

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)03-0219-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.03.003

栽培生理

稻壳覆盖量对冬作马铃薯钾素吸收、产量和产值的影响

邓 伟^{1,2}, 官利兰³, 管大伟¹, 刘 涛¹, 谭 微¹, 张新明^{1*}

(1. 华南农业大学, 广东 广州 510642; 2. 乐安县农业技术推广中心, 江西 乐安 344300;

3. 恩平市农业技术推广服务中心, 广东 恩平 529400)

摘 要: 稻壳资源丰富, 便于操作, 透气性好。在冬作马铃薯栽培过程中, 以马铃薯‘费乌瑞它’一级种为供试材料, T1 为无稻壳和无施肥, 而 T2、T3、T4、T5 分别用 0, 6 000, 9 000 和 12 000 kg/hm² 的稻壳对马铃薯进行覆盖, 生物有机肥均施 4 500 kg/hm², 缓释复合肥均施 1 500 kg/hm², 探究不同稻壳覆盖量对马铃薯产量、产值及钾素营养特性的影响。在整个采样期内, 各处理块茎钾素积累量都有不同程度的增加, 且在齐苗 58 d 时, T1~T5 达到最大积累量, 分别为 1 382.42, 2 244.38, 2 602.51, 2 956.76 和 2 956.76 mg/株, 此时块茎钾素积累量占全株的比例达到最大, 分别为 67.61%、71.20%、70.79%、76.42%、72.82%。T3 的总产量为 34 743 kg/hm², 显著高于 T2, 较 T2 增加 29.48%。T3 和 T4 的总产值显著高于 T2, 分别较 T2 增加 30.74% 和 25.91%。因此, 6 000 kg/hm² 的稻壳可以作为广东省冬作马铃薯栽培供试条件下的适宜覆盖量。

关键词: 冬作马铃薯; 稻壳覆盖; 钾素; 营养特性; 产量; 产值

Effects of Paddy Rice Husk Mulching on Potassium Absorption, Yield and Output Value of Winter Potatoes

DENG Wei^{1,2}, GUAN Lilan³, GUAN Dawei¹, LIU Tao¹, TAN Wei¹, ZHANG Xinming^{1*}

(1. South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China;

2. Le'an Agricultural Technology Extension Center, Le'an, Jiangxi 344300, China;

3. Enping Agricultural Technology Extension Service Center, Enping, Guangdong 529400, China)

Abstract: Paddy rice husk is rich in resources, easy to operate, and have good permeability. In order to understand the effects of different paddy rice husk mulching amounts on potato yield, output value and potassium nutrition characteristics, the certified I seed potatoes of 'Favorita' were used as test materials, and five treatments with different doses of paddy rice husk for mulching during the cultivation of winter potato were designed as follows: T1 being rice husk free and fertilization free, while T2, T3, T4 and T5 being 0, 6 000, 9 000 and 12 000 kg/ha of paddy rice husk, respectively, with biological manure of 4 500 kg/ha, and slow release compound fertilizer of 1 500 kg/ha. During the whole sampling period, the accumulation of potassium (K) in tubers of each treatment increased with varying degrees,

收稿日期: 2023-05-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0200801); 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-09-ES18); 2020年度广东省科技专项资金(“大专项+任务清单”)项目(163-2019-XMZC-0009-03-0014)。

作者简介: 邓伟(1995-), 女, 硕士, 助理农艺师, 研究方向为蔬菜生理与高效栽培技术。

*通信作者(Corresponding author): 张新明, 博士, 副教授, 研究方向为土壤肥力与养分资源综合管理, E-mail: 1992876243@qq.com。

and at 58 days after full seedling, the maximum K accumulation all appeared in terms of T1-T5 treatments, which was 1 382.42, 2 244.38, 2 602.51, 2 956.76 and 2 956.76 mg/plant, respectively. At the same time, the proportion of potassium accumulation in tubers to the whole plant reached the maximum, which was 67.61%, 71.20%, 70.79%, 76.42% and 72.82%, respectively. The total yield of T3, 34 743 kg/ha, was significantly higher than that of T2, and increased by 29.48%. The total output value of T3 and T4 were significantly higher than that of T2, which increased by 30.74% and 25.91%, respectively. Therefore, 6 000 kg/ha of paddy rice husk could be used as the suitable rice husk mulching under the experiment conditions of winter potato cultivation in Guangdong Province.

