

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2024)02-0121-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2024.02.005

栽培生理

广东省冬种马铃薯不同类型地膜覆盖降解效果与作物生产力研究

杨明愈¹, 刘计涛², 李成晨², 李小波^{1,2*}, 胡新喜^{1*}

(1. 湖南农业大学园艺学院/湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128;

2. 广东省农业科学院作物研究所/广东省农作物遗传改良重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要: 为明确广东省冬种马铃薯不同类型地膜覆盖下地膜降解效果及对马铃薯生产的影响, 以马铃薯早熟品种‘粤引85-38’为试验材料, 以裸地栽培为对照, 比较并分析黑色无机物填充降解地膜(T1)、透明聚乙烯地膜(T2)、黑色聚乙烯地膜(T3)对马铃薯生长发育、产量、品质的影响及地膜降解性能的差异。覆膜处理均能显著促进马铃薯生长, 相较于裸地栽培, T1处理显著提高株高6.95%, 出苗率增加6.76%, 叶片SPAD值提高8.54%, T1与T3出苗率、叶片SPAD值无显著差异。产量由高到低为T3(2 474 kg/667m²) > T2(2 441 kg/667m²) > T1(2 437 kg/667m²) > 裸地栽培(2 343 kg/667m²), 三种地膜间无差异。商品薯率由高到低为T3(93.62%) > T1(88.67%) > T2(86.51%) > 裸地栽培(82.97%)。块茎品质上, 与裸地栽培相比, T1处理显著提高蛋白质含量(64.30%)、维生素C含量(37.39%)、可溶性糖含量(79.18%)。黑色无机物填充降解地膜在马铃薯成熟期降解36.05%, 降解速度显著高于透明聚乙烯地膜和黑色聚乙烯地膜。黑色无机物填充降解地膜可促进马铃薯生长、提高产量、改善块茎品质, 且降解速度快无需回收, 适宜推广应用。

关键词: 地膜; 冬种马铃薯; 降解效果; 产量; 品质

Study on Degradation Effect and Crop Productivity of Different Types of Mulching Film in Winter Potatoes in Guangdong Province

YANG Mingyu¹, LIU Jitao², LI Chengchen², LI Xiaobo^{1,2*}, HU Xinxi^{1*}

(1. College of Horticulture, Hunan Agricultural University/Hunan Provincial Engineering Research Center for Potatoes, Changsha,

Hunan 410128, China; 2. Crop Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial

Key Laboratory of Crops Genetics and Improvement, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: A comparative analysis was conducted on the differences in potato growth, yield, quality, and mulching film degradation performance between black inorganic degradable mulching film (T1), transparent polyethylene mulching film (T2), and black polyethylene mulching film (T3), using the early-maturing potato variety 'Yueyin 85-38' as

收稿日期: 2024-02-07

基金项目: 广东省基础与应用基础研究重大项目(2021B0301030004); 2022年省级乡村振兴战略专项资金(种业振兴项目)(2022-NPY00-020); 广东省科技计划项目(2023B1212060038); 广东省甘薯马铃薯产业技术创新团队项目(2023KJ111); 2021年省乡村振兴战略专项资金(江科[2021]183号)。

作者简介: 杨明愈(1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向为马铃薯生物技术。

***通信作者(Corresponding author):** 李小波, 博士, 研究员, 研究方向为马铃薯遗传育种和高效栽培, E-mail: Lixiaobo1981@163.com; 胡新喜, 博士, 教授, 主要从事马铃薯栽培生理研究, E-mail: hu_xinxi@126.com。

the experimental material and bare land cultivation as the control, in order to understand the degradation effect of mulching films and their influence on potato productivity in winter-planted potatoes in Guangdong Province. Mulching film treatments significantly promoted potato growth. Compared to the control, treatment T1 increased potato plant height by 6.95%, emergence rate by 6.76%, and leaf SPAD value by 8.54%. No differences were found for emergence rate and SPAD value between T1 and T3. In terms of yield, the order from high to low was T3 (2 474 kg/667m²) > T2 (2 441 kg/667m²) > T1 (2 437 kg/667m²) > bare land cultivation (2 343 kg/667m²), but there was no significant difference among the three mulching films. In terms of marketable tuber percentage, T3 (93.62%) > T1 (88.67%) > T2 (86.51%) > bare land cultivation (82.97%). Regarding tuber quality, compared with the bare land cultivation, T1 significantly increased protein content (64.30%), vitamin C content (37.39%), and soluble sugar content (79.18%). The black inorganic degradable mulching film had degraded by 36.05% at the potato maturity stage, which was significantly higher than that of transparent polyethylene mulching film and black polyethylene mulching film. The black inorganic degradable mulching film promotes potato growth, improves yield, enhances tuber quality, degrades quickly, and does not require recycling, making it suitable for promotion and application.

Key Words: mulching film; winter potato; degradation effect; yield; quality

农业农村部提出马铃薯主粮化战略后^[1], 马铃薯在中国各地大面积种植, 成为仅次于水稻、小麦、玉米的四大粮食作物之一, 马铃薯产业发展对提振乡村振兴和助力脱贫攻坚有重要意义^[2]。广东省马铃薯在全国马铃薯产业发展区划中属于南方冬作区, 种植面积90%以上为冬作区, 约为3.69万hm², 2022年总产量约105.2万t, 主栽马铃薯为‘费乌瑞它’系列品种(包括‘粤引85-38’等)^[3]。随着农业科技发展, 广东省冬种马铃薯从传统秸秆覆盖方式转为塑料薄膜覆盖方式^[4]。

覆膜具有增温保墒、抗虫抑草、改善土壤微环境等作用, 是保障作物丰产稳产的重要手段。自1978年地膜引进至今, 中国已成为世界上最大地膜生产和使用国。传统地膜主要采用难以被生物降解的聚烯烃, 使用后农膜与土壤及秸秆间缠绕, 在作物收获时难以回收利用^[5]。Steinmetz和Schröder^[6]研究报道, 塑料地膜会分解碎裂成更小且难以降解的碎片, 碎片在土壤中长期积累导致土壤被塑料污染, 其通过食物链迁移对人类健康造成严重威胁, 环境和健康风险也随之增加^[7]。研发和推广其他类型地膜以代替传统地膜是解决以上问题的可行途径^[8]。

目前, 已有大量关于地膜类型的研究报道, Zhang等^[9]发现可生物降解地膜能降低土壤容重、

改善土壤质量, 长期使用不会导致土壤养分含量和微生物活性下降。Yang等^[10]证明生物降解膜和塑料膜作为覆盖物时, 对土壤影响相似, 但作为残膜掺入土壤后的影响却不一样。Song等^[11]研究表明, 与不覆盖相比, 可降解地膜使花生产量提高6.0%~14.3%, 但与传统塑料薄膜相比产量降低。而马春业等^[12]、申丽霞等^[13]研究表明, 在甘薯和玉米上可降解地膜与普通地膜对其生长发育的影响无显著差异。

张琳琳等^[14]