

## 马铃薯微型薯繁育基质配比的优化

王欢妍<sup>1</sup>, 黄科<sup>1,2</sup>, 高琪昕<sup>1</sup>, 张维<sup>1</sup>, 雷艳<sup>1</sup>, 何长征<sup>1,2\*</sup>

(1.湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

**摘要:**为开发来源广泛、经济实惠和性能优良的马铃薯微型薯繁育基质,采用3因素5水平正交旋转组合设计,对菌渣、河沙、珍珠岩3种基质的配比进行优化。结果表明:由马铃薯微型薯产量( $Y$ )与菌渣配比( $X_1$ )、河沙配比( $X_2$ )、珍珠岩配比( $X_3$ )间的回归方程 $Y=36.331\ 63-1.819\ 65X_1+3.391\ 04X_2+2.568\ 47X_3-1.786\ 37X_1^2-4.208\ 21X_3^2+2.122\ 50X_1X_2+4.327\ 50X_1X_3$ 可推断,珍珠岩对比对马铃薯产量的影响最大,其次是菌渣对比,最后是河沙对比;河沙对比与珍珠岩对比间的交互效应不显著,菌渣对比与河沙对比、菌渣对比与珍珠岩对比间的交互效应显著;通过多元回归和频率分析法分析,得到马铃薯微型薯繁育基质菌渣、河沙、珍珠岩的适宜体积比为(1.677~2.000) (1.157~1.452) (1.000~1.260)。

**关键词:**马铃薯微型薯;繁育基质;菌渣;复合基质配比;产量

中图分类号:S532.31

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2013)05-0505-05

## Optimization of breeding substrate formula for potato micro-tubers

WANG Huan-yan<sup>1</sup>, HUANG Ke<sup>1,2</sup>, GAO Qi-xin<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, LEI Yan<sup>1</sup>, HE Chang-zhen<sup>1,2\*</sup>

(1.College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Research Center for Potatoes, Changsha 410128, China)

**Abstract:** To develop a kind of extensive, cheap, and good quality substrate for potato micro-tubers breeding, quadratic-orthogonal-rotation-combination design was adopted to optimize the ratio of three substrates (mushroom residues, sand and perlite). From the regression model established between yield of micro-tubers ( $Y$ ) and mushroom residue ( $X_1$ ), sand ( $X_2$ ) and perlite ( $X_3$ ), which was expressed as  $Y=36.331\ 63-1.819\ 65X_1+3.391\ 04X_2+2.568\ 47X_3-1.786\ 37X_1^2-4.208\ 21X_3^2+2.122\ 50X_1X_2+4.327\ 50X_1X_3$ , it showed that the yield of potato micro-tubers decreased in the order of perlite, mushroom residues, and sand. It was also concluded from the model that there was no significant interaction between sand and perlite to the yield, while the interaction between mushroom residues and sand become obvious, the same was true for mushroom residues and perlite. The volume ratio of mushroom residue, sand and perlite was optimized as follows: (1.677~2.000): (1.157~1.452): (1.000~1.260) according to multiple regression and frequency analysis.

**Key words:** potato micro-tubers; breeding substrates; mushroom residues; formula of compound substrates; yield

马铃薯微型薯(原原种)的繁育是马铃薯脱毒种薯繁育的重要环节。目前,马铃薯微型薯繁育的主要方法是无土栽培<sup>[1-3]</sup>。无土栽培的关键技术之一是选择优良的栽培基质。栽培基质的理化性质不同,其保水、保肥及透气性也不同,因而对微型薯产量

的影响也不同<sup>[4]</sup>。卞春松等<sup>[5]</sup>、祝红艺等<sup>[6]</sup>、屈冬玉等<sup>[7]</sup>、杨春等<sup>[8]</sup>以草炭、蛭石、锯末、松针土等为主要基质,对适合马铃薯微型薯繁育的基质配比进行了研究。无土栽培基质一般以草炭、蛭石等为主要原料。草炭主产于中国北方地区。在南方地区使

收稿日期:2013-06-03

基金项目:国家科技合作项目(2008DFA31090);农业部马铃薯产业技术体系项目(CARS-10-P19)

作者简介:王欢妍(1988—),女,湖南涟源人,硕士研究生,主要从事马铃薯栽培技术研究,yanzi\_12340925@sina.cn;\*通信作者, hecz@hotmail.com

