中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2012)03-0147-08

栽培生理

不同稻草覆盖量和栽培方式对广西冬作马铃薯产量的影响

唐洲萍¹, 李文娟², 何新民¹, 谭冠宁¹, 谢开云^{2*}

(1. 广西农业科学院经济作物研究所, 广西 南宁 530007; 2. 国际马铃薯中心北京联络处, 北京 100081)

摘要: 2009~2010 和 2010~2011 冬季生长季节, 布置田间试验研究不同稻草覆盖和栽培方式对冬作马铃薯产量和产量构成的影响。在 2009~2010 年度, 试验设置不同肥料用量, 不同种植密度及不同稻草覆盖量 3 个影响因子。结果表明, 种植密度为 90 000 株/hm²(D2)时, 无论是商品薯还是非商品薯的产量均较高; 而在施肥量较高的处理中(F2, 1.2 t/hm² 复合肥), 商品薯的产量增加, 非商品薯产量显著下降。在稻草覆盖处理 M_{0.5}(0.5 kg/m²)和 M₁(1.0 kg/m²)中, 马铃薯的产量和产量构成没有显著差别。D2F2M_{0.5} 处理的产量最高, 为 15.0 t/hm², 其中商品薯的产量为 13.0 t/hm²。在 2010~2011 年度, 进一步研究了不同耕作方法(箱式耕作和垄式耕作)及不同稻草覆盖量(5 个水平)对马铃薯产量和产量构成的影响。与垄式耕作方式相比, 箱式耕作节约了一半的工作强度, 但产量并没有下降。结果显示, 当覆盖量为 0.25 kg/m² 时, 获得的产量最高, 为 25.3 t/hm²。但是, 非商品薯的产量和绿薯率均随着稻草覆盖量的减少而增加。在中国, 每公顷的稻草产量约为 5 000 kg。因此, 考虑到实际条件的限制, 在广西冬作区, 选用箱式耕作的同时覆盖 0.5 kg/m² 的稻草是最为经济和高效的栽培方式。

关键词: 冬作马铃薯; 稻草覆盖; 耕作方式; 产量; 产量构成

Effect of Different Rice-straw Mulch and Planting Patterns on the Yield of Winter Potato in Guangxi

TANG Zhouping¹, LI Wenjuan², HE Xinmin¹, TAN Guanning¹, XIE Kaiyun^{2*}

(1. Cash Crop Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China;

2. International Potato Center Beijing Liaison Office, Beijing 100081, China)

Abstract: Field experiments were carried out in 2009-2010 and 2010-2011 growth seasons to study the effect of different rice-straw mulches and planting patterns on yield and yield components of winter potato in Guangxi province in South China. In 2009-2010, the effect of fertilizer, density and straw mulch level on potato yield and yield components were studied. The results indicated that both the yield of the marketable and non-marketable potato was higher with the planting density of 90 000 plants / ha (D2), the marketable yield increased and the non-marketable yield decreased significantly in the F2 (1.2 t / ha component fertilizer) treatment. No difference of yield and yield component was detected between the M_{0.5} (0.5 kg / m² rice straw) and M₁ (1.0 kg / m² rice straw) treatment. The D2F2M_{0.5} treatment obtained highest total potato yield (15.0 t / ha) and highest marketable potato yield (13.0 t / ha). In 2010-2011, the effects of two tillage methods (double-row one ridge planting (R) and four-row one ridge planting (B)) and five straw mulch levels on potato yield and yield components of winter potato were further researched. Planting potato with four-rows on one ridge reduced half of the tillage intensity, but the total yield was not reduced. Cultivating with the mulch amount of 0.25 kg / m² was the best one to achieve the highest yield (25.3 t / ha). But lower mulch amount usually showed higher non-marketable yield and green tuber rate. The average straw yield of rice was about 5 000 kg / ha (0.5 kg / m²) in China. Therefore, considering the limitation of the practical condition, the tillage method of planting potato with four rows on one ridge with 0.5 kg / m² straw mulch is more convenient and efficient, which should be recommended in Guangxi.

Key Words: winter potato; straw mulch; tillage method; yield; yield component

收稿日期: 2011-05-30

基金项目: 中国冬作马铃薯种植少耕体系研究(410343)。

作者简介: 唐洲萍(1985-), 女, 研究实习生, 主要从事马铃薯育种及栽培工作。

* 通信作者(Corresponding author): 谢开云, 研究员, 博士, 国际马铃薯中心北京联络处主任, E-mail: k.xie@cgiar.org.

