

# 水肥耦合对生菜产量的影响研究

徐 岩, 于海业, 张 蕾

(吉林大学 生物与农业工程学院, 工程仿生教育部重点实验室, 吉林 长春 130025)

**摘 要:**采用 4 因素 5 水平二次回归通用旋转组合试验设计, 研究了氮、磷、钾和灌水量的耦合效应对日光温室生菜的影响。结果表明: 4 因素对生菜产量影响顺序是磷肥 > 氮肥 > 灌水量 > 钾肥; 各因素之间存在交互作用, 其中氮肥和磷肥、钾肥和灌水量的交互作用显著; 经过计算机模拟, 得到生菜高产的最适水肥管理措施。每公顷施氮量为 467.9~586.5 kg、施磷量为 510.5~622.3 kg、施钾量为 156.0~221.5 kg 和生菜生长期内累计灌水量为 543.2~668.4 m<sup>3</sup>。

**关键词:**生菜; 水肥耦合; 产量; 日光温室

**中图分类号:**S 636.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)04-0001-05

水、肥是作物生长发育不可或缺的重要因子, 二者互相影响、互相制约。传统的蔬菜生产是“大水大肥, 不用问人”的粗放式水肥管理模式, 导致设施蔬菜产量低、品质劣, 土壤盐分增加、酸化加重, 土壤可持续生产能力下降<sup>[1-2]</sup>。因地制宜调节水分和肥料, 使其处于合理范围, 达到“以水促肥”和“以肥调水”的目的, 对节约水肥资源和保护环境具有重要的意义。近年来, 国内对设施作物的水肥耦合技术进行了深入的研究, 但大多集中在果蔬类蔬菜上, 如黄瓜、番茄、辣椒等, 并取得了较多的成果<sup>[3-6]</sup>, 而对叶菜类蔬菜的水肥耦合效应研究较少。生菜(*Lactuca sativa* L.) 是叶菜类蔬菜的典型代表, 现通过对温室条件下不同水肥组合对生菜产量的影响进行研究, 以期探讨生菜生长发育的适宜水肥条件, 对日光温室生菜高效优质生产具有重要的指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验于 2008 年 4~5 月在吉林大学生物与农业工程学院日光温室内进行。土壤 pH 6.7, 有机质含量为 19.2 g/kg, 碱解氮 70.2 mg/kg, 速效磷为 46.7 mg/kg, 速效钾为 62.6 mg/kg。

### 1.2 试验材料

所选生菜品种为“美国大速生”叶类生菜。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计 试验以施 N 量( $x_1$ )、施 P 量( $x_2$ )、施

K 量( $x_3$ )和灌溉量( $x_4$ ) 4 个因子为试验因素, 采用 4 因素 5 水平(1/2 实施)二次回归通用旋转设计<sup>[7]</sup>。2008 年 3 月 20 日播种, 4 月 10 日定植在营养钵, 2008 年 4 月 25 日生菜 6 叶时移栽入日光温室中小区, 定植密度为株距 30 cm, 行距 40 cm。试验设置 20 个小区, 小区面积为 1.0 m×0.8 m, 每个小区四周均以塑料相隔以防水分侧漏。各小区按表 1 肥料用量将肥料施入土壤中(N 肥 1/3 基肥, 2/3 分 2 次追施, P、K 肥作为基肥 1 次施入), 每隔 8 d 灌水 1 次, 生菜生长期共灌水 4 次。

1.3.2 施用肥料 试验所用尿素含 N 为 46.0%; 过磷酸钙含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 20.0%, 硫酸钾含 K<sub>2</sub>O 为 42.0%。

表 1 生菜生长期水肥试验因素水平编码

Table 1 The different rate coding value of examination factor on lettuce

水平编码	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
Level code	/kg · hm <sup>-2</sup>	/kg · hm <sup>-2</sup>	/kg · hm <sup>-2</sup>	/m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup>
-1.682	0	0	0	200
-1	150	150	62.5	320
0	375	375	150	500
1	600	600	237.5	680
1.682	750	750	300	800

