

## 基于正交试验的小白菜“黄玫瑰”产量和品质影响因素分析

马萌萌, 顾闽峰, 晏军 (盐城市新洋农业试验站, 江苏盐城 224000)

**摘要** 为了探究种植密度、复合肥施用和寡糖喷施对小白菜生长发育、产量和维生素 C 含量的影响, 为小白菜的种植生产提供依据。采用 3 因素 3 水平的  $L_9(3^4)$  正交设计试验, 开展田间种植, 结果表明对小白菜叶片数、叶柄宽、根系发育、植株重量和产量起主要作用的因素是复合肥; 对株高和维生素 C 含量起主要作用的因素是密度; 对茎叶比起主要作用的因素是寡糖喷施。

**关键词** 小白菜; 寡糖; 密度; 复合肥; 产量

**中图分类号** S634.3 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2020)05-0048-03

**doi:** 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.05.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Analysis on Factors Influencing Yield and Quality of Chinese Cabbage “Yellow Rose” Based on Orthogonal Experiment

MA Meng-meng, GU Min-feng, YAN Jun (Xinyang Agricultural Experiment Station, Yancheng, Jiangsu 224000)

**Abstract** The study aimed find out the effects of planting density, compound fertilizer application and oligosaccharide spraying on the growth, yield and vitamin C content of Chinese cabbage, to provide a basis for the cultivation of Chinese cabbage. Using three-factor and three-level  $L_9(3^4)$  positive design experiment and field planting, the result showed that the main factor affecting the number of leaves, leaf buffing, root development, plant weight and yield of Chinese cabbage was compound fertilizer; the main factor affecting plant height and vitamin C content was density; the main factor affecting stems and leaves was oligosaccharide spraying.

**Key words** Pakchoi; Oligosaccharide; Density; Compound fertilizer; Yield

小白菜为十字花芸薹属芸薹种白菜亚种的变种<sup>[1]</sup>, 原产于我国, 南北各地均有广泛分布, 是我国最为大众的蔬菜之一<sup>[2-3]</sup>。随着生产发展和人民消费水平的日益提高, 迫切需要通过实现蔬菜作物产量的稳步增长和品质的提升, 肥料技术结构革新和施肥方案改进已成为现代农业发展的重要组成部分<sup>[4]</sup>。

“黄玫瑰”品种小白菜具有耐低温、维 C 含量高、颜色呈金黄色等特点, 比其他抗寒品种还要耐冻, 可以抵抗 -9.6 °C 的低温; 维 C 含量比一般小白菜高, 且气温越低维 C 含量越高、颜色越黄<sup>[5-7]</sup>。“荣耀 1 号”高效糖链植物疫苗作为一种具有特定聚合度的低聚寡糖, 具有激活农作物自身免疫系统的作用, 可以在生长、发育、繁殖、防病和抗逆等方面进行调控, 起到促进作物健康、增根壮苗, 提升作物产量的效果<sup>[8-9]</sup>; 合理科学的施肥<sup>[10-11]</sup>和栽培密度<sup>[12]</sup>是制约小白菜高产高质的关键因素<sup>[13]</sup>。

为了进一步研究栽培密度、复合肥、寡糖施用对“黄玫瑰”的生长形态、产量和品质影响的主次作用, 笔者设置密度(A)、复合肥(B)和寡糖(C)3个因素, 各3个水平, 采用正交试验设计, 在盐城市新洋农业试验站蔬菜基地进行试验。

## 1 材料与方

**1.1 试验材料** 供试小白菜品种为南京农业大学侯喜林教授团队研究出的新品种“黄玫瑰”, 寡糖是由国家生化工程技术研究中心研发, 中科荣信(苏州)生物科技有限公司制造的“荣耀 2 号”高效糖链植物疫苗、复混肥料(15-15-15)。

**1.2 试验地概况** 试验地设在盐城市新洋农业试验站, 地处盐城市东郊, 苏北灌溉总渠的南侧。地势平坦, 宜粮宜棉,

宜水宜旱, 宜农宜牧。东临黄海, 是北亚热带和暖温带的过渡地带。总的气候特点: 气候温和, 四季分明, 热量充裕, 光照充足。年平均气温 14 °C, 年降水量 1 000 mm 左右。