马铃薯是一种适应性较强的作物, 在亚洲广泛种植于冬闲稻田。在我国的亚热带地区, 冬季气候凉爽, 极适于马铃薯的生长, 因此, 在该地区马铃薯的发展潜力巨大。目前, 南方马铃薯冬作区已成为我国四大马铃薯主产区之一, 占全国马铃薯产量的 8%。但是, 在我国南方, 仍存在大面积的冬闲田没有得到很好的利用。据 2006 年统计的数据显示, 在我国北纬 35°~18°的区域, 冬闲田的面积达 1600 多万公顷, 其中仅有 3.93% 用于马铃薯的种植, 显然, 在此区域马铃薯生产还存在巨大的发展空间^[1]。此外, 将马铃薯种植于冬闲稻田, 不仅提高耕地的利用率, 而且, 冬马铃薯的上市时间正是北方马铃薯的生产淡季, 还可以有效的补充市场供给, 提高经济效益^[2]。

因多数冬闲田地面积小, 不适于使用大型机械。因此, 对于小农户而言, 更需要一种简单易行的耕作技术。免耕稻草覆盖技术, 不仅简单易行, 而且有效降低耕作强度。在过去, 收获水稻后, 稻草均被农民焚烧或是运出地块, 这样不仅造成了环境污染, 而且还增加了劳动量。运用稻草覆盖技术, 不仅使稻草得到有效的利用, 而且还有利于土壤肥力的增加。然而, 目前我国对于该技术的研究还较少, 有关稻草覆盖技术的具体操作方式还有待进一步探讨。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验开展于我国最大的冬作马铃薯种植区广西。在广西, 冬作马铃薯面积达到 120 700 hm², 约占我国冬作马铃薯播种面积的 10%。田间试验设置于 2009~2010 年度和 2010~2011 年度, 广西武鸣县里建科研基地(23°24' N, 108°06' E)。

2009~2010 年度, 试验共设 3 个影响因子: 密度(D: D1, 60 000 株 / hm² 和 D2, 90 000 株 / hm²)、肥料(F: F1, 0.6 t / hm² 和 F2, 1.2 t / hm²) 和稻草覆盖(M: M_{0.5}, 0.5 kg / m² 和 M₁, 1.0 kg / m²)。共有 8 个不同的处理组合, 如表 1。肥料使用复合肥料(17: 17: 17)于播种前条施。随机区组设计, 4 次重复。小区面积为 14.4 m²。供试品种为, 费乌瑞它, 于 2009 年 11 月 7 日播种, 2010 年 3 月 9 日收获。

2010~2011 年度, 试验采用裂区设计, 以不同耕作方式(箱式 B 和垄式 R)作为主区的影响因子, 不同稻草覆盖水平为副区的影响因子(M₀, M_{0.25}, M_{0.5}, M_{0.75}, M₁, 覆盖稻草的量分别为 0, 0.25, 0.5, 0.75 和 1 kg / m²)。3 次重复, 随机排列。每个小区的面积为 19.2 m²。供试品种为中薯 3 号。于 2010 年 11 月 12 日播种, 2011 年 4 月 20 日收获。播种密度为 75 000 株 / hm²。在播种前条施复合肥料

表 1 试验地气候数据

Table 1 Weather data in experiment station

月份 Month	2009~2010				2010~2011			
	降雨(mm) Rainfall	最高温度(°C) Max.	平均温度(°C) Average	最低温度(°C) Min.	降雨(mm) Rainfall	最高温度(°C) Max.	平均温度(°C) Average	最低温度(°C) Min.
11 月 Nov.	4.5	33.0	18.5	13.0	9.5	30.4	19.2	10.9
12 月 Dec.	33.5	29.0	16.2	10.0	75.2	26.5	15.6	3.5
1 月 Jan.	166.1	24.0	14.5	4.0	22.1	17.6	8.5	3.8
2 月 Feb.	5.9	30.0	17.4	6.0	49.0	27.6	15.0	5.7
3 月 Mar.	9.2		19.0		113.0	29.2	14.2	7.3
4 月 Apr.	128.3		20.5		41.1	33.0	22.5	11.7

(16: 16: 16) 1.2 t / hm²。试验地气象数据见表 1。

1.2 样品采集与分析

人工收获。记录商品薯(> 50 g)与非商品薯(< 50 g)的数量、重量及比重。

数据采用 Microsoft Excel 和 SAS9.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 产量