## 2 结果与分析

### 2.1 生菜产量目标函数数学模型的建立与检验

试验获得不同水肥处理的生菜产量结果见表 2。将产量作为目标函数, 运用二次回归通用旋转组合设计计算程序, 求出生菜产量( $y$ )对施氮量( $x_1$ )、施磷量( $x_2$ )、施钾量( $x_3$ )和灌水量( $x_4$ )的回归模型:

$$y = 37\ 588.74 + 1\ 780.39x_1 + 3\ 168.77x_2 + 637.87x_3 + 1\ 431.44x_4 + 2\ 231.50x_1x_2 - 297.50x_1x_3 - 466.81x_1x_4 - 466.81x_2x_3 - 297.50x_2x_4 + 2\ 231.50x_3x_4 - 948.16x_1^2 - 946.40x_2^2 + 1\ 950.51x_3^2 + 1\ 300.49x_4^2 \quad (1)$$

通过方差分析,  $F_{\text{失拟}} = 1.75 < F_{0.1}(2, 3) = 5.46$ , 未知

第一作者简介: 徐岩(1974-), 女, 在读博士, 讲师, 研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: xuyan@jlu.edu.cn。

基金项目: 吉林省科技计划重点资助项目(20080246)。

收稿日期: 2010-12-10

因素对试验的影响很小,可以忽略; $F=12.78>F_{0.01}(14, 5)=9.77$ ,方程回归达到极显著水平, $F$ 检验表明产量与各因子拟合很好,反映生菜在生长期施肥量和灌水量对其产量的影响,模型的预测值和实际值吻合较好,故可以采用此模型进行生菜产量的预报。回归系数检验结果表明,氮、磷、钾和灌水量各因子都对生菜产量有一定的影响,其中施氮量与施磷量的一次项,施氮量与施磷量和施钾量与灌水量的交互项,施钾量与灌水量的二次项,都对生菜产量有明显影响,都达到显著水平。

表2 试验方案与不同水肥处理的生菜产量结果

Table 2 Experiment scheme and output of each treatment on lettuce

处理号 NO.	处理变量值 The variation value of treatment				y /kg·hm <sup>-2</sup>
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	
1	-1	-1	-1	-1	33 099.75
2	-1	-1	1	1	37 240.25
3	-1	1	-1	1	41 642.50
4	-1	1	1	-1	36 898.25
5	1	-1	-1	1	36 363.25
6	1	-1	1	-1	32 296.25
7	1	1	-1	-1	46 814.50
8	1	1	1	1	47 897.75
9	-1.682	0	0	0	31 839.25
10	1.682	0	0	0	37 680.25
11	0	-1.682	0	0	32 082.25
12	0	1.682	0	0	37 447.25
13	0	0	-1.682	0	39 297.75
14	0	0	1.682	0	46 610.00
15	0	0	0	-1.682	39 477.00
16	0	0	0	1.682	42 755.75
17	0	0	0	0	39 567.50
18	0	0	0	0	36 398.25
19	0	0	0	0	37 355.75
20	0	0	0	0	37 534.75

注:表中“-1.682,-1.0,1,1.682”代表各因子不同水平的编码值。

Note: In the table 2 “-1.682,-1.0,1,1.682” stand for different coding value of every single factor.

## 2.2 各因素及其交互作用与生菜产量之间的关系

2.2.1 主效应分析 由于设计中各因素均经无量纲线性编码处理,且各一次项回归系数与交互项、平方项的回归系数间都是不相关的,不受因素取值的大小和单位的影响,即已经标准化,可以由回归系数绝对值的大小,来直接比较各因素一次项对生菜产量的影响。因此,由数学模型中回归系数绝对值大小顺序是  $x_2 > x_1 > x_4 > x_3$ , 可得出该试验中各因素对产量影响的顺序为磷>氮>灌水量>钾,可见磷肥和氮肥对产量的影响较大,表现出显著正效应。在通用旋转设计中,二次项回归系数间是相关的,不能直接由它们的绝对值大小来比较二次项作用的大小。