用草炭作栽培基质时因成本太高而难于推广应用。中国是食用菌生产大国,每年都会产生大量菌渣。对于这些菌渣的处理,一般是就地堆置或直接施入田中,这样不仅会对环境造成污染,而且会造成农业有机资源的巨大浪费<sup>[9]</sup>。近年来,南方地区将简单发酵处理后的菌渣作为生产马铃薯的栽培基质。这种方法取材方便,可以减少污染,降低生产成本。肖旭峰等<sup>[10]</sup>、方贯娜等<sup>[11]</sup>、裴晖平等<sup>[12]</sup>、庞万福等<sup>[13]</sup>利用菌渣作为栽培基质做了比较试验。本试验以菌渣、河沙、珍珠岩为主要原料,采用二次正交旋转组合设计<sup>[14]</sup>,分析菌渣、河沙、珍珠岩3种基质配比对微型薯产量的影响,旨在找出适合马铃薯微型薯繁育的最佳基质配比。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为湖南省马铃薯工程技术中心提供

表1 马铃薯微型薯繁育基质配比优化试验的因素和水平

Table 1 Tested factors and levels on the optimization of breeding substrate formula for potato micro-tubers

因素	间距( $\Delta_j$ )	水平				
		-1.682	-1.000	0.000	1.000	1.682
菌渣配比( $X_1$ )	0.750	0.750	1.250	2.000	2.750	3.250
河沙配比( $X_2$ )	0.500	0.160	0.500	1.000	1.500	1.840
珍珠岩配比( $X_3$ )	0.500	0.160	0.500	1.000	1.500	1.840

### 1.3 测定指标与方法

于采收期分别采收各处理成熟的马铃薯微型薯,测定各处理的产量(g/盆)。

### 1.4 数据分析

用 Microsoft Office Excel 2003 处理试验数据;用 DPS 软件建立三元二次回归方程,并进行方差分析;采用降维法对单因素效应和3个因素间的交互

的‘费乌瑞它’(Favorite)马铃薯脱毒试管苗。

供试基质为食用菌菌渣、河沙和珍珠岩,其中食用菌菌渣为湖南农业大学教学实习时种平菇留下的菌渣,河沙和珍珠岩均为市售。

### 1.2 试验设计

于2012年3月上旬至5月下旬在湖南农业大学智能温室进行马铃薯微型薯盆栽试验。栽培盆规格为32 cm×24 cm×12 cm。采用3因素5水平正交旋转组合设计(表1),菌渣、河沙、珍珠岩按试验设计方法混配后,加入固体肥料作肥源。固体肥料的加入量为每1 m<sup>3</sup>基质施入氮磷钾复合肥2 kg,钙镁磷肥3 kg。每盆基质定植12株试管苗。各处理施肥及病害防治均按照微型薯生产技术规程统一进行。

效应进行分析;用多元回归和频率分析法获得适合马铃薯微型薯繁育的最优基质配比。

## 2 结果与分析

### 2.1 3种基质比对马铃薯微型薯产量的影响

按三元二次正交旋转组合设计的基质配比栽培马铃薯试管苗,得到各组合微型薯的产量(表2)。

表2 不同基质配比下马铃薯微型薯的产量

Table 2 Yields of potato micro-tubers at different formula of substrates

处理	编码值			配比			每盆产量/g
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	菌渣	河沙	珍珠岩	
1	1	1	1	2.75	1.50	1.50	42.52
2	1	1	-1	2.75	1.50	0.50	24.79
3	1	-1	1	2.75	0.50	1.50	31.50
4	1	-1	-1	2.75	0.50	0.50	16.08
5	-1	1	1	1.25	1.50	1.50	29.20
6	-1	1	-1	1.25	1.50	0.50	34.41

续表

处理	编码值			配比			每盆产量/g
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	菌渣	河沙	珍珠岩	
7	-1	-1	1	1.25	0.50	1.50	32.30
8	-1	-1	-1	1.25	0.50	0.50	28.56
9	-1.682	0	0	0.75	1.00	1.00	34.90
10	1.682	0	0	3.25	1.00	1.00	25.82
11	0	-1.682	0	2.00	0.16	1.00	25.31
12	0	1.682	0	2.00	1.84	1.00	39.48
13	0	0	-1.682	2.00	1.00	0.16	22.50
14	0	0	1.682	2.00	1.00	1.84	24.52
15	0	0	0	2.00	1.00	1.00	34.97
16	0	0	0	2.00	1.00	1.00	38.74
17	0	0	0	2.00	1.00	1.00	37.90
18	0	0	0	2.00	1.00	1.00	39.22
19	0	0	0	2.00	1.00	1.00	35.60
20	0	0	0	2.00	1.00	1.00	31.66
21	0	0	0	2.00	1.00	1.00	37.27
22	0	0	0	2.00	1.00	1.00	37.94
23	0	0	0	2.00	1.00	1.00	34.00