产量方差分析结果列于表 2。2009~2010 年度, 在种植密度为 90 000 株 / hm² 的处理中, 商品薯和非商品薯的产量均极显著高于种植密度为 60 000 株 / hm²

表 2 平均产量方差分析的均方值 (t/hm²)
Table 2 Mean square from analysis of variance for yield

变量来源 Source of variation	d.f.	商品薯产量 Marketable potato yield	非商品薯产量 Non-marketable potato yield	总产量 Total potato yield
2009~2010				
重复 Replication	3	2.278	0.246	1.754
密度 Density (D)	1	56.182**	5.572**	97.139**
肥料 Fertilizer (F)	1	17.055*	1.706*	7.970
覆盖 Mulch(M)	1	0.004	0.066	0.038
D × F	1	0.305	0.027	0.511
D × M	1	0.082	0.044	0.006
F × M	1	0.111	0.085	0.002
D × F × M	1	1.880	0.021	1.505
误差 Error	21	2.106	0.106	2.308
2010~2011				
重复 Replication	2	11.759	0.253	13.838
耕作方式 Tillage methods (C)	1	0.007	1.496**	1.699
稻草覆盖量 Mulch levels (M)	4	34.126	0.547*	33.244*
C × M	4	6.745	0.285	8.139
误差 Error	18	8.336	0.169	9.499

注: * 和 ** 分别表示 5% 和 1% 水平下差异显著性, 下同。

Note: Small letter and capital letter mean significance at 5% and 1% level of probability, respectively. The same below.

的处理(表 3)。在本试验中, 虽然增加施肥量, 马铃薯的总产量并没有显著提高, 但非商品薯的产量却显著下降, 从而提高了马铃薯的商品薯率。不同稻草覆盖处理下, 马铃薯的产量没有明显差异。密度、肥料与覆盖量间的交互作用也没有达到显著水平(表 2)。其中 D2F2M₀₅ 处理的总产量最高, 达到 15.0 t/hm², 其中商品薯的产量为 13.0 t/hm²。而在 D1F2M₀₅ 和 D1F2M₁ 处理中, 非商品薯的产量最低, 约为 1.1 t/hm²。

2010~2011 年度, 试验共设置了两种不同的耕作方式和 5 种不同的稻草覆盖量处理。如表 2 所示, 两种耕作方式对非商品薯的影响达到显著水平, 但对总产量和商品薯产量没有显著的影响。箱式耕作, 在减少劳动强度和耕作量的同时并不会造成总产量的下降, 但非商品薯产量有所增加。非商品薯产量还受到稻草覆盖量的显著影响, 均随着稻草覆盖量的增加而显著降低。可见, 增加稻草覆盖量, 提高耕作强度有利于非商品薯产量的下降。

与无稻草覆盖的处理相比, 覆盖稻草后马铃薯

的总产量增加了 14.0%~31.9%。但是, 产量并不随着稻草覆盖量的增加而增加。结果显示, 在稻草覆盖量为 0.25 kg/m² 时, 马铃薯的产量最高。马铃薯商品薯产量和总产量在 4 个不同的稻草覆盖处理间没有显著差异。

2.2 产量构成

2009~2010 年度, 种植密度、肥料用量及稻草覆盖量均没有对总块茎数、单株块茎重量及平均块茎重产生显著影响(表 4)。但是, 在 D2 处理中, 非商品薯的数量和重量显著增加; 而 F2 处理中, 非商品薯的数量和重量均显著下降。在 D1F2M₁ 处理中, 单株商品薯的数量最多, 重量最高, 分别达 1.8 个/株、199.3 g/株; 非商品薯的数量最少, 为 0.9 个/株, 该处理中, 块茎的平均重量为 88.6 g/株(表 5)。

2010~2011 年度, 采用箱式耕种的处理, 其单株块茎数显著增加, 但平均块茎重显著下降。与无稻草覆盖的处理相比, 覆盖稻草处理的单株总块茎数增加了 10.3%~27.6%, 单株块茎重增加了 13.9%

表 3 不同耕作方式及稻草覆盖量对块茎产量的影响(t / hm²)
Table 3 Effects of different tillage methods and mulch levels on tuber yield