2.2.2 单因素效应对生菜产量影响的分析 将回归模型(1)中的钾、磷、氮、灌水量4因子中的3个固定在零水平,求得单因素对产量的偏回归子模型,并获得各因子

在不同水平下的产量预测值(见表3)。施氮量是影响生菜产量的重要因子之一,将其它因子固定在0水平时施氮量与生菜产量间的回归方程为:

$$y=37\ 588.74+1\ 780.39x_1-948.16x_1^2 \quad (2)$$

当其它因子为0水平时,施氮量为-1.682~1水平时,生菜产量随施氮量的增加而升高,施氮量为1~1.682水平时,生菜产量随施氮量的增加却呈下降趋势(表3和图1)。由此可见,适当的施用氮肥有利于生菜产量的提高,多施或少施氮肥均将使产量降低。通过对方程(2)

求导可知:  $\frac{dy}{dx_1}=1\ 780.39-1\ 896.32x_1$ 。可知,当  $x_1=0.939$  水平为最适宜施氮量,此时氮肥用量为 586.28 kg/hm<sup>2</sup>,产量为最大值 38 415.18 kg/hm<sup>2</sup>。施磷肥也是影响生菜产量的重要因子,将其它因子固定在0水平时,施磷量与生菜产量间的回归方程为:

$$y=37\ 588.74+3\ 168.77x_2-946.40x_2^2 \quad (3)$$

表3 各单因素不同水平的产量值

Table 3 Yield of different treatment of single factor

编码值 Coding value	氮肥 /kg·hm <sup>-2</sup>	磷肥 /kg·hm <sup>-2</sup>	钾肥 /kg·hm <sup>-2</sup>	灌水量 /m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup>
-1.682	31 911.66	29 581.39	42 034.08	38 860.31
-1	34 860.19	33 473.57	38 901.38	37 457.79
0	37 588.74	37 588.74	37 588.74	37 588.74
1	38 420.97	39 811.11	40 177.12	40 320.67
1.682	37 900.89	40 241.13	44 179.87	43 675.67

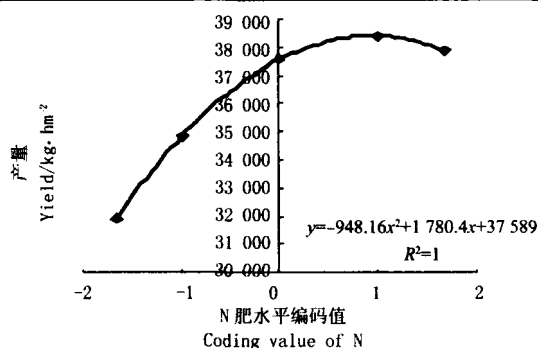


图1 氮肥用量对生菜产量的影响

Fig. 1 Effect of N application amount on lettuce output

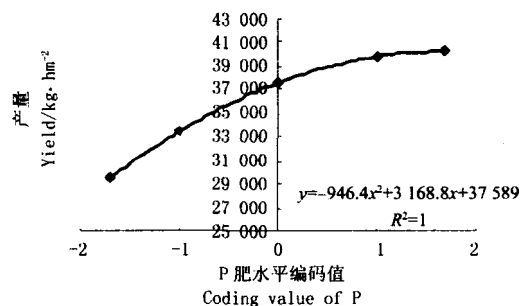


图2 磷肥用量对生菜产量的影响

Fig. 2 Effect of P application amount on lettuce output

由图2和表3可知,当施磷量为-1.682~1水平时,生菜产量随施磷量的增加而升高,施磷量为1~

1.682 水平时,生菜产量随施磷量的增加却呈下降趋势。

通过方程(3)求导可得:  $\frac{dy}{dx_2} = 3\,168.77 - 1\,892.80x_2$ , 可

知,在  $x_2 = 1.674$  水平时为最适宜施磷量,此时氮肥用量为  $751.65\text{ kg/hm}^2$ ,产量的最大值为  $40\,241.19\text{ kg/hm}^2$ 。施钾量是生菜生长的主要因子。当其它因子固定在 0 水平时,施钾量与生菜产量间的回归方程为:

$$y = 37\,588.74 + 637.87x_3 + 1\,950.51x_3^2 \quad (4)$$

由图 3 和表 3 可知,当施钾量在  $-1.682 \sim 0$  水平时,生菜产量随着施钾量的增加却呈下降趋势,施钾量在  $0 \sim 1.682$  水平时,生菜产量随着施钾量的增加而升高。通过对方程(4)求导可知:

