

花椰菜机械化育苗最佳营养条件研究

崔海信 司亚平 陈 殿奎

(北京市农林科学院, 北京)

摘 要

本试验采用3因素2次饱和回归设计方法, 对机械化工厂化育苗条件下椰菜菜 (*Brassica botrytis* L.) 幼苗生长的最佳营养条件进行了研究, 建立了花椰菜幼苗生长量及叶面积与育苗营养液中氮磷钾浓度之间的2次回归模式, 拟合度较高。利用回归模式分别对育苗前期和后期花椰菜幼苗生长的最佳营养浓度及氮磷钾3要素各自对花椰菜幼苗生长的促进效应进行了分析和探讨。

关键词 花椰菜 机械化育苗 营养浓度 最优化

机械化蔬菜育苗技术研究, 对于改变传统育苗方式和加速我国商品化集约式育苗体系的发展, 具有重要意义。本课题组结合我国蔬菜育苗技术的特点, 对此项引进技术的部分原有工艺流程进行了改造和试验研究, 以期发展出适合我国国情的高效低耗的蔬菜工厂化机械化育苗技术体系。

试验设计

一、供试品种及育苗条件

供试品种为花椰菜 (*Brassica botrytis* L.) 荷兰雪球。试验于1986年9月17日在附设水帘降温设施的温室中进行, 使用26cm×52cm, 128孔的塑料盘直播育苗。播种12天后开始浇营养液, 隔一日一次, 每次每盘浇营养液1000ml。10月23日进行了第一次取样分析, 每盘取样10株, 同时进行间苗, 使密度减半。第一次取样和间苗后营养液浓度开始加倍, 11月10日试验结束, 进行第二次取样分析。

二、试验设计方案

试验采用3因素2次饱和回归设计3—11A方案, 以草炭和砷石按7:3配比混合作育苗基质, 对花椰菜育苗营养液中氮磷钾浓度的最佳水平进行研究, 对照处理为原育苗工艺流程, 育苗基质同上, 以进口复合肥 (N:P:K配比为15%:15%:15%) 作营养液, 前期浓度为1%, 后期浓度为2%, 各试验处理均设3次重复 (每次重复设1盘)。前期 (第一次取样前) 每盘株数为128株, 后期每盘株数为64株。营养液中氮磷钾浓度的设计水平及编码见表1。

表 1 营养液中氮磷钾浓度的设计水平及编码

氮 素			磷 素			钾 素		
编码	N (ppm)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ppm)	编码	P_2O_5 (ppm)	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (ppm)	编码	K_2O (ppm)	K_2SO_4 (ppm)
2	600.00	5057.14	2	300.00	1219.35	2	800.00	1784.60
1 414	522.10	4316.27	1 414	265.05	1040.72	1	600.00	1338.46
0	300.00	2528.57	0	150.00	609.58	0	400.00	892.31
-1 414	87.90	740.87	-1 414	43.95	178.64	-1	200.00	446.15
-2	0	0	-2	0	0	-2	0	0
Δ	150.00	1264.29	Δ	75.0	304.83	Δ	200.00	446.15

表 2 试验处理方案

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	C ¹
编 码	$x_1(\text{N})$	0	0	-1 414	1 414	-1 414	1 414	2-2	0	0	0	复 合 肥
	$x_2(\text{P})$	0	0	-1 414	-1 414	1 414	1 414	0	0	2-2	0	
	$x_3(\text{K})$	2	-2	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	

表 3 第一次生育调查资料统计分析结果 (1986, 10)

序 号	鲜重 (g) / 10 株					叶面积 (cm^2) / 10 株				
	I	II	III	平均	$y_{\text{总}}$	I	II	III	平均	$y_{\text{总}}$
1	24.00	27.08	21.44	24.17	24.16	431.00	441.62	357.43	412.01	418.99
2	25.75	23.51	21.64	23.62	23.65	413.26	366.00	381.60	386.95	380.11
3	17.39	16.85	13.93	16.06	16.07	322.27	302.87	239.42	288.19	284.75
4	22.98	19.65	24.71	22.45	22.46	373.30	329.19	440.13	380.87	377.40
5	14.42	12.69	15.86	14.16	14.173	253.00	249.82	276.54	259.79	256.36
6	24.42	22.43	24.46	23.77	23.78	429.20	379.79	368.55	392.51	389.04
7	25.22	30.54	18.11	24.62	24.61	383.56	475.30	291.81	383.56	387.01
8	13.95	11.34	13.52	12.94	12.93	242.23	194.64	240.30	218.47	221.93
9	26.51	23.47	21.12	23.70	23.69	431.55	369.96	334.25	378.59	382.64
10	13.38	12.19	17.14	14.24	14.23	216.45	202.30	287.35	235.37	238.82
11	24.77	22.35	22.27	23.13	22.49	416.12	363.66	398.70	392.83	392.69
ck	18.42	18.27	17.11	17.93		299.91	301.86	286.43	296.10	