变量来源 Source of variation	商品薯 Marketable potato yield			非商品薯 Non-marketable potato yield			总产量 Total potato yield		
	平均 Mean	P < 0.05	P < 0.01	平均 Mean	P < 0.05	P < 0.01	平均 Mean	P < 0.05	P < 0.01
(2009~2010)									
密度 Density	9.4	b	B	1.4	b	B	10.8	b	B
D1	12.0	a	A	2.2	a	A	14.2	a	A
D2									
肥料 Fertilizer									
F1	10.0	b	B	2.0	a	A	12.0	a	A
F2	11.4	a	A	1.6	b	B	13.0	a	A
覆盖量 Mulch level									
M _{0.5}	10.7	a	A	1.7	a	A	12.5	a	A
M ₁	10.7	a	A	1.8	a	A	12.5	a	A
LSD		1.1	1.5		0.2	0.3		1.1	1.5
密度、肥料及覆盖量间的交互作用 Density, fertilizer and mulch interactions									
D1F1M _{0.5}	9.1	cd	BC	1.5	cd	BC	10.6	c	CD
D1F1M ₁	8.4	d	C	1.8	bc	ABC	10.2	c	D
D1F2M _{0.5}	9.8	bcd	BC	1.1	d	C	10.9	c	CD
D1F2M ₁	10.3	bed	ABC	1.1	d	C	11.4	bc	BCD
D2F1M _{0.5}	11.0	abc	ABC	2.4	a	A	13.4	ab	ABC
D2F1M ₁	11.4	ab	AB	2.4	a	A	13.9	a	AB
D2F2M _{0.5}	13.0	a	A	2.0	ab	AB	15.0	a	A
D2F2M ₁	12.7	a	A	2.0	ab	AB	14.7	a	A
LSD		2.1	2.9		0.5	0.7		2.2	3.0
(2010~2011)									
耕作方式 Tillage methods									
B	19.9	a	A	2.4	a	A	22.4	a	A
R	19.9	a	A	2.0	b	B	21.9	a	A
LSD		2.2	3.0		0.3	0.4		2.4	3.2
覆盖量 Mulch levels									
M ₀	16.1	b	B	2.4	ab	AB	18.5	b	B
M _{0.25}	21.8	a	A	2.6	a	A	24.4	a	A
M _{0.5}	21.0	a	A	2.2	abc	AB	23.2	a	AB
M _{0.75}	19.1	ab	AB	2.0	bc	AB	21.1	ab	AB
M ₁	21.6	a	A	1.9	c	B	23.5	a	AB
LSD		3.5	4.8		0.5	0.7		3.7	5.1
耕作方式与覆盖量的交互作用 Tillage method and mulch level interactions									
箱式 Four-row on one ridge (B)									
M ₀	16.0	b	A	2.5	ab	AB	18.5	c	A
M _{0.25}	22.1	a	A	3.1	a	A	25.3	a	A
M _{0.5}	19.7	ab	A	2.5	ab	AB	22.1	abc	A
M _{0.75}	20.7	ab	A	2.3	bc	AB	22.9	abc	A
M ₁	21.2	a	A	1.8	bc	B	23.1	abc	A
垄式 Double-row on one ridge (R)									
M ₀	16.2	b	A	2.3	bc	AB	18.5	c	A
M _{0.25}	21.4	a	A	2.1	bc	B	23.4	abc	A
M _{0.5}	22.4	a	A	2.0	bc	B	24.4	ab	A
M _{0.75}	17.6	ab	A	1.7	c	B	19.3	abc	A
M ₁	22.0	a	A	1.9	bc	B	24.0	ab	A
LSD		5.0	6.8		0.7	1.0		5.3	7.3

表 4 产量构成要素方差分析的均方值
Table 4 Mean squares from analysis of variance for yield component

变量来源 Source of variation	d.f.	块茎数(No / plant) Tuber number			块茎重(g / plant) Tuber weight			平均块茎重 (g / tuber) Mean tuber weight
		商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	
2009~2010								
重复 Replication	3	0.084	0.079	1.634	1004.3	63.7	898.3	317.0
密度 Density (D)	1	0.019	0.416**	0.102	1101.0	148.6*	440.6	385.9
肥料 Fertilizer (F)	1	0.129*	0.638**	0.036	3851.8**	517.8**	1545.2	225.2
覆盖 Mulch (M)	1	0.061	0.230	0.274	259.6	59.1	566.6	3.7
D × F	1	0.128	0.125	0.000	14.5	34.7	4.3	3.0
D × M	1	0.214	0.000	0.052	43.2	8.5	13.4	67.3
F × M	1	0.011	0.122	0.052	46.4	75.3	239.8	4.0
D × F × M	1	0.104*	0.012	0.213	2014.4 *	0.92	2101.3	2.7
误差 Error	21	0.024	0.047	0.074	404.6	33.21	464.8	76.9
2010~2011								
重复 Replication	2	0.153	0.056	0.384	2090.5	44.98	2460.1	46.9
耕作方式 Tillage methods(C)	1	0.297	0.337*	1.268*	1.1505	256.93**	302.1	636.3*
覆盖量 Mulch levels (M)	4	0.511*	0.091	0.423	6066.8**	97.18*	5910.0*	88.9
C × M	4	0.079	0.046	0.219	1199.1	50.65	1446.9	28.2
误差 Error	18	0.128	0.078	0.274	1484.9	30.02	1688.7	81.9