$\frac{dy}{dx_3} = 637.87 + 3\,901.02x_3$ , 可知,当

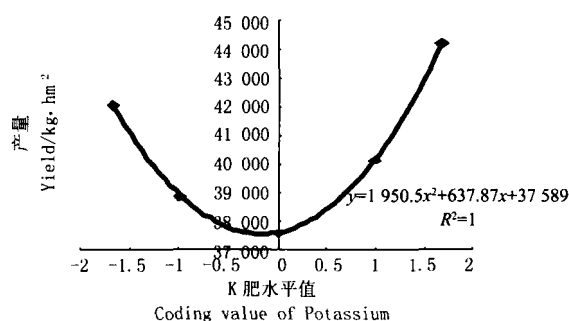


图 3 钾肥用量对生菜产量的影响

Fig. 3 Effect of K application amount on lettuce output

### 2.2.3 水肥因子的交互效应对生菜产量的影响分析

试验中 4 因子之间对产量的影响有交互耦合作用,其中氮和磷、钾和灌水量均表现出正交互效应,氮和钾,灌水量、磷和钾,灌水量为负交互作用。各交互项系数经过  $t$  值检验,其中氮与磷,钾与灌水量的交互作用效果显著。将钾和灌水量 2 因素固定在零水平上,得到氮和磷的交互作用方程:  $\hat{y}_1 = 37\,588.74 + 1\,780.39x_1 + 3\,168.77x_2 + 2\,231.50x_1x_2 - 948.16x_1^2 - 946.40x_2^2$  (6)。

将  $x_1, x_2$  的各个水平的编码值代入方程(6),计算各个  $\hat{y}_1$  值,结果如表 4 所示。由表 4 可知,当施钾量和灌水量在

$x_3 = -0.164$  水平时,钾肥的施用量为  $135.65\text{ kg/hm}^2$ ,生菜产量达到了极小值  $37\,536.59\text{ kg/hm}^2$ 。水分是生菜生长的必需要素。当其它因子都处于 0 水平时灌水量与生菜产量间的回归方程为:

$$y = 37\,588.74 + 1\,431.44x_4 + 1\,300.49x_4^2 \quad (5)$$

从图 4 和表 3 得知,当灌水量为  $-1.682 \sim 0$  水平时,生菜产量随着灌水量的增加却降低,灌水量为  $0 \sim 1.682$  水平时,产量随着灌水量的增加而升高。通过对方程(5)

求导可得:  $\frac{dy}{dx_4} = 1\,431.44 + 2\,600.98x_4$ , 故  $x_4 = -0.530$

水平,灌水量为  $401.0\text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{次}^{-1}$  时,产量的极小值为  $37\,194.85\text{ kg/hm}^2$ 。

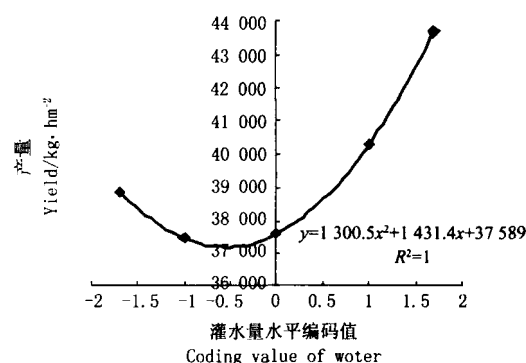


图 4 灌水量对生菜产量的影响

Fig. 4 Effect of irrigation water amount on lettuce output

0 水平,即施钾量  $150\text{ kg/hm}^2$ 、灌水量为  $500\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,施氮量和施磷量都在 1.682 水平,即施氮肥为  $750\text{ kg/hm}^2$ ,施磷肥为  $750\text{ kg/hm}^2$  时,生菜的产量最高,为  $46\,866.47\text{ kg/hm}^2$ ;而当氮肥在 1.682 水平,磷肥在  $-1.682$  水平时,生菜产量最低,为  $23\,580.35\text{ kg/hm}^2$ 。当施磷量固定,在低水平时,随着施氮量的增加,产量先增加后降低;在高水平时,随着施氮量的增加,产量增加,而且增加幅度较大;当施磷量固定,在低水平时,随着施磷量的增加,产量先增加后降低;在高水平时,随着施磷量的增加,产量逐渐增加,而且增加幅度也较大。

