. 广东农业科学,2007(12):40-42.
- [12] JERZY M, ZALEWSKA M. Polish cultivars of *Dendranthema grandiflora* Tzvelev and *Gerbera jamesonii* Bolus bred in vitro by induced mutations [J]. Mutation Breeding Newsletter,1996,42:19.
- [13] 王晶,刘录祥,赵世荣,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线对菊花组培苗的诱变效应[J]. 农业生物技术学报,2006,14(2):241-244.
- [14] 洪亚辉,朱兆海,黄磺,等. 菊花组织培养与辐射诱变的研究[J]. 河南农业大学学报:自然科学版,2003,29(6):457-461.
- [15] 李宏彬,黄建昌,廖海坤. 菊花辐射育种研究初报[J]. 广东园林,2002(1):35-37.
- [16] 郭安熙,范家霖,杨保安,等. 菊花花色辐射诱变研究[J]. 核农学报,1997,11(2):65-73.
- [17] 齐孟文,王化国. 我国花卉辐射育种的进展和剖析[J]. 核农学通报,1997,18(6):288-290.
- [18] 彭绿春,黄丽萍,余朝秀,等. 四种兰花辐射育种研究初报[J]. 云南农业大学学报,2007,22(3):332-336.
- [19] 陈秀兰,孙叶,包建忠,等. 君子兰辐射诱变育种研究初报[J]. 江苏农业科学,2006(6):226-228.
- [20] 杨静坤,黄丽萍,唐敏,等. 碧玉兰试管植株辐射诱变初探[J]. 现代园艺,2008(10):6-8.
- [21] 潘宏. 兰花辐射诱变与组织培养技术初步研究[D]. 福州:福建农林科技大学,2008.
- [22] 强继业,陈宗瑜,李佛琳,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照对球根海棠、蝴蝶兰生长及 SOD 和 CAT 活性影响[J]. 种子,2004,23(4):8-10.
- [23] 刘军丽,沈红香,高遐红,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射对苹果属观赏海棠诱变效应的研究初报[J]. 中国农学通报,2009,25(8):223-226.
- [24] 刘丽强,刘军丽,张杰,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射对观赏海棠组培苗的诱变效应[J]. 中国农业科学,2010,43(20):4255-4264.
- [25] 张兴,唐焕伟,车代第. 丰花月季<sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射育种研究及后代变异的初步分析[J]. 国土与自然资源研究,2010(3):73-74.
- [26] 李惠芬,陈尚平,李倩中,等. 月季的辐照育种及其新品种霞晖[J]. 江苏农业科学,1997(3):50-51.
- [27] 孙利娜. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照百合诱变育种研究[D]. 南京:南京林业大学,2009.
- [28] 庄晓英,卢钢,汪志平,等. 中国水仙离体诱变研究[J]. 核农学报,2006,20(1):32-35.
- [29] 高健. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照中国水仙的诱变效应和机理研究[D]. 北京:北京林业科学研究院,2000.
- [30] 强继业,夏更寿,王海荣,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照处理对天竺葵、观赏椒种子发芽率及幼苗的影响[J]. 种子,2005,24(8):21-23.
- [31] 刘彦中,吴道慧,王忠跃,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐射对长寿花某些生理指标的影响[J]. 安徽农业科学,2006,34(20):5205-5207.
- [32] 罗海燕,吕长平,李政泽,等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射对非洲菊愈伤组织、茎尖和组培苗的辐射效应[J]. 湖南农业科学,2013(6):14-15.