Key Words: winter potato; rice husk mulching; potassium; nutritional characteristic; yield; output value

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.), 属茄科, 一年生草本植物, 是继水稻、小麦、玉米之后的世界第四大粮食作物^[1]。马铃薯营养丰富, 被人们称作“地下苹果”和“第二面包”^[2]。种植效益好, 可以增加农民收入^[3]。

2020年广东省冬作马铃薯种植面积达4.14万hm², 总产量约为92.4万t^[4]。黑膜覆盖技术是广东省冬作马铃薯主产区采用的主推技术, 但是黑膜覆盖使土壤的透气性减弱, 且耐腐蚀性强, 不易分解, 造成环境污染^[5]。同时对作物保温效果逐渐减弱, 严重影响作物根系生长, 降低出苗率, 进而导致作物减产^[6]。而稻壳作为农作物栽培过程中一种新兴的覆盖物, 其优势越发明显。稻谷加工时会产生大量的稻壳, 而稻壳中含有C、O、Si、H、Ca和K^[7], 资源丰富, 易收集^[8], 用稻壳发电可以缓解环境污染^[9]。研究表明, 覆盖稻壳可以提高马铃薯的出苗率、商品薯率和产量, 降低青皮率^[10,11]。也有研究表明, 稻壳可以促进烟苗、卷丹百合等生长发育^[12,13], 还可以增强大棚黄瓜的土壤保温效果, 提高株高、茎粗等生理指标, 提高抗病性和产量^[14]。马铃薯是喜钾作物, 钾素促进植物生长发育, 维持体内正常新陈代谢^[15], 钾肥可以显著提高马铃薯产量和品质^[16]。栽培过程中施用钾肥对马铃薯干物质积累具有一定影响^[17], 而且适当钾素可以促进株高和增加单株叶片数^[18], 还能促进养分吸收、提高其产量, 但过量钾素则会降低产量^[19], 影响经济效益。因此, 分析马铃薯不同生育时期钾素的积累规律、产量及产值很有必要。为探究稻壳对马铃薯生长

的影响, 本试验重点探究不同稻壳覆盖量对广东省冬作马铃薯钾素积累特征、产量及产值的影响, 在种植过程中开展三种稻壳覆盖量的对比试验, 探讨“一基免追”复合施肥方式下的适宜稻壳覆盖量, 为广东省冬作马铃薯稻壳覆盖技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省西南部恩平市恩城街道深水村(N 22.21°, E 112.29°)基地进行。土壤是水稻土, 前茬作物为水稻, 供试耕层土壤质地为轻壤土, 有机质含量为17.11 g/kg, 碱解氮62.70 mg/kg, 有效磷79.00 mg/kg, 速效钾61.50 mg/kg, pH为5.3。

1.2 试验材料

供试品种: ‘费乌瑞它’(*Solanum tuberosum* L.), 一级种。

供试肥料: 生物有机肥(N 12.8 g/kg, P₂O₅ 31.9 g/kg, K₂O 8.2 g/kg)和缓释复合肥(N:P₂O₅:K₂O = 14:6:24)。

供试稻壳: 谷粒去掉外壳后, 未做任何处理。

1.3 试验设计

试验设置T1为无稻壳和无施肥, 而T2、T3、T4、T5分别为0, 6 000, 9 000和12 000 kg/hm²的稻壳对马铃薯进行覆盖, 生物有机肥均施4 500 kg/hm², 缓释复合肥均施1 500 kg/hm², 其他条件一致(表1)。

2020年11月14日播种, 以“一基免追”方式

施肥。采用高垄双行“品”字形种植, 随机区组排列, 共设置5个处理, 其中T1为空白组, T2为对照组。每个处理设3个重复(小区), 每个小区面积为39 m²(垄宽1.3 m × 垄长10 m × 3), 每个小区3垄, 中间垄为测产垄, 种植密度为69 234株/hm²。2020年12月18日达到齐苗(80%出苗率), 分别

于齐苗后10, 22, 34, 46和58 d采样, 但是在齐苗10 d时未形成块茎, 所以只有4次采样数据, 2021年3月18日收获, 收获时按小区进行测产, 并按照商品薯(块茎重≥75 g, 包括无病虫害、无畸形、无裂口)和次品薯(块茎重<75 g, 包括畸形薯和裂薯)进行分类。