表 4

Table 4

施氮肥和磷肥对生菜产量的交互效应分析

Interaction analysis on lettuce output between N and P

$x_1$	$x_2$	施磷量 Amount of P					统计参数 Statistics parameter		
		-1.682	-1	0	1	1.682	$\bar{y}$	s	cv(%)
施氮量 Amount of N	-1.682	30 217.50	31 549.87	31 911.66	30 380.65	28 250.86	30 462.11	1 435.32	4.71
	-1	30 606.22	32 976.52	34 860.19	34 851.06	33 759.20	33 410.64	1 757.18	5.26
	0	29 581.39	33 473.57	37 588.74	39 811.11	40 241.13	36 139.19	4 542.04	12.57
	1	26 660.23	32 074.30	38 420.97	42 874.84	44 826.74	36 971.42	7 565.71	20.46
	1.682	23 580.35	30 032.34	37 900.89	43 876.65	46 866.47	36 451.34	9 651.13	26.48
统计参数 Statistics parameter	$\bar{y}$	28 129.14	32 021.32	36 136.49	38 358.86	38 788.88			
	s	2 977.22	1 341.88	2 734.92	5 676.83	7 748.55			
	cv(%)	10.58	4.19	7.57	14.80	19.98			

从表4还可看出,在施氮肥的不同水平下,随着磷肥的增加,产量改变的变异度不同,呈先降低后增加的变化趋势。在施磷肥的不同水平下,产量改变的变异度有同样的变化规律。将氮和磷2因素都固定在零水平上,钾和灌水量的交互作用方程为: $\hat{y}=37\,588.74+637.87x_3+1\,431.44x_4+2\,231.50x_3x_4+1\,950.51x_3^2+1\,300.49x_4^2$ (7)。将 $x_3, x_4$ 的各个水平的编码值代入方程(7),计算各个 $\hat{y}_i$ 值,结果如表5所示。由表5可看出,施氮量是375 kg/hm<sup>2</sup>,

施磷量是375 kg/hm<sup>2</sup>(皆是0水平)、施钾量为300 kg/hm<sup>2</sup>,灌水量800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(都是1.682水平)时,生菜的产量最高,为56 579.99 kg/hm<sup>2</sup>;而当钾肥在0水平,灌水量在-1水平时,生菜产量最低,为37 457.79 kg/hm<sup>2</sup>。由表5还可看出,当灌水量一定时,随着施钾量的增加,产量先降低后增加;当施钾量固定时,在低水平上,随着灌水量的增加,产量先降低后增加,在高水平上,产量随着灌水量的增加而增加,而且增加幅度较大。

表5

施钾肥和灌水量对生菜产量的交互效应分析

Table 5

Interaction analysis on lettuce output between N and irrigation water amount

$x_1$	$x_2$	灌水量 Amount of P					统计参数 Statistics parameter		
		-1.682	-1	0	1	1.682	$\bar{y}$	s	cv(%)
施钾量 Amount of K	-1.682	49 618.83	45 656.51	42 034.08	41 012.62	41 807.82	44 025.97	3 602.32	8.18
	-1	43 926.33	41 001.93	38 901.38	39 401.81	41 234.93	40 893.27	1 969.78	4.82
	0	38 860.31	37 457.79	37 588.74	40 320.67	43 675.67	39 580.63	2 564.66	6.48
	1	37 695.30	37 814.67	40 177.12	45 140.55	50 017.43	42 169.01	5 323.76	12.62
	1.682	39 138.25	40 295.54	44 179.87	50 665.18	56 579.99	46 171.77	7 356.80	15.93
统计参数 Statistics parameter	$\bar{y}$	41 847.80	40 445.29	40 576.24	43 308.17	46 663.17			
	s	4 955.28	3 291.44	2 598.13	4 662.02	6 549.04			
	cv(%)	11.84	8.14	6.40	10.76	14.03			