根据表2结果,以微型薯产量(Y)为因变量建立关于 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub> 的原始回归方程,对原始方程进行失拟性检验,  $F_1=2.437 < F_{0.05(5,8)}=3.69$ ,失拟不显著,表明方程的模拟值与实际测定值拟合较好;回归性检验  $F_2 > F_{0.01(9,8)}$ ,方程的总体回归效果极显著,表明该方程可信度好,能反映出3种基质的配比与微型薯产量之间的关系。对模型中的各项回归系数进行方差分析,剔除不显著项( $\alpha=0.10$ ),获得优化后的回归方程:  $Y=36.331\ 63-1.819\ 65X_1+3.391\ 04X_2+2.568\ 47X_3-1.786\ 37X_1^2-4.208\ 21X_3^2+2.122\ 50X_1X_2+4.327\ 50X_1X_3$ 。

根据贡献率计算公式<sup>[15]</sup>,得出菌渣配比、河沙配比、珍珠岩配比的贡献率分别为2.43、2.24、2.69。可见,珍珠岩配比、菌渣配比、河沙对比对马铃薯微型薯产量的影响依次减小。采用降维法将任意2个因素固定在0水平,寻求另一个因素与产量的关系,得到以下偏回归方程:  $Y_1=36.331\ 63-1.819\ 65X_1-1.786\ 37X_1^2$ ;  $Y_2=36.331\ 63+3.391\ 04X_2$ ;  $Y_3=36.331\ 63+2.568\ 47X_3-4.208\ 21X_3^2$ 。由以上3个偏回归方程的曲线(图1)可知,在编码水平(-1.682, 1.682)内,河沙配比与产量呈直线相关,随着河沙配比的增加,微型薯产量逐步提高。菌渣配比、珍珠岩配比与产量均呈开口向下的抛物线关系,表明这2个因素均存在一个合理范围,超过此范围产量下降。菌渣配比处于编码水平(-1.682, -1)时,产量缓慢上升;在(-1, 0)时,产量趋于平稳;超过0水平后,产量

呈下降趋势。珍珠岩配比处于编码水平(-1.682, 0)时,微型薯产量随珍珠岩配比的增大而上升;在(0, 0.5)时产量趋于平稳;超过0.5水平后产量下降。可见,菌渣配比、珍珠岩配比过大或过小均可导致微型薯产量减少。

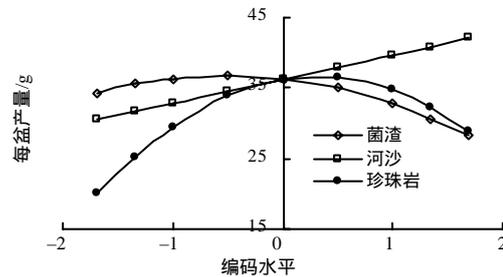


图1 菌渣配比、河沙配比、珍珠岩配比在不同编码水平下的微型薯产量

Fig.1 Yields of Micro-tubers from three factors of mushroom residues, sand and perlite at different levels

2.2 3种基质配比互作对马铃薯微型薯产量的影响

从优化后的回归方程可以看出,河沙配比与珍珠岩配比间的交互作用不显著;菌渣配比与河沙配比、菌渣配比与珍珠岩配比间的交互作用显著。采用降维法分析,将其中一因素固定为0水平,寻求另外2个因素对产量的交互作用(图2、图3)。由图2、图3可见,每两因素间的交互效应均呈凸曲面,表明每2个因素间的增产效应均符合报酬递减规律<sup>[15]</sup>,在所给定的取值范围内都有最优解。从图2可以看出,在本研究水平范围内,当菌渣配比在较低水平时,河沙配比的增加对产量影响不大;当菌