表1 试验不同处理
Table 1 Different treatments in the test

处理 Treatment	稻壳覆盖量(kg/hm ²) Amount of rice-husk mulch (kg/ha)	生物有机肥(kg/hm ²) Bio-organic manure (kg/ha)	缓释复合肥(kg/hm ²) Slow-release compound fertilizer (kg/ha)
T1	0	0	0
T2	0	4 500	1 500
T3	6 000	4 500	1 500
T4	9 000	4 500	1 500
T5	12 000	4 500	1 500

1.4 样品分析

植物全钾的测定: 植物烘干后过筛样品经H₂SO₄-H₂O₂消煮后, 采用火焰光度法测定^[20]。

1.5 数据处理与统计

1.5.1 计算公式

钾元素占比(%) = 块茎或茎叶钾元素积累量/全株钾元素积累量 × 100

生产成本(元/hm²) = 人工费用 + 种薯费用 + 肥料费用 + 农药费用 + 稻壳费用

总产值(元/hm²) = 商品薯单价 × 商品薯产量 + 次品薯单价 × 次品薯产量

平衡期天数(d)^[21] = $12 \times e^{(b_1-b_2)/(k_2-k_1)} - b_3$ (其中b₁、b₂、b₃为函数公式常数, k₁、k₂为函数公式系数)

1.5.2 统计分析

试验数据采用Excel 2010和DPS 14.10软件^[22]进行统计分析, 采用Duncan's多重比较法检验处理间差异显著性(α = 0.05)。

2 结果与分析

2.1 不同稻壳覆盖量对马铃薯块茎钾素积累量的影响

随着采样时间的推移, 各处理马铃薯块茎钾素积累量逐渐增加, 且在齐苗58 d, T1~T5最大

积累量分别高达1 382.42, 2 244.38, 2 602.51, 2 956.76和2 956.76 mg/株。只有T3在各采样时间均显著高于T2, T4则在齐苗46和58 d显著高于T2, 而T5则在齐苗22、34和58 d显著高于T2。T3在齐苗22、34 d时显著高于T4, 在齐苗22和46 d时显著高于T5, 但在齐苗58 d时, T3显著低于T4和T5(图1)。

2.2 不同稻壳覆盖量对马铃薯茎叶钾素积累量的影响

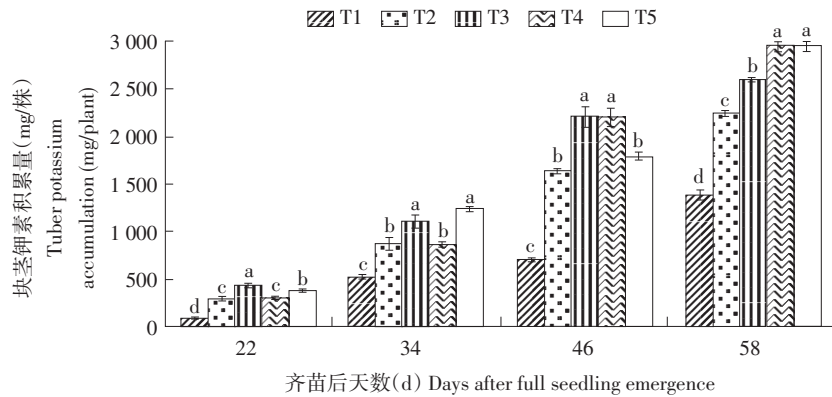
随着采样期的推移, T1的马铃薯茎叶钾素积累量显著低于其余各处理, 但是只有T3在整个采样期显著高于T2, T3在齐苗46 d时与T4无显著性差异, 在齐苗22 d时与T5无显著性差异, 其余时期显著高于两处理, 且T3最大积累量达1 291.34 mg/株, 而T4和T5的最大积累量分别为938.16和1 103.83 mg/株(图2)。

2.3 不同稻壳覆盖量对马铃薯块茎和茎叶钾素积累量的影响

在整个采样期内, 各处理的块茎钾素积累量占全株百分含量不断变大, 而茎叶在不断减小。在齐苗10 d, 茎叶占比为百分之百, 但是随着块茎的形成, 块茎钾素积累和占比不断增加, T1~T5块茎钾素积累量最大占比分别可达67.61%、71.20%、