#### 2.2.4 氮、磷、钾和灌水量的优化组合及相应生菜产量

根据已建立的水肥耦合优化数学模型,利用计算机对-1.682和1.682之间选取的5个水平(-1.682,-1,0,1,1.682)进行不同目标产量下的最优组合方案模拟。通过模拟求得625个组合方案,其中产量在50 000 kg/hm<sup>2</sup>以上的有64个组合(占总组合数的10%);产量在30 000~50 000 kg/hm<sup>2</sup>的有515个组合;产量在30 000 kg/hm<sup>2</sup>以下的有46个组合。通过对产量大于50 000 kg/hm<sup>2</sup>的组合进行频数分析(表6),可以得知,温室生菜生产较优的水肥措施为每公顷氮肥、磷肥、钾肥的施用量分别是467.9~586.5 kg、510.5~622.3 kg、156.0~221.5 kg,灌水量为543.2~668.4 m<sup>3</sup>时,生菜的产量有95%可高于50 000 kg。

表6 生菜产量>50 000 kg/hm<sup>2</sup>的  
寻优方案和频率

Table 6 Optimization and frequency distribution among excess  
50000 kg·hm<sup>-2</sup> of lettuce output

因子 Factor	平均值 $\bar{x}$ Average	S $\bar{x}$ Standard deviation	95%的置信区间 95% distribution zone	农艺措施( $x_i$ ) Agriculture measures
$x_1$ (N)	0.681	0.124	(0.438~0.924)	473.6~583.0
$x_2$ (P)	0.902	0.110	(0.687~1.117)	529.7~626.3
$x_3$ (K)	0.362	0.181	(0.007~0.718)	150.6~212.8
$x_4$ (water)	0.536	0.168	(0.206~0.865)	537.2~655.6

### 3 结论

试验提出的日光温室生菜水肥耦合模型,经检验达到了显著水平,可以用于预测和指导生产。其中氮、磷、钾、灌水量各因素影响温室生菜产量的顺序为磷>氮>灌水量>钾,这一结果运用到农业生产实践中,可以减少水肥管理的盲目性,为增产增收提供依据。在该试验的土壤肥力水平下,得到温室生菜高产的最佳水肥组合为施氮量467.9~586.5 kg/hm<sup>2</sup>、施磷量510.5~622.3 kg/hm<sup>2</sup>、施钾量156.0~221.5 kg/hm<sup>2</sup>和生菜生长期灌水量累计为543.2~668.4 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献

- [1] WANG Yu,ZHANG Yi-ping. Quantitative effect of soil texture composition on retardation factor of K<sup>+</sup> transport[J]. Pedosphere, 2001, 11(4): 377-378.
- [2] 王朝辉,宗志强,李生秀,等. 蔬菜的硝态氮累积及菜地土壤的硝态氮残留[J]. 环境科学, 2002, 23(5): 79-83.
- [3] 梁运江,依艳丽,尹英敏,等. 水肥耦合效应对辣椒产量影响初探[J]. 土壤通报, 2003, 34(4): 262-266.
- [4] 贺超兴,张志斌,刘富中,等. 日光温室水钾氮耦合效应对番茄产量的影响[J]. 中国蔬菜, 2001(1): 31-33.
- [5] 陈碧华,邵庆炉,杨和连,等. 日光温室内膜下滴灌水肥耦合技术对番茄品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(4): 476-479.
- [6] 李邵,薛绪掌,郭文善,等. 水肥耦合对温室盆栽黄瓜产量与水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 376-381.
- [7] 袁志发,周静芊. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

# 中国南瓜自交系 112-2 对白粉病的抗性鉴定

周俊国, 扈惠灵, 李新峥, 张慧蓉

(河南科技学院 园艺系, 河南 新乡 453003)

**摘要:** 试验以“蜜本”南瓜为对照, 以 *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll. 白粉病为病原菌, 采用幼苗期接种鉴定、成株期叶片叶盘法接种鉴定和田间调查的方法鉴定中国南瓜“112-2”自交系对白粉病的抗性, 并在扫描电镜下比较了它们的叶片表面结构。结果表明: 苗期接种白粉病 11 d 后, “112-2”自交系的病情指数显著低于“蜜本”南瓜, 病情指数分别是 28.8 和 47.6; 叶盘法接种 4 d 后, “112-2”自交系的病情指数显著低于“蜜本”南瓜, 病情指数分别是 7.5 和 38.6; 田间调查“112-2”自交系和“蜜本”南瓜的病情指数分别为 0 和 21.7; 说明“112-2”自交系是高抗白粉病的材料。在电镜下观察, “112-2”自交系的气孔密度、刚毛密度和刚毛长度显著大于“蜜本”南瓜, 而气孔长度和宽度显著小于“蜜本”南瓜。