表 5 不同耕作方式和稻草覆盖量对产量构成的影响
Table 5 Effects of different tillage methods and mulch levels on yield components

变量来源 Source of variation	块茎数 Tuber number (No / plant)			块茎重 Tuber weight (g / plant)			平均块茎重 Mean tuber weight (g / tuber)
	商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	
2009~2010							
密度 Density							
D1	1.6	1.1Bb	2.5	179.2	26.4Ab	205.6	85.2
D2	1.6	1.4Aa	2.6	167.5	30.7Aa	198.2	78.3
肥料 Fertilizer							
F1	1.5 b	1.4 Aa	2.6	162.4 bB	32.6 Aa	195.0	79.1
F2	1.6 a	1.1 Bb	2.5	184.3 aA	24.6 Bb	208.9	84.4
覆盖量 Mulch level							
M _{0.5}	1.5	1.2	2.5	170.50	27.20	197.7	82.1
M ₁	1.6	1.3	2.7	176.20	29.90	206.1	81.4
LSD _{0.05}	0.1	0.2	ns	14.79	4.24	ns	ns
LSD _{0.01}	ns	0.2	ns	20.14	5.77	ns	ns
密度、肥料及覆盖量间的交互作用 Density, fertilizer and mulch interactions							
D1F1M _{0.5}	1.6 ab	1.2 ABbc	2.5	172.6 ABabc	28.2 ABabc	200.9 ABab	81.7
D1F1M ₁	1.5 b	1.5 Aab	2.6	162.5 ABbc	34.7 Aab	197.3 ABab	84.1
D1F2M _{0.5}	1.6 ab	0.9 Bc	2.4	182.5 ABab	20.8 Bc	203.3 ABab	86.5
D1F2M ₁	1.8 a	0.9 Bc	2.6	199.3 Aa	21.9 Bc	221.2 Aa	88.6
D2F1M _{0.5}	1.4 b	1.3 ABab	2.4	144.0 Bc	31.2 ABab	175.2 Bb	76.5
D2F1M ₁	1.6 ab	1.6 Aa	2.9	170.3 ABabc	36.3 Aa	206.6 ABab	74.2
D2F2M _{0.5}	1.6 ab	1.2 ABbc	2.6	182.9 ABab	28.6 ABabc	211.5 ABa	83.7
D2F2M ₁	1.6 ab	1.3 ABab	2.6	172.7 ABabc	26.9 ABbc	199.6 ABab	78.8
LSD _{0.05}	0.3	0.3	ns	32.0	8.9	33.25	ns
LSD _{0.01}	ns	0.4	ns	43.3	12.0	45.05	ns

续表 5 :