70.79%、76.42%和72.82%。根据理论公式可以计算出, T2和T4在齐苗32 d时, 块茎和茎叶钾素

积累量达到一个平衡状态, 而T1、T3和T5则分别在齐苗36、33和31 d时达到平衡状态(图3)。



注: 数据为3次重复的平均值, 误差线为标准误。具有不同字母的处理差异显著($P < 0.05$), 采用Duncan's多重比较法。下同。

Note: Data are the average over three replicates, and error bar is standard error. Treatments marked with different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$) as tested using Duncan's multiple range test method. The same below.

图1 不同稻壳覆盖量的马铃薯块茎钾素积累量

Figure 1 Tuber potassium accumulation with different amounts of rice husk mulch

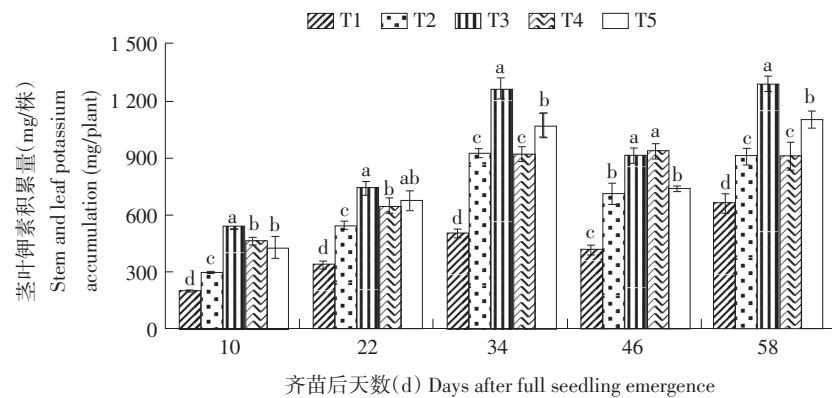


图2 不同稻壳覆盖量的马铃薯茎叶钾素积累量

Figure 2 Stem and leaf potassium accumulation with different amounts of rice husk mulch

2.4 不同稻壳覆盖量对马铃薯产量的影响

T1马铃薯总产量和商品薯产量分别为12 288和8 673 kg/hm², 显著低于其他处理。T3总产量和商品薯产量分别为34 743和30 858 kg/hm², 显著高于T2, 总产量较T2增加29.48%, T4的商品薯产量显著高于T2。T5和T2之间的总产量和商品薯产量不存在显著性差异, T3、T4和T5之间也无显著性差异(表2)。

2.5 不同稻壳覆盖量对马铃薯生产成本的影响

在整个马铃薯种植栽培过程中, T5的生产费用最高, 为35 175元/hm², 其次是T4, 为34 275元/hm², 第三则是T3, 为33 375元/hm², T1所产生的费用最低, 仅为18 750元/hm²(表3)。