**1.3 试验方法** 采用正交设计, 设置密度(A)、复合肥(B)和寡糖(C)3个影响因素, 每个因素 3 个水平, 按照  $L_9(3^4)$  因素水平设计(表 1), 每个处理 3 次重复, 共 9 个小区, 随机排列, 小区面积 1 m<sup>2</sup>(1 m×1 m), 做沟分隔。

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Factor and level of orthogonal test

水平 Level	因素 Factor		
	密度(A) Density cm×cm	复合肥(B) Compound fertilizer kg/hm <sup>2</sup>	寡糖(C) Oligosac- charides mL/hm <sup>2</sup>
1	15×15	225	0
2	20×20	300	1 200
3	25×25	375	2 400

选择长势一致的小白菜幼苗于 2018 年 10 月 30 日按以复合肥为基肥, 按方案对应密度进行移栽, 定植 10 d 后按各处理要求喷施寡糖, 定植 30 d 后测量叶片数, 于 12 月 18 日收获, 并测量生长指标, 生长周期为 48 d。

**1.4 测定项目与方法** 小白菜定植 30 d, 每个小区选取 10 株小白菜记录叶片数; 定植 48 d, 每个小区选取 10 株测定单株株高、叶柄宽和生物量(包括地上部分和地下部分)<sup>[14]</sup>; 称量叶柄重和叶片重, 计算茎叶比; 测量每个小区总产量; 采集新鲜小白菜样品, 用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素含量<sup>[15]</sup>。

**1.5 数据处理** 试验数据采用 Excel 进行整理, SPSS 22.0 进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对小白菜“黄玫瑰”品质的影响** 植物生长过

**基金项目** 江苏现代农业(蔬菜)产业技术体系(JATS[2018]137)。

**作者简介** 马萌萌(1989—), 女, 吉林白山人, 研究实习生, 从事植物营养学研究。

**收稿日期** 2019-08-30; **修回日期** 2019-10-11

程中,不同的水肥结构和密度环境会因栽培作物适应能力的不同而引起不同的响应,呈现出不同的外观特性,因而与绿叶菜相关的株高、叶片数、叶柄宽、茎叶比等形态指标可作为小白菜的品质评价指标<sup>[16-17]</sup>;V<sub>c</sub>是蔬菜重要的品质指标,能抑制人体致癌物N-亚硝胺的生成,适当施肥能提高V<sub>c</sub>含量,但超过一定的施氮量V<sub>c</sub>含量则有递减趋势<sup>[1]</sup>。按表2设计进行试验,得到株高、叶片数、叶柄宽、茎叶比和V<sub>c</sub>含量,结果见表3。

极差分析结果表明,密度与株高呈反相关,密度越小,株高越高;复合肥对叶片数有促进作用;寡糖的施用对小白菜株高有促进作用,在一定范围内,施用量与株高和V<sub>c</sub>含量成正比,与茎叶比成反比,适量施用寡糖能有效提高小白菜品质。

在影响株高的敏感性上,主次因素顺序为A>C>B;影响叶片数的敏感性上,主次因素顺序为B>C>A;在影响叶柄宽

的敏感性上,主次因素顺序为B>A>C;在影响茎叶比的敏感性上,主次因素顺序为C>A=B;影响植株V<sub>c</sub>含量的主次因素顺序是A>B>C。

表2 3因素3水平正交试验

Table 2 Orthogonal experiment of three factors and three levels

序号 No.	处理 Treatment	密度(A) Density cm×cm	复合肥(B) Compound fertilizer kg/hm <sup>2</sup>	寡糖(C) Oligosaccharides mL/hm <sup>2</sup>
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	15×15	225	0
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	15×15	300	1 200
3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	15×15	375	2 400
4	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	20×20	225	1 200
5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	20×20	300	2 400
6	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	20×20	375	0
7	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	25×25	225	2 400
8	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	25×25	300	0
9	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	25×25	375	1 200

表3 不同处理对小白菜“黄玫瑰”品质的影响

Table 3 Effects of different treatments on the quality of cabbage “yellow rose”