变量来源 Source of variation	块茎数 Tuber number (No. / plant)			块茎重 Tuber weight (g / plant)			平均块茎重 Mean tuber weight (g per tuber)
	商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	商品薯 Marketable	非商品薯 Non-marketable	合计 Total	
2010~2011							
耕作方式 Tillage methods							
B	2.3	1.2	3.5 a	265.9	32.5 Aa	298.5	85.6 a
R	2.1	1.0	3.1 b	265.5	26.6 Bb	292.1	94.8 b
<i>LSD</i> _{0.05}	ns	ns	0.4	ns	4.2	ns	6.9
<i>LSD</i> _{0.01}	ns	ns	ns	ns	5.8	ns	ns
覆盖量 Mulch levels							
M ₀	1.7 Bb	1.2	2.9 b	214.7 Bb	32.3 ABab	247.0 Bb	85.3
M _{0.25}	2.4 Aa	1.2	3.7 a	290.0 Aa	34.6 Aa	324.7 Aa	90.4
M _{0.5}	2.4 Aa	1.0	3.4 ab	280.3 Aa	29.7 ABabc	310.0 ABa	90.5
M _{0.75}	2.2 ABa	1.1	3.2 ab	255.0 ABab	26.3 ABbc	281.3 ABab	88.7
M ₁	2.3 Aa	1.0	3.3 ab	288.5 Aa	25.0 Bc	313.5ABa	96.0
<i>LSD</i> _{0.05}	0.43	ns	0.6	46.7	6.6	49.8	ns
<i>LSD</i> _{0.01}	0.59	ns	ns	64.0	9.1	68.3	ns
耕作方式与覆盖量间的交互作用 Tillage method and mulch level interactions							
箱式 Four-row on one ridge (B)							
M ₀	1.9 ABbc	1.3 ab	3.1 ABb	213.5 b	33.5 ABab	247.0 c	80.1 c
M _{0.25}	2.6 Aa	1.5 a	4.1 Aa	295.2 a	41.7 Aa	336.9 a	82.7 bc
M _{0.5}	2.4 ABab	1.0 ab	3.6 ABab	262.2 ab	32.6 ABab	294.8 abc	85.5 abc
M _{0.75}	2.3 ABab	1.2 ab	3.6 ABab	275.4 ab	30.5 ABbc	305.9 abc	85.7 abc
M ₁	2.3 ABab	1.0 ab	3.3 ABab	283.2 a	24.4 Bbc	307.6 abc	93.9 abc
垄式 Double-row on one ridge (R)							
M ₀	1.6 Bc	1.2 ab	2.7 Bb	215.8 b	31.1 ABbc	246.9 c	90.6 abc
M _{0.25}	2.2 ABab	1.0 ab	3.2 ABab	284.9 a	27.5 Bbc	312.5 abc	98.1 a
M _{0.5}	2.4 ABab	1.0 ab	3.4 ABab	298.4 a	26.7 Bbc	325.1 ab	95.6 ab
M _{0.75}	2.0 ABbc	0.9 b	2.9 ABb	234.6 ab	22.2 Bc	256.8 bc	91.8 abc
M ₁	2.4 ABab	0.9 b	3.3 ABab	293.8 a	25.5 Bbc	319.3 ab	98.0 a
<i>LSD</i> _{0.05}	0.6	0.5	0.9	66.9	9.6	71.6	15.1
<i>LSD</i> _{0.01}	0.9	ns	1.3	ns	13.0	97.7	20.6

~31.5%；单株商品薯重量显著增加。在覆盖稻草的处理间，产量构成没有显著的差异。其中处理 BM_{0.25} 的单株块茎数最高，单株块茎重量最大，分别为 4.1 个 / 株和 336.9 g / 株。但最大平均块茎重出现在 RM_{0.25} 处理中，为 98.1 g / 株(表 5)。

2.3 植株和块茎特性

2009~2010 年度，处理 D2F2M_{0.5} 的主茎数最多为 1.63。处理 D2F2M₁ 的茎粗最粗为 0.85 cm，绿薯率最低。在 2010~2011 年度，各处理间，主茎数和茎粗均没有显著差异。垄式耕作的绿薯率低于箱式耕作处理，且绿薯率随着稻草覆盖量的增加而降低(表 6)。可见，增加种植密度，提高化肥用量，增加稻草覆盖量均有利于降低绿皮薯的数量。各处理

对马铃薯的比重均没有显著影响。

3 讨论

在中国南方，水稻-水稻轮作是主要的耕作系统。近年来，随着早熟型水稻品种的引进，春季稻的播种时间明显提前，夏季或秋季水稻的收获时间也随之提早，导致耕地在冬末春初有近 90~150 d 的空闲时期。而这段时间的温度正适合马铃薯的生产。将马铃薯种植在冬闲田对于提高我国粮食生产量和耕地的利用率潜力巨大。但是，稻田的土壤往往较为粘重且有机质含量较低，从而增加了耕作强度。近来，随着免耕稻草覆盖技术在该区域的迅速推广，有关冬作马铃薯栽培方式的研究也越来越受到人们

表 6 不同处理对马铃薯植株和块茎特性的影响
Table 6 The effect of different treatments on potato characteristics