2.6 不同稻壳覆盖量对马铃薯产值的影响

T1总产值和商品薯产值分别为16 046和13 876元/hm², 显著低于其他处理。T3总产值和商品

薯产值最高, 分别为51 705和49 374元/hm², T3和T4的总产值和商品薯产值均显著高于T2, 总产值分别较

T2高30.74%和25.91%, 但T5与T2之间无显著性差异, T3、T4和T5之间也不存在显著性差异(表4)。

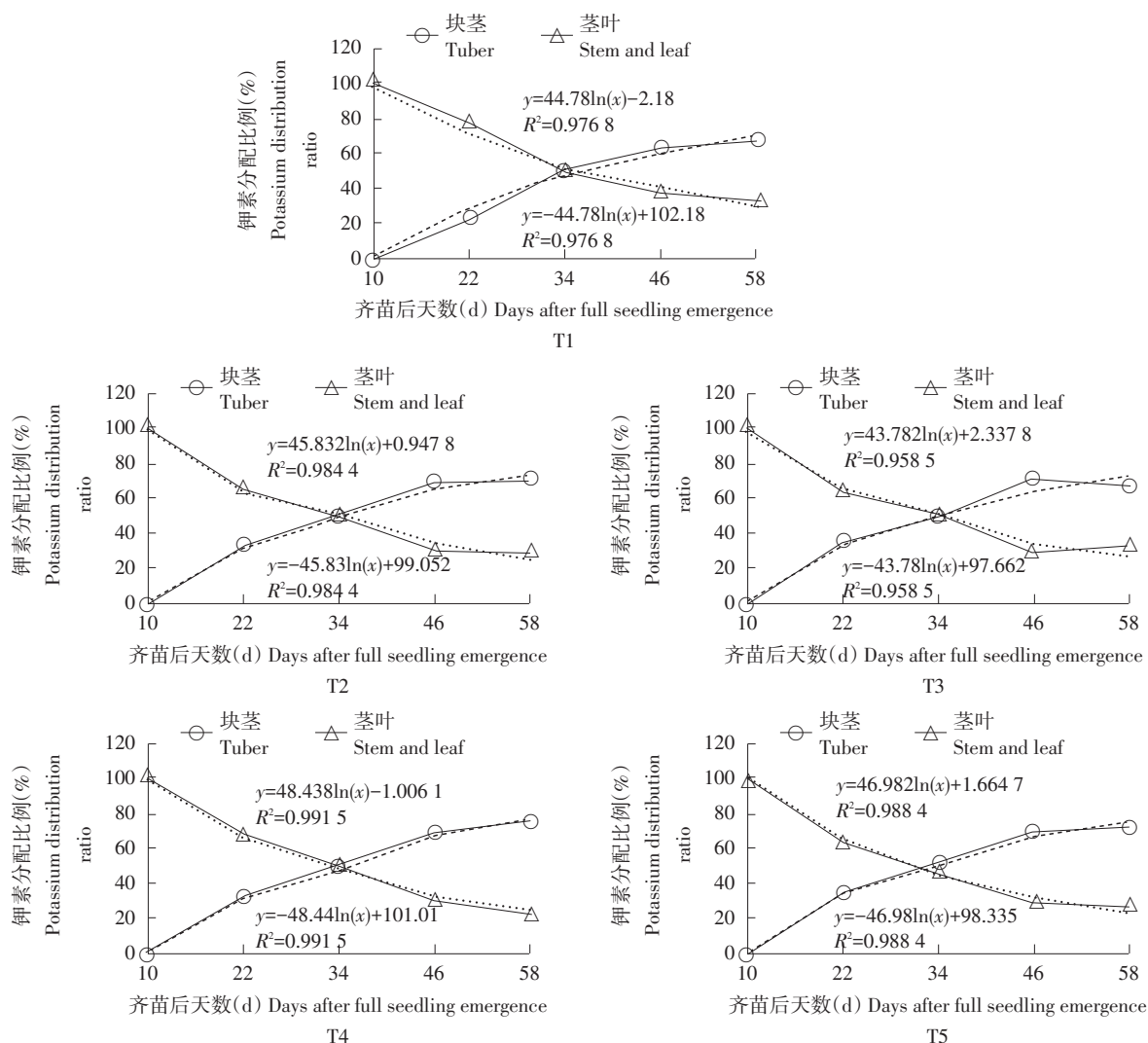


图3 不同稻壳覆盖量的马铃薯块茎和茎叶钾素积累量占比

Figure 3 Proportion of potassium accumulation in tubers, stems and leaves under different amounts of rice husk mulch

3 讨论

稻壳覆盖技术可以显著增加马铃薯的钾素积累量, 其中6 000 kg/hm²稻壳覆盖量对钾素促进效果相对较好。稻壳碳里含有较多钾素, 能够维持土壤中植物所需矿质元素, 可以提高水稻茎秆中钾元素的含量^[23], 周江涛等^[24]研究结果显示, 覆盖稻壳炭可以显著增加苹果果实中钾的含量。

本研究结果显示, 各处理马铃薯块茎钾素积累量随采样期的推移逐渐增加, 在生育前期, 块茎对钾素积累量较少, 随着生育期的推移积累量逐渐增多, 后期积累量变化趋势又逐渐减缓, 这与陈建国等^[25]研究结果一致。这可能是因为稻壳中含有大量的矿质元素, 可以满足马铃薯生长发育的需要, 从而促进块茎钾素的积累。在生育中期, 即齐苗31~36 d, 块茎钾素积累量约占全株的50%,