编号 No.	因素 Factor			农艺性状 Agronomic traits				V <sub>c</sub> mg/kg
	A	B	C	株高 Plant height//cm	叶片数 Leaf number 片	叶柄宽 Petiole width//cm	茎叶比 Ratio of stem to leaf	
1	1	1	1	8.10	9	2.23	0.88	729.6
2	1	2	2	8.70	11	3.43	0.72	635.3
3	1	3	3	8.23	11	3.17	0.73	611.5
4	2	1	2	7.43	11	3.13	0.84	573.4
5	2	2	3	8.23	10	3.23	0.77	726.7
6	2	3	1	8.67	11	3.33	0.93	381.8
7	3	1	3	8.50	10	2.53	0.77	398.8
8	3	2	1	8.50	10	2.97	0.80	359.9
9	3	3	2	8.57	11	2.73	0.83	543.7
株高//cm	k <sub>1</sub>	9.26	8.40	8.18			A>C>B	
	k <sub>2</sub>	7.91	8.18	8.24				
	k <sub>3</sub>	7.97	8.56	8.71				
	R	1.71	0.38	0.53				
叶片数//片	k <sub>1</sub>	10.34	10.19	10.27			B>C>A	
	k <sub>2</sub>	10.70	10.41	10.73				
	k <sub>3</sub>	10.51	10.96	10.56				
	R	0.36	0.77	0.46				
叶柄宽//cm	k <sub>1</sub>	2.94	2.63	2.84			B>A>C	
	k <sub>2</sub>	3.23	3.21	3.10				
	k <sub>3</sub>	2.74	3.08	2.98				
	R	0.49	0.58	0.26				
茎叶比	k <sub>1</sub>	0.78	0.83	0.87			C>A=B	
	k <sub>2</sub>	0.85	0.76	0.80				
	k <sub>3</sub>	0.80	0.83	0.76				
	R	0.07	0.07	0.11				
V <sub>c</sub> //mg/kg	k <sub>1</sub>	658.8	567.3	490.5			A>B>C	
	k <sub>2</sub>	560.7	574.0	552.6				
	k <sub>3</sub>	402.7	480.9	579.0				
	R	256.1	9.31	88.5				

**2.2 不同处理对小白菜“黄玫瑰”产量的影响** 蔬菜生产的最终目标是获得产量高、品质好的蔬菜产品,可食用部分的生物量及产量是重要的评定指标。植物根系是活跃的吸收

器官和合成器官,根系的发育情况能反映植物的部分抗逆性及地上部茎叶的生长和作物产量<sup>[18]</sup>。在小白菜成熟期对其生长指标进行了测定,结果见表4。

表4 不同处理对小白菜“黄玫瑰”产量的影响

Table 4 Effects of different treatments on the yield of Chinese cabbage 'yellow rose'

编号 No.	因素 Factor			根重 Root weight//g	植株鲜重 Plant fresh weight//g	植株干重 Plant dry weight//g	产量 Yield kg/m <sup>2</sup>
	A	B	C				
1	1	1	1	18.96	109.86	8.84	4.4
2	1	2	2	15.07	146.24	11.15	5.0
3	1	3	3	17.77	185.66	14.34	3.8
4	2	1	2	11.14	120.59	9.04	5.1
5	2	2	3	13.58	144.44	11.44	5.2
6	2	3	1	18.01	173.27	14.14	4.1
7	3	1	3	11.02	110.51	7.81	6.1
8	3	2	1	15.46	158.78	11.76	4.5
9	3	3	2	20.53	193.31	16.41	4.2
根重//g	<i>k</i> <sub>1</sub>	17.26	13.71	17.47			
	<i>k</i> <sub>2</sub>	14.24	14.70	15.58			
	<i>k</i> <sub>3</sub>	15.67	18.77	14.12			
	<i>R</i>	3.02	5.06	3.35			B>C>A
植株鲜重//g	<i>k</i> <sub>1</sub>	147.25	113.65	147.30			
	<i>k</i> <sub>2</sub>	146.10	149.82	153.38			
	<i>k</i> <sub>3</sub>	154.20	184.08	146.87			
	<i>R</i>	8.1	70.43	6.51			B>A>C
植株干重//g	<i>k</i> <sub>1</sub>	11.44	8.56	11.58			
	<i>k</i> <sub>2</sub>	11.54	11.45	12.20			
	<i>k</i> <sub>3</sub>	11.99	14.96	11.19			
	<i>R</i>	0.55	6.4	1.01			B>C>A
产量//kg/m <sup>2</sup>	<i>k</i> <sub>1</sub>	4.38	4.46	4.33			
	<i>k</i> <sub>2</sub>	4.79	4.60	4.77			
	<i>k</i> <sub>3</sub>	4.95	5.06	5.03			
	<i>R</i>	0.57	1.15	0.7			B>C>A