处理 Treatment	主茎数(No.) Main stalk number	茎高(cm) Stalk height	茎粗(cm) Stalk diameter	绿薯率(%) Green potato rate	比重 Special gravity
2009~2010					
D1F1M _{0.5}	1.48 ab	21.40	0.83 ABa	0.28 Aa	1.066
D1F1M ₁	1.45 ab	18.45	0.81 ABab	0.14 Bbc	1.067
D1F2M _{0.5}	1.60 ab	18.80	0.78 Bb	0.29 Aa	1.067
D1F2M ₁	1.45 ab	18.78	0.80 ABab	0.19 ABabc	1.067
D2F1M _{0.5}	1.38 ab	21.18	0.82 ABab	0.24 ABab	1.067
D2F1M ₁	1.45 ab	22.55	0.84 ABa	0.16 ABbc	1.065
D2F2M _{0.5}	1.63 a	22.63	0.81 ABab	0.24 ABab	1.066
D2F2M ₁	1.33 b	21.78	0.85 Aa	0.13 Bc	1.066
平均 Average	1.47	20.69	0.82	0.21	1.066
LSD _{0.05}	0.2826	ns	0.0514	0.1033	ns
LSD _{0.01}	ns	ns	0.0697	0.14	ns
2010~2011					
箱式 Four-row on one ridge (B)					
M ₀	1.70	28.47 b	0.67	0.18 Aa	1.068
M _{0.25}	2.03	34.33 ab	0.80	0.09 ABb	1.067
M _{0.5}	1.60	28.27 b	0.75	0.08 Bbcd	1.070
M _{0.75}	1.77	37.50 a	0.80	0.08 Bbc	1.067
M ₁	2.03	31.20 ab	0.75	0.04 Bbcd	1.071
垄式 Double-row on one ridge (R)					
M ₀	1.53	31.77 ab	0.62	0.06 Bbcd	1.068
M _{0.25}	1.67	34.80 ab	0.70	0.01 Bcd	1.070
M _{0.5}	1.70	31.47 ab	0.71	0.02 Bcd	1.067
M _{0.75}	1.97	36.53 a	0.73	0.02 Bcd	1.070
M ₁	1.97	35.07 ab	0.79	0.01 Bd	1.072
平均 Average	1.80	32.94	0.73	0.06	1.069
LSD _{0.05}	ns	7.4945	ns	0.0702	ns
LSD _{0.01}	ns	ns	ns	0.0958	ns

的关注^[3]。

为寻找广西冬作马铃薯的最佳栽培方式,共设置了两个生长季的试验。第一个试验设置于2009~2010年度,研究表明,当种植密度为90 000株/hm²时,商品薯和非商品薯的产量均较高,但是平均块茎重下降。与F1处理相比,在F2处理中,商品薯的产量显著增加,非商品薯产量显著下降。随着肥料施用量的增加,非商品薯的单株数和单株重均下降。有关肥料对马铃薯产量和块茎大小影响的研究已有许多^[4-5],与本研究结果一致,施肥对于平均块茎重的增加有显著的促进作用。

不同的稻草覆盖量对产量和产量构成的影响均

不明显。D2F2M_{0.5}处理的总产量和商品薯产量均高于其它处理。

在2010~2011年度,我们采用的肥料用量为1.2 t/hm²(F2)。考虑到第二年使用的品种与第一年不同,我们采用的种植密度为75 000(介于60 000和90 000株/hm²之间)。为了找到最为合适的马铃薯栽培方式,在第二年的试验中设置了两种耕作方式和5个稻草覆盖水平进行研究。

与传统的垄式耕作方式相比,箱式耕作方式使劳动强度减少了一半,虽然平均块茎重有所下降,但块茎的数量却显著增加。且结果显示,总产量并没有受到影响。但在箱式耕作条件下,土壤没有彻

底耕翻, 松弛度不够, 从而在一定程度上限制了块茎的膨大, 导致非商品薯产量增加。可见, 减少耕作强度对总产量并没有显著的影响, 但增加耕翻有利于降低非商品薯的产量。

稻草覆盖处理的总产量和商品薯的产量显著高于没有稻草覆盖的处理, 与 M_0 处理相比, 覆盖稻草处理的单株块茎数增加了 10.3%~27.6%, 单株块茎重增加了 13.9%~31.5%, 总产量增加了 14.0%~31.9%。但是, 马铃薯产量并没有随着稻草覆盖量的增加而增加。当覆盖量为 $0.25 \text{ kg} / \text{m}^2$ 时, 产量最高 ($25.3 \text{ t} / \text{hm}^2$)。研究表明, 稻草覆盖对块茎产量的影响差异较大, 一般主要与气候条件的关系密切。在气候较为严热干燥的地区, 往往增加覆盖量有利于产量的提高, 这主要是由于稻草覆盖增加了土壤湿度^[6]。但是, 在温带地区, 覆盖量对块茎的大小和产量影响较小^[7]。在本研究中, 试验地位于广西武鸣县, 该地属于亚热带气候区。虽然平均年降雨量可达到 ($1\ 300 \text{ mm}$), 但仅有 20%~30% 的雨量发生于旱季 (10 月到次年的 3 月)。因此, 在该地区保持土壤水分十分重要。许多研究表明, 稻草覆盖对于保持土壤水分^[8-9], 减少土壤水分蒸发有着重要的作用^[10]。