随着时间推移,块茎占比逐渐增加,而茎叶则不断减小,这与曹先维等^[26]和王克秀等^[27]研究结果基本一致,这是因为在生育前期,钾素主要集中在茎叶,促进生长,块茎形成后,叶片的钾源源

不断地向地下部分输送,达到成熟期后,大部分钾素主要集中在块茎^[28]。从生育后期开始,覆盖稻壳处理的马铃薯块茎钾素积累量显著高于裸地处理,这与吴愉萍等^[29]研究结果基本一致。

表2 不同稻壳覆盖量的马铃薯产量

Table 2 Yield of potato under different amounts of rice husk mulch

处理 Treatment	总产量(kg/hm ²) Total yield (kg/ha)	商品薯产量(kg/hm ²) Marketable tuber yield (kg/ha)	总产量较T1增加(%) Total yield compared with T1	总产量较T2增加(%) Total yield compared with T2
T1	12 288 ± 3 519 c	8 673 ± 2 788 c	—	—
T2	26 833 ± 2 343 b	23 448 ± 2 160 b	118.31	—
T3	34 743 ± 834 a	30 858 ± 327 a	182.67	29.48
T4	33 205 ± 1 622 ab	29 871 ± 1 871 a	170.22	23.78
T5	30 551 ± 1 676 ab	27 051 ± 1 166 ab	148.58	13.87

注:表中数据为3次重复的平均值,其后为标准误。列表中数字后不同小写字母表示数据间差异显著($P < 0.05$),采用Duncan's多重比较法。下同。

Note: Data are the average over three replicates followed by standard error. Treatment means followed by different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$) as tested using Duncan's multiple range test method. The same below.

表3 不同稻壳覆盖量的马铃薯生产成本

Table 3 Total production cost of potato under different amount of rice husk mulch

处理 Treatment	种薯(元/hm ²) Seed potato (Yuan/ha)	农药(元/hm ²) Pesticides (Yuan/ha)	有机肥(元/hm ²) Organic fertilizer (Yuan/ha)	化肥(元/hm ²) Chemical fertilizer (Yuan/ha)	稻壳(元/hm ²) Rice husk (Yuan/ha)	人工(元/hm ²) Labor (Yuan/ha)	合计(元/hm ²) Total (Yuan/ha)
T1	9 000	2 250	0	0	0	7 500	18 750
T2	9 000	2 250	6 525	6 300	0	7 500	31 575
T3	9 000	2 250	6 525	6 300	1 800	7 500	33 375
T4	9 000	2 250	6 525	6 300	2 700	7 500	34 275
T5	9 000	2 250	6 525	6 300	3 600	7 500	35 175

注:种薯4元/kg,有机肥1.45元/kg,化肥4.2元/kg,稻壳0.3元/kg,农药2 250元/hm²,人工7 500元/hm²。

Note: Seed potatoes are 4 Yuan/kg; organic fertilizer is 1.45 Yuan/kg; chemical fertilizer is 4.2 Yuan/kg; rice husk is 0.3 Yuan/kg; pesticides are 2 250 Yuan/ha; and labour is 7 500 Yuan/ha.

表4 不同稻壳覆盖量的马铃薯产值

Table 4 Production value of potato under different amounts of rice husk mulch

处理 Treatment	总产值(元/hm ²) Total output value (Yuan/ha)	商品薯产值(元/hm ²) Marketable tuber output value (Yuan/ha)	总产值较T1增加(%) Total output value compared with T1	总产值较T2增加(%) Total output value compared with T2
T1	16 046 ± 4 900 c	13 876 ± 4 461 c	—	—
T2	39 549 ± 3 561 b	37 517 ± 3 456 b	146.47	—
T3	51 705 ± 827 a	49 374 ± 523 a	222.23	30.74
T4	49 795 ± 2 830 a	47 794 ± 2 994 a	210.33	25.91
T5	45 382 ± 2 158 ab	43 282 ± 1 865 ab	182.82	14.75

注:商品薯1.6元/kg,次薯0.6元/kg。

Note: Marketable potato tuber are 1.6 Yuan/kg, and small-sized tuber and defective tuber are 0.6 Yuan/kg.