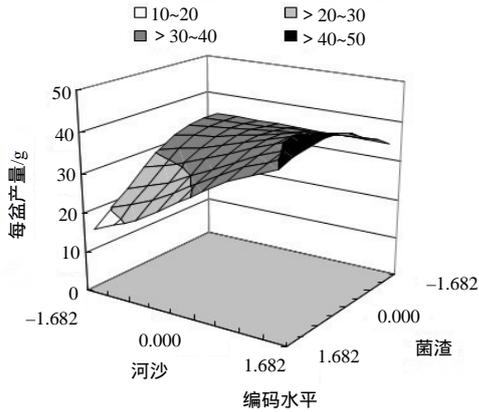


图 2 不同菌渣配比和河沙配比下马铃薯微型薯的产量

Fig.2 Yields of micro-tubers from mushroom residues and sand at different levels

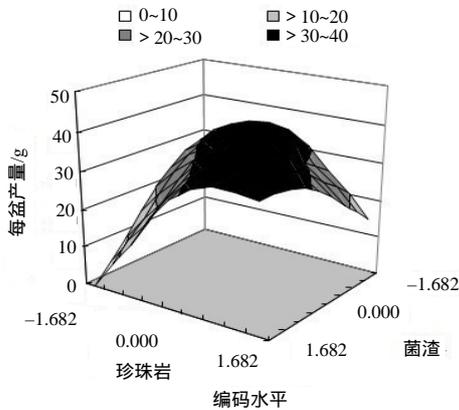


图 3 不同菌渣配比和珍珠岩配比下马铃薯微型薯的产量

Fig.3 Yields of micro-tubers from mushroom residues and perlite at different levels

渣配比在较高水平时,适当增加河沙配比可以显著提高产量。从图 3 可见,随着珍珠岩配比的加大,逐渐减小菌渣的配比能够使产量提高;当菌渣配比和珍珠岩配比达到一定限值后,产量不再上升,达到最大值;当继续增加珍珠岩配比,减少菌渣配比时,产量呈下降趋势。

2.3 马铃薯微型薯繁育基质配方的优化结果

以优化后的回归方程为基础,推导出适合马铃薯微型薯繁育的最优基质配方。当  $X_i(i=1,2,3)$  在编码水平(-1.682, 1.682)时,每盆产量大于 32.14 g 的方案有 48 个(表 3)。  $X_1$  在编码水平(-1.682, 0)的方案有 31 个,频率为 64%;  $X_2$  在(0, 1.682)的方案有 40 个,频率为 83%;  $X_3$  在(-1, 1)的方案有 40 个,频率为 83%。这表明当  $X_i(i=1,2,3)$  在上述区间内取任一值时,马铃薯微型薯的产量较高。由表 3 还可以看出,当  $X_1$  编码值取(-0.431, 0.250),  $X_2$  编码值取(0.313, 0.903),  $X_3$  编码值取(0, 0.519)时,其每盆产量大于 32.14 g 的可能性为 95%。

综合频率分析结果和 95% 置信水平内的取值,可得出优化的繁育马铃薯微型薯基质配方:  $X_1$  编码水平为(-0.431, 0),  $X_2$  为(0.313, 0.903),  $X_3$  为(0, 0.519)。利用编码公式<sup>[16]</sup>进行转换,得到菌渣、河沙、珍珠岩 3 种基质的体积比(1.677 ~ 2.000) (1.157 ~ 1.452) (1.000 ~ 1.260)。

表 3 每盆产量大于 32.14 g 的 48 个方案的各水平下因素的频率

Table 3 Frequency of components from 48 schemes (each basin yield of micro-tubers > 32.14 g)

水平	$X_1$		$X_2$		$X_3$	
	频数	频率/%	频数	频率/%	频数	频率/%
-1.682	10	20.83	3	6.25	0	0
-1.000	10	20.83	5	10.42	11	22.92
0.000	11	22.92	11	22.92	19	39.58
1.000	9	18.75	14	29.17	10	20.83
1.682	8	16.67	15	31.25	8	16.67
合计	48	100	48	100	48	100
平均编码	-0.091		0.608		0.259	
标准误	0.174		0.150		0.132	
95%置信区间	-0.431~0.250		0.313~0.903		-0.000~0.519	

3 结论与讨论

本试验结果表明,马铃薯微型薯繁育基质菌渣、河沙、珍珠岩的较优体积比为(1.677 ~ 2.000) (1.157 ~ 1.452) (1.000 ~ 1.260)。