在印度东部平原地区, 冬天利用稻草覆盖技术种植马铃薯也获得较高的经济效益, 这主要是由于稻草覆盖技术不仅可以减少土壤水分的流失, 还可以在在一定程度上降低土壤温度^[11]。温度为 $15\sim 18^\circ\text{C}$ 时, 最有利于块茎的膨大。温度过高或过低, 块茎的膨大均会受到影响。但如果稻草覆盖量过高 (高于 $10 \text{ t} / \text{hm}^2$) 又会导致土壤温度下降, 从而影响该地区马铃薯的生产。在本试验地区, 12 月至次年 2 月的最低温度仅为 $3\sim 6^\circ\text{C}$ 。如果遇到极端低温天气, 就会增加产量降低的风险。因此, 在本地区不推荐覆盖过多的稻草。这可能也是最高产量出现在 $M_{0.25}$ 处理的原因。但增加稻草覆盖量, 有利于减少非商品薯的重量和数量, 有益于提高马铃薯的商品性。

此外, 对于利用稻草覆盖技术种植的马铃薯而言, 绿皮薯是一个很大的问题。当块茎暴露于阳光下时, 薯皮便会变绿, 产生有毒物质龙葵素, 不利于食用。研究结果表明, 增加种植密度、肥料施用量、耕作垄数和稻草覆盖量均有利于绿皮薯数量的降低。但是起垄数和稻草覆盖量的增加会导致生产

成本大大提高。通常每公顷稻田的稻草产量约为 $5\ 000 \text{ kg} / \text{hm}^2$ ($0.5 \text{ kg} / \text{m}^2$)。如果可将所有的稻草用于覆盖则不需要将稻草运出稻田, 大大降低了劳动成本。且在马铃薯收获后, 这些稻草又可以还田, 增加土壤肥力。

因此, 考虑到实际条件的限制, 在广西冬作区, 选用箱式耕作的同时覆盖 $0.5 \text{ kg} / \text{m}^2$ 的稻草是最为经济和高效的栽培方式。

[参 考 文 献]

- [1] Qu D Y, Jin L P, Xie K Y. Potato industry production during the last 10 years in China (1998–2008) [M]. Chinese Agricultural Science Technology Publisher, 2010: 5.
- [2] Lv J Z, Kuang W S, Liang H, et al. No-tillage winter potato development and strategy in Guangxi [J]. China Seed, 2008, 9: 14–15.
- [3] Oswald A, Xie KY, Ezeta F. Minimum tillage systems with winter-potato in southern China [C]. International Society for Tropical Root Crops. 15. Symposium of ISTRC. Lima (Peru). 1–6 Nov 2009: 172–173.
- [4] Arsenault W J, LeBlanc D A, Tai G C C, et al. Effects of nitrogen application and seedpiece spacing on yield and tuber size distribution in eight potato cultivars [J]. American Journal of Potato Research, 2001, 78: 301–309.
- [5] Chandra S, Singh R D, Bhatnagar V K, et al. Effect of mulch and irrigation on tuber size, canopy temperature, water use and yield of potato (*Solanum tuberosum*) [J]. Indian Journal of Agronomy. 2002, 47: 443–448.
- [6] Zebarth B J, Arsenault W J, Sanderson J B. Effect of seedpiece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components, and nitrogen use efficiency parameters of two potato cultivars [J]. American Journal of Potato Research, 2006, 83: 289–296.
- [7] Döring T F, Brandt M, Heß J, et al. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes [J]. Field Crops Research, 2005, 94: 238–249.
- [8] Kar G. Tuber yield of potato as influenced by planting dates and mulches [J]. Journal of Agrometeorology, 2003, 5: 60–67.
- [9] Kar G, Singh R. Soil water retention–transmission studies and enhancing water use efficiency of winter crops through soil surface modification [J]. Indian Journal of Soil Conservation, 2004, 8: 18–23.
- [10] Singh B, Eberbach P L, Humphreys E, et al. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab [J]. Agricultural Water Management, 2011, 98(12): 1847–1855.
- [11] Kar G, Kumar A. Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in eastern India [J]. Agricultural Water Management, 2007, 94: 109–116.