对各项指标进行极差分析,结果显示,合理密植能促进小白菜干物质量的累积,提高单位面积产量;复合肥的施用与根重、植株鲜重、植株干重和产量均呈正相关关系;寡糖的喷施抑制了根系的生长,但可以提升可食用部分的产量。

由极差大小可知,在各因素对小白菜“黄玫瑰”产量和品质影响中,影响植株根重的主次因素顺序是 B>C>A;影响植株鲜重的主次因素顺序是 B>A>C;影响植株干重的主次因素顺序是 B>C>A;影响产量的主次因素顺序是 B>C>A。

### 3 结论

该试验结果表明,合理密植能提高小白菜产量,但会影响其维生素含量,施用复合肥能明显提高小白菜产量,寡糖喷施能促进小白菜叶片的生长发育,提高其品质。3种因素对小白菜“黄玫瑰”生育和产量影响的主要因素为复合肥,其次为密度和寡糖。其中对小白菜叶片数、根系重量、植株干重和产量影响的主次因素顺序为 B>C>A;对叶柄宽和植株鲜重影响的主次因素顺序为 B>A>C;对株高影响的主次因素顺序为 A>C>B;对茎叶比影响的主次因素顺序为 C>A>B;对 V<sub>C</sub> 含量影响的主次因素顺序为 A>B>C。

### 参考文献

[1] 李会合,王正银,张浩,等. 养分量比对基质栽培叶菜硝酸盐累积及其营养品质的影响[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):102-104.  
[2] 孙锦,高洪波,田婧,等. 我国设施园艺发展现状与趋势[J]. 南京农业大学学报,2019,42(4):594-604.

[3] 农业部种植业管理司. 科学规划 规范推进 促进设施蔬菜持续健康发展(上)[J]. 农业工程技术(温室园艺),2009(6):26,28-29.  
[4] 刘静静. 气候因子和肥料结构对小白菜生长和品质的影响[D]. 上海:上海交通大学,2013.  
[5] 王媛. 播期及密度和遮阳对小白菜产量品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2017.  
[6] 马志虎,侯喜林,韦武青,等. 黄苗小白菜胞质雄性不育杂交制种[J]. 长江蔬菜,2011(3):22-24.  
[7] 韩建明,杨爱国,张焕丽,等. 小白菜新品种夏季区试报告[J]. 长江蔬菜,2002(2):36-37.  
[8] 邓松华,梁富忠. 复合肥中加入海藻提取物对小白菜生长的影响[J]. 中国农技推广,2018,34(10):72-74.  
[9] 陈薇薇. 木寡糖促进小白菜生长及抗盐胁迫效应研究[D]. 武汉:华中农业大学,2016.  
[10] 苗锋,徐泽茹,赖德强,等. 不同肥料配比对小白菜产量及生长性状的影响[J]. 蔬菜,2017(11):20-22.  
[11] 袁伟,董元华,王辉. 小青菜对不同施肥模式的响应及其生态化学计量学特征[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(3):273-278.  
[12] 林翻飞,邵贵荣,陈文辉,等. 不同种植密度、采收期对“夏绿妃”小白菜的影响[J]. 福建农业科技,2012(1):35-37.  
[13] 孙菲菲,刘金平,王夏. 不同品种小白菜生物学性状及品质调查比较分析[J]. 长江蔬菜,2018(2):51-54.  
[14] 刘栋,郭英,赵蕾. 生防芽孢杆菌蛋白水解液对小白菜根系的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(2):488-492.  
[15] 张敬皓,王瑶,王会东,等. 蔬菜中 V<sub>C</sub> 含量的测定[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2018,34(3):29-31.  
[16] 王丽,李梅兰,田彩芳,等. 赤霉素处理对白菜生长发育的影响[J]. 山西农业科学,2009,37(3):58-60.  
[17] 崔新卫,肖苏林,彭福元,等. 不同基质栽培对蔬菜品质的影响[J]. 安徽农学通报,2009,15(17):97-98,129.  
[18] 黄东风,李卫华,邱孝煊. 不同硝、铵态氮水平配施对小白菜生长及硝酸盐累积的影响[J]. 土壤通报,2010,41(2):394-398.