稻壳可以提高马铃薯的产量和产值。稻壳可以有效降低空气湿度^[30], 湿度过高会导致马铃薯烂薯。杂草会争夺马铃薯生长过程中的光照、水肥和传播病虫害等^[31], 而稻壳可以有效控制杂草的生长^[32]。因此, 覆盖稻壳可以保证马铃薯生长所需正常的养分和光照, 减少病虫害的发生, 进而增加产量。稻壳可以显著增加土壤有机质、速效磷和速效钾的含量^[33], 而钾元素可以通过植物根部输送到其他部位, 促进生根^[34]。钾元素还可以增加结薯数, 提高结薯率^[35], 进而增加马铃薯产量, 因此稻壳可以增加作物产量, 这与吴恒容等^[36]研究结果一致。但是稻壳覆盖对马铃薯光合特性及稻壳在这周期中理化性质变化还有待进一步研究。

在施用4 500 kg/hm²生物有机肥和1 500 kg/hm²缓控释复合肥的基础上, 栽培冬作马铃薯过程中覆盖稻壳, 可以增加马铃薯产量, 促进块茎钾元素的积累。覆盖稻壳处理的钾素积累和产量均比无覆盖处理效果要好, 说明覆盖稻壳可以促进马铃薯钾素积累和增产。虽然覆盖6 000 kg/hm²稻壳处理的块茎钾素积累量较9 000和12 000 kg/hm²稻壳量处理均低354.25 mg/株, 但是6 000 kg/hm²稻壳处理的总产量分别比9 000和12 000 kg/hm²稻壳量处理高1 538和4 192 kg/hm², 总产值分别高1 910和6 323元/hm², 成本则分别低900和1 800元/hm², 说明6 000 kg/hm²稻壳覆盖量综合效果较好。稻壳可以作为冬作马铃薯栽培过程中的覆盖物, 且6 000 kg/hm²覆盖量较为适宜。

[参 考 文 献]

- [1] 贺加永. 中国马铃薯产业发展现状及建议 [J]. 农业展望, 2020, 16(9): 34–39.
- [2] 黄爱珍. 马铃薯产业发展现状及对策 [J]. 农业开发与装备, 2021(8): 42–43.
- [3] 古秋霞, 林群, 黄修杰, 等. 2015年广东马铃薯产业发展形势与对策建议 [J]. 广东农业科学, 2016, 43(3): 21–24.
- [4] 曹先维, 徐鹏举, 陈洪, 等. 2020年广东省马铃薯产业现状、存在问题及发展建议 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021: 31–33.
- [5] Zhang Q Q, MA Z R, CAI Y Y, *et al.* Agricultural plastic pollution in China: generation of plastic debris and emission of phthalic acid esters from agricultural films [J]. Environmental Science and Technology, 2021, 55(18): 12459–12470.
- [6] 周桂琴. 农用薄膜的残留问题应引起高度重视 [J]. 甘肃农业, 2008(4): 66.
- [7] Suresh S, Sudhakara D, Vinod B. Investigation on industrial waste eco-friendly natural fiber-reinforced polymer composites [J]. Journal of Bio- and Tribo-Corrosion, 2020, 6(2): 123–133.
- [8] 刘平稳, 林涛, 李温静, 等. 浅谈稻壳的资源化利用与处理方法 [J]. 现代食品, 2021(18): 74–77.
- [9] Mayer F D, Salbego P R S, de Almeida T C, *et al.* Quantification and use of rice husk in decentralized electricity generation in Rio Grande do Sul State, Brazil [J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2015, 17(4): 993–1003.
- [10] 张茂明. 水稻育秧棚内稻壳覆盖马铃薯栽培技术研究 [J]. 蔬菜, 2022(11): 25–28.
- [11] 徐宁, 张洪亮, 张荣华, 等. 不同稻壳基质对马铃薯微型薯产量及产量性状的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2022(9): 55–59.
- [12] 周德英, 王锡春, 李小慧, 等. 不同发酵稻壳基质配方对烟苗生长发育的影响 [J]. 贵州农业科学, 2022, 50(10): 28–33.
- [13] 黎友情, 刘芳. 不同覆盖方式对卷丹百合农艺性状与产量的影响 [J]. 现代园艺, 2022, 45(3): 8–9.
- [14] 赵丽丽, 王成港, 赵琳, 等. 覆施稻壳对大棚黄瓜长势及防控黄瓜疫病的影响 [J]. 安徽农业科学, 2023, 51(6): 35–40.
- [15] 马建梅, 李惠霞, 张学科. 不同施钾量对设施栽培番茄生长及钙、镁养分吸收的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2021(3): 90–95.
- [16] 卢茗. 钾肥施用量对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 中国农业文摘-农业工程, 2022, 34(5): 44–47.
- [17] 黄美华, 冯剑, 徐鹏举, 等. 氯化钾与硫酸钾配施对马铃薯干物质及产量效益的影响 [J]. 广东农业科学, 2016, 43(3): 101–105.
- [18] Singh S K, Bansal S K, Singh R K. Potassium nutrition management in potato grown under short day condition in eastern plains of India [J]. BIOINFOLET-A Quarterly Journal of Life Sciences, 2012, 9(4b): 661–666.
- [19] 顾小凤, 魏全全, 苟久兰, 等. 不同钾素水平对马铃薯养分吸收及酶活性与产量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2022, 50(8): 15–24.
- [20] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法 [M]. 北京: 中国农业科学