试验结果与统计分析

一、第一次取样结果的统计分析

1、花椰菜育苗前期幼苗生长函数模式的建立

(1) 幼苗鲜重与营养液中氮磷钾浓度的关系。

$$y_{w1} = 22.499 + 2.874x_1 + 1.132x_2 + 0.128x_3 - 0.988x_1^2 - 0.941x_2^2 + 0.353x_3^2 + 5.005x_1 \cdot x_2 - 0.716x_1 \cdot x_3 - 19.384x_2 \cdot x_3 \tag{1}$$

(2) 幼苗叶面积与营养液中氮磷钾浓度的关系。

$$y_{l1} = 302.687 + 40.556x_1 + 16.421x_2 + 9.718x_3 - 20.054x_1^2 - 18.563x_2^2 + 1.716x_3^2 + 5.005x_1 \cdot x_2 - 0.716x_1 \cdot x_3 - 19.384x_2 \cdot x_3 \tag{2}$$

2、模式的显著性检验

表 3 方差分析

变异来源	SS _w	SS _i	DF	MS _w	MS _i	F _w	F _i	F _{0.05}	F _{0.01}
回 归	276.70	52623.91	9	30.744	5847.10	4.101(F ₂)	2.750(F ₂)	2.350	3.350
失 拟	0.7477	195.337	1	0.7477	195.34	0.005(F ₁)	0.092(F ₁)	4.300	7.940
误 差	164.94	46781.01	22	7.497	2126.41				
总 和	442.389	99600.26	32	13.825	3112.51				

由表 3 可见：方程（1）的 F₁ 检验达到极显著水平，失拟 F₁ 检验不显著，证明方程（1）拟合度很高，其预测精度为 99.72%；方程（2）的 F₂ 检验达到显著水平，失拟 F₂ 检验不显著，预测精度为 99.81%。

3、模式的优化与解析

(1) 最佳育苗营养。对方程（1）求极大值得：

$$\begin{aligned} y_{w1} &= 25.004 \text{ (克/10株)} \\ x_1 &= 1.5287 \text{ (折 N 素浓度为 264.7 ppm)} \\ x_2 &= 0.4407 \text{ (折 P}_2\text{O}_5 \text{ 浓度为 91.5 ppm)} \\ x_3 &= 0.6724 \text{ (折 K}_2\text{O 浓度为 267.2 ppm)} \end{aligned}$$

以上即为花椰菜育苗前期生长速度最佳的营养液配方。

对方程（2）求极大值得：

$$\begin{aligned} y_{l1} &= 419.29 \text{ (cm}^2\text{/10株)} \\ x_1 &= 1.0696 \text{ (折 N 素浓度为 230.2 ppm)} \\ x_2 &= 0.4934 \text{ (折 P}_2\text{O}_5 \text{ 浓度为 93.5 ppm)} \\ x_3 &= 0.1783 \text{ (折 K}_2\text{O 浓度为 217.8 ppm)} \end{aligned}$$

以上即为育苗前期幼苗叶片生长速度最佳的营养条件

(2) 模式解析 由 t 测验可知，方程（1）和方程（2）中的钾项回归系数均不显著，说明钾素对花椰菜幼苗生长作用不显著，故可能是育苗基质的砾石富含钾素之故。分别把方程（1）和方程（2）降维分解，可得到氮磷钾的鲜重和叶面积增长曲线（见图 1、2）。图 1、2 清楚

地显示了育苗前期营养液中氮磷钾对花椰菜幼苗鲜重和叶面积的促进规律。

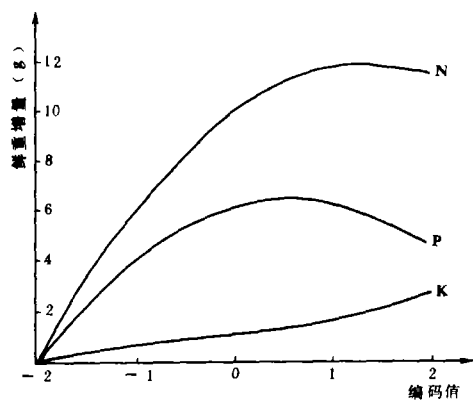


图1 氮磷钾的鲜重增长曲线

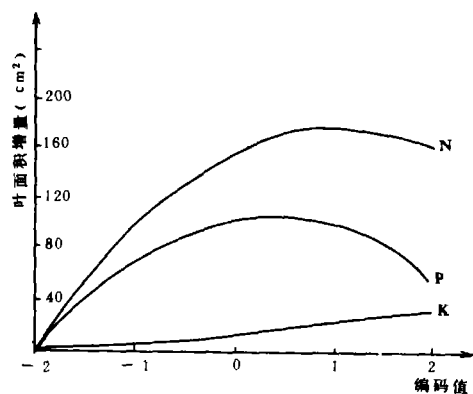


图2 氮磷钾的叶面积增长曲线

二、第二次取样结果的统计分析

表4 第二次生育调查资料统计分析结果 (1986, 11)