**关键词:** 中国南瓜; 白粉病抗性; 抗性鉴定

**中图分类号:** S 642.103.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)04-0005-04

中国南瓜(*Cucurbita moschata* Duch.) 是中国广泛栽培的一种蔬菜, 有许多变种, 大多数的中国南瓜品种具有较好的食用品质, 是人们喜爱的一种传统食品<sup>[1]</sup>。白粉病是危害瓜类作物的重要病害之一, 在夏季高温高湿的环境下, 中国南瓜栽培生产的中后期易爆发白粉病, 病害发生后能在田间快速传播, 导致植株产量和果实品质下降, 已成为中国南瓜栽培生产的障碍之一<sup>[2-3]</sup>。培育抗白粉病的品种是解决这一问题的有效途径, 世界上各国对抗瓜类白粉病育种已成为主要育种目标之一<sup>[4-6]</sup>。而获得抗白粉病的育种资源材料是培育抗白粉病中国南瓜品种的关键工作。目前在我国的中国南瓜资源中没有免疫或高抗的资源见诸报道。

**第一作者简介:** 周俊国(1967-), 男, 河南内乡人, 博士, 副教授, 现主要从事园艺植物种质资源研究与育种的科研工作。E-mail: junguo1020@163.com。

**基金项目:** 国家“948”科研课题资助项目(2005-Z18); 河南科技学院高层次人才科研资助项目(08011)。

**收稿日期:** 2010-12-07

在近 10 a 的中国南瓜资源收集过程中发现, 中国南瓜对白粉病的抗性差异较大, 易感和高抗均有。为了筛选抗白粉病资源, 课题组收集了 900 多份中国南瓜农家品种资源, 获得了一些性状优良的自交系。经多年的观察, “112-2”自交系抗病性极强, 在田间未发现感病植株。为了进一步确认它对白粉病的抗性, 便于在以后抗白粉病育种中做为亲本使用, 现采用多种方法鉴定了其对白

质下降, 已成为中国南瓜栽培生产的障碍之一<sup>[2-3]</sup>。培育抗白粉病的品种是解决这一问题的有效途径, 世界上各国对抗瓜类白粉病育种已成为主要育种目标之一<sup>[4-6]</sup>。而获得抗白粉病的育种资源材料是培育抗白粉病中国南瓜品种的关键工作。目前在我国的中国南瓜资源中没有免疫或高抗的资源见诸报道。

## Effect of Water-fertilizer Coupling on Yield of *Lactuca sativa* L. in Greenhouse

XU Yan, YU Hai-ye, ZHANG Lei

(College of Biological and Agricultural Engineering, Key Laboratory of Bionic Engineering, Ministry of Education, Jilin University, Changchun, Jilin 130025)

**Abstract:** The comprehensive effects of K, P, N fertilizer and water on yield of *Lactuca sativa* L. was studied by means of quadratic general rotational(1/2 practice) combination design in the greenhouse. The water-fertilizer coupling regression models demonstrating the relationships between yield and four factors were established. The results showed that, the effect of four factors on the yield of lettuce increased by degree in the series of  $P > N > K > \text{water}$ . The interaction among these four factors existed, coupling effect of N and water, and N and P on yield was significant. An optimum management measure of water and fertilizer was suggested for high yield based on computer simulations. The amount of N, P and K were 467.9~586.5 kg/hm<sup>2</sup>, 510.5~622.3 kg/hm<sup>2</sup> and the amount of K was 156.0~221.5 kg/hm<sup>2</sup> respectively, and the accumulative amount of water was 543.2~668.4 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> in growth period of lettuce.

**Key words:** *Lactuca sativa* L.; water-fertilizer coupling; yield; greenhouse