菌渣的保水吸湿能力强,结构疏松,含有一定养分,缓冲性能好,能为根系提供良好的生长环境。河沙与珍珠岩具有耐分解、性质稳定,但缓冲性较弱的点<sup>[10]</sup>,且两者均能够提高基质的透气性和保水、保肥能力<sup>[17]</sup>。当三者比例合适时,繁育基质能

为微型薯植株生长提供良好的根际环境,从而获得较高的产量。

本试验中采用的基质成分与前人研究<sup>[10-12]</sup>中采用的基质成分不同,本试验结果无法与之进行比较。庞万福等<sup>[13]</sup>以菌渣和河沙为基质生产马铃薯微型薯时,以菌渣、河沙配比为 2:1 时的生产效果最好。本试验结果中菌渣比例较低,这是因为菌渣的持水性较强,用量过多时会造成复合基质通气性降低,从而影响到微型薯的生长发育。由于菌渣的氮、磷含量较高,所以,应与泥炭、甘蔗渣、沙等混合使用,一般情况下,菌渣所占比例不应超过 40%;就基质理化特性而言,菌渣盐分含量较高,所以,在基质中菌渣所占比例不宜太高<sup>[18]</sup>。菌渣等有机物在堆沤后仍含有许多对植物生长不利的物质,需加入一定量的无机组分来降低这些有害物质的含量<sup>[19]</sup>。本试验中减小菌渣配比后,以上问题都得到了有效解决。至于菌渣配比减小导致的基质过于紧实的问题,则可通过增加珍珠岩配比来提高基质的疏松度。

#### 参考文献:

- [1] 王梦飞,田宏先,裴荣信.马铃薯腋芽快繁微型薯技术研究[J].中国农学通报,2011,27(10):213-217.
- [2] 方贯娜,庞淑敏,杨永霞.无土栽培生产马铃薯微型薯研究进展[J].中国马铃薯,2006,20(1):33-35.
- [3] 李寿如,候中杰,刘兆财,等.马铃薯工厂化生产微型薯高产栽培技术[J].中国马铃薯,2005,19(6):377-378.
- [4] 李永华,沈效东,王立英,等.不同移栽方法和基质对马铃薯脱毒试管苗繁殖微型薯的影响[J].宁夏科技,2001(3):37.
- [5] 卞春松,金黎平,谢开云,等.不同基质对马铃薯微型薯高效生产的影响[J].种子,2003(5):103-105.
- [6] 祝红艺,柴岩,刘小凤,等.几种脱毒小薯培养基质的比较研究[J].吉林农业科学,2000,25(5):51-53.
- [7] 屈冬玉,庞万福,谢发成,等.松针土作基质生产脱毒微型薯试验研究[J].中国马铃薯,1999,13(1):17-20.
- [8] 杨春,齐海英.马铃薯脱毒小薯无土栽培培养基质的筛选[J].陕西农业科学,2001(1):11-12.
- [9] 卫智涛,周国英,胡清秀.食用菌菌渣利用研究现状[J].中国食用菌,2010,29(5):3-6.
- [10] 肖旭峰,刘明月.不同基质对比对马铃薯微型薯生长发育的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(3):460-463.
- [11] 方贯娜,庞淑敏,杨永霞.菇渣作基质生产脱毒微型薯试验研究[J].内蒙古农业科技,2005(6):44-45.
- [12] 裴晖平,王多成,盛萍,等.不同废弃物混合基质对脱毒马铃薯原种生长发育和经济效益的影响[J].长江蔬菜,2010(20):66-69.
- [13] 庞万福,王清玉,张恭,等.脱毒小薯无土栽培生产培养基质研究[J].马铃薯杂志,1997(3):144-147.
- [14] 张巧艳,钱俊青.响应面法优化黄杆菌突变株产脂肪酶摇瓶发酵条件[J].浙江工业大学学报,2009,37(2):156-160.
- [15] 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.
- [16] 彭良斌.二次正交旋转组合设计优化超声波辅助溶剂法提取南瓜籽油工艺研究[J].粮食科技与经济,2013,38(1):48-53.
- [17] 陈晨甜,吕长平,陈建,等.不同配比混合基质对非洲菊生长和开花的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(6):656-659.
- [18] 李静,赵秀兰,魏世强,等.无公害蔬菜无土栽培基质理化特性研究[J].西南农业大学学报,2000,22(2):112-115.
- [19] 徐桂磊,肖华山,李凤玉.我国无土栽培中有机型复合基质的应用研究[J].福建农业科技,2004(6):37-39.

责任编辑:王赛群  
英文编辑:王 库