序号	鲜重 (g) / 15株					叶面积 (cm²) / 15株				
	I	II	III	平均	\hat{y}	I	II	III	平均	\hat{y}
1	79.16	65.1	59.53	67.93	69.57	1280.71	974.17	1056.99	1103.96	1168.14
2	63.25	77.09	49.61	63.31	61.66	1019.50	1244.85	809.5	1024.62	960.44
3	36.82	38.92	34.87	36.87	36.93	910.77	840.44	728.45	826.55	794.50
4	77.61	74.95	88.94	80.50	79.95	1268.4	1061.78	1412.66	1247.61	1215.46
5	47.85	49.11	67.00	54.65	54.03	803.27	1130.77	1000.15	978.06	945.99
6	68.79	75.65	73.05	72.22	71.67	1271.74	1180.84	1076.20	1176.26	1144.10
7	74.76	72.29	75.28	74.11	74.76	1145.09	1266.24	1199.85	1205.67	1237.77
8	46.03	36.13	38.00	40.05	41.41	615.89	569.45	597.78	594.38	626.49
9	58.87	68.57	68.64	65.36	66.18	1032.85	1112.97	1190.31	1111.58	1143.68
10	39.06	42.17	47.76	42.99	43.81	565.21	684.30	684.34	644.62	676.73
11	53.70	65.34	71.34	63.46	63.46	869.32	1104.57	1250.66	1074.85	1047.85
ck ₁	60.00	84.82	77.44	74.09		1097.65	1258.27	1337.70	1231.21	

1、花椰菜育苗后期生长函数模式的建立

(1) 幼苗鲜重与营养液中氮磷钾浓度的关系:

$$y_{w2} = 63.46 + 9.585x_1 - 3.629x_2 + 1.978x_3 - 0.984x_1^2 - 1.756x_2^2 + 0.540x_3^2 \\ - 3.248x_1 \cdot x_2 + 1.248x_1 \cdot x_3 - 1.964x_2 \cdot x_3 \quad (3)$$

(2) 幼苗叶面积与营养液中氮磷钾浓度的关系:

$$y_{12} = 1047.5 + 131.138x_1 + 65.454x_2 + 51.924x_3 - 16.977x_1^2 - 22.458x_2^2 \\ + 4.11x_3^2 - 27.858x_1 \cdot x_2 - 21.684x_1 \cdot x_3 - 51.286x_2 \cdot x_3 \quad (4)$$

2、模式的显著性检验

表 5 方差分析

变异来源	SS _w	SS _i	DF	MS _w	MS _i	F _w	F _i	F _{0.05}	F _{0.01}
回 归	2120.248	468305.61	9	235.58	52033.96	3.570 **	2.985 *	2.350	3.350
失 拟	10.0188	17213.26	1	10.02	17213.26	0.15186	0.9874	4.300	7.940
误 差	1451.692	383507.48	22	65.986	17432.16				
总 和	3581.94	869026.35	32	111.94	27157.08				

由表 5 可见，方程（3）的 F_3 检验达到极显著水平，失拟不显著，预测精度为99.78%；方程（4）的 F_2 检验达到显著水平，失拟不显著，预测精度为98.21%。

3、模式的优化与解析

（1）最佳育苗条件。对方程（3）求极大值得：

$y_{w2} = 85.54 \text{ (g / 15株)}$
 $x_1 = 1.908 \text{ (折N素浓度为586ppm)}$
 $x_2 = -0.145 \text{ (折P}_2\text{O}_5\text{浓度为139.1ppm)}$
 $x_3 = 1.315 \text{ (折K}_2\text{O浓度为663ppm)}$

以上为育苗后期鲜重增长的最适营养条件。

对方程（4）求极大值得：

$y_{12} = 1259.38 \text{ (cm}^2\text{ / 15株)}$
 $x_1 = 1.850 \text{ (折N素浓度为577.5ppm)}$
 $x_2 = -0.260 \text{ (折P}_2\text{O}_5\text{浓度为130.5ppm)}$
 $x_3 = 1.086 \text{ (折K}_2\text{O浓度为617ppm)}$