- 技术出版社, 2007.
- [21] 曹一平. 高等植物的矿质营养 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 64-70.
- [22] Tang Q Y, Zhang C X. Data Processing System (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research [J]. *Insect Science*, 2013, 20(2): 254-260.
- [23] 武德里, 邢嘉韵, 范星露, 等. 稻壳炭对水稻产量和矿质元素吸收的影响 [J]. *激光生物学报*, 2015, 24(4): 382-389.
- [24] 周江涛, 李燕青, 闫帅, 等. 果园地面覆盖对苹果果实品质和矿质营养的影响 [J]. *中国果树*, 2019(4): 16-20, 117.
- [25] 陈建国, 何文寿, 代晓华, 等. 施肥对旱作马铃薯干物质及养分吸收的影响 [J]. *中国马铃薯*, 2016, 30(5): 282-288.
- [26] 曹先维, 汤丹峰, 陈洪, 等. 高产冬种马铃薯的钾素吸收、积累、分配特征研究 [J]. *热带作物学报*, 2013, 34(1): 33-36.
- [27] 王克秀, 汪翠存, 唐铭霞, 等. 氮素水平对雾培马铃薯氮磷钾吸收、积累和分配规律的影响 [J]. *西南农业学报*, 2020, 33(12): 2852-2861.
- [28] 卢建武, 邱慧珍, 张文明, 等. 半干旱雨养农业区马铃薯干物质和钾素积累与分配特性 [J]. *应用生态学报*, 2013, 24(2): 423-430.
- [29] 吴愉萍, 朱勇, 连瑛, 等. 施用稻壳炭对大白菜、马铃薯产量和品质的影响 [J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(6): 933-935.
- [30] 王成港, 赵琳, 赵丽丽, 等. 稻壳覆施技术对棚内湿度的调控效果以及番茄长势和晚疫病抗性的影响 [J]. *河北农业科学*, 2022, 26(6): 65-71.
- [31] 闫雷, 张远学, 邹莹, 等. 2020年全国马铃薯主产区田间杂草分布及除草剂使用调研分析 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021: 490-491.
- [32] Altland J E, Boldt J K, Krause C C. Rice hull mulch affects germination of bittercress and creeping woodsorrel in container plant culture [J]. *American Journal of Plant Sciences*, 2016, 7(16): 2659-2375.
- [33] 姜丽丽, 孙少慧, 张桂芝, 等. 不同钾水平对油炸型马铃薯产量和品质的影响 [J]. *分子植物育种*, 2019, 17(17): 5860-5866.
- [34] 王俊良, 龙启炎, 吕慧芳. 不同施钾量和种植密度对保护地马铃薯的效应研究 [J]. *上海蔬菜*, 2014(6): 44-46.
- [35] 杜衍红, 蒋恩臣, 王明峰, 等. 稻壳炭对红壤理化特性及芥菜生长的影响 [J]. *土壤*, 2016, 48(6): 1159-1165.
- [36] 吴恒容, 孙慧, 陈绍娜, 等. 稻壳不同用量对盆栽空心菜生长及土壤肥力的影响 [J]. *上海蔬菜*, 2020(1): 63-67, 88.