以上为育苗后期的叶面积生长的最适营养条件。

（2）模式解析。由t 测检证明，方程（3）和方程（4）的钾项回归系数仍不显著，说明在花椰菜育苗后期，营养液中钾素对幼苗生长的促进作用仍不显著。

把方程（3）和方程（4）降维分解，可得到育苗后期氮磷钾的鲜重和叶面积增长曲线（见图3、图4），由图3、4看出育苗后期营养液中氮磷钾浓度对花椰菜幼苗鲜重和叶面积的促进效应。

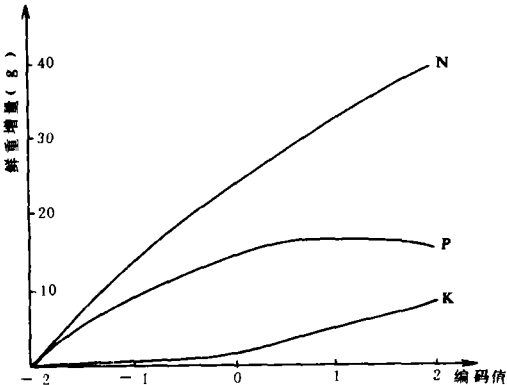


图 3 氮磷钾的鲜重增长曲线

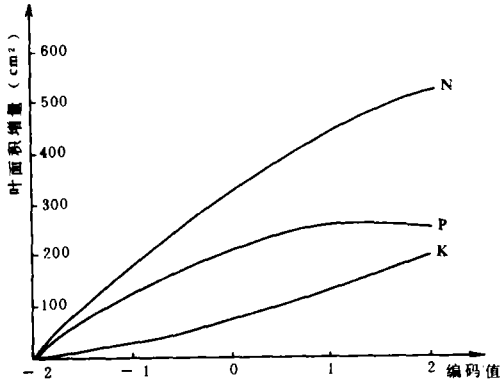


图 4 氮磷钾的叶面积增长曲线

结 论

1、统计分析结果表明,采用上述试验设计所建立的二次回归模式,对花椰菜幼苗的鲜重生长量拟合性极佳,而对叶面积生长量的拟合性较前者稍差,说明育苗期营养液的组成是直接影响着幼苗生长速度的,而叶面积的增长除受生长速度制约外,还易受到其它因素的干扰,故以生长量为指标求得的最佳营养条件更为客观。

2、本试验证明,以砾石和草炭为育苗基质,可基本保证花椰菜幼苗生长对钾和其它微量元素的需求。因此,在育苗生产中可考虑使用简化、廉价的氮磷营养液或浓度及比例适当的氮磷复合肥,而无须附加其它元素。

3、在最佳氮磷钾营养条件下的育苗效果要优于对照(原工艺规程),但在本试验条件下得出的最佳氮磷钾营养浓度远远高出了前人或有关手册规定的通用配方标准。营养液中钾素浓度变化很大,但其生长促进效应变化甚微,也未出现过量重毒现象。

4、上述分析表明,采用2次饱和回归设计方法研究幼苗的最佳生长条件,在其它试验条件较为均一或试验重复次数较多的情况下,有利于提高试验效率和试验精密,比目前通用的其它试验设计方案有一定优越性。

参 考 文 献

- 1 苑诗松等:《回归分析与试验设计》,华东师范大学出版社
- 2 陶勤南:回归分析与回归设计,《北京农业科学》,1984(4)
- 3 张瑞忠等:超早熟大豆东农36号综合农艺措施的产量函数模式,《大豆科学》,3(4)1984, 302—310
- 4 清华大学主编:《最优化设计基础》,清华大学出版社,1982
- 5 R. A. Fedds: Agrowth model to predict yield and economical figures of cucumber crop. Acta. Hort. 118(8)1981: 73—82
- 6 F. W. T. Penning de Vrico and H. H. Vanleor: Simulations of plant growth and crops, 1981

A Study on the Optimal Parameters of Nutrient Solution for Raising Seedlings of *Brassica botritis* L. in Industrialized Production

Cui Haixin Si Yaping Chen Diankui

(Beijing Municipal Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing)

Abstract

The experiment used a three-factor, quadratic, saturated incomplete factorial regression design to investigate the optimal nutritional conditions for seedlings of *Brassica botritis* L. in an industrialized seedling production plant. A group of regression models, with higher fitting, were established describing the relationship between the fresh weight / leaf area of the seedling and the concentration of NPK nutrient solution. This paper here presents an analysis and discussion, with the use of regression models, on the optimal concentration of the nutritional solution for seedling growth in the early and late periods, and the positive effect of each of the three factors (NPK) on seedling growth of *Brassica botritis* L.

Key words: *Brassica botritis* L. ; Industrialized seedling production; Nutritional concentration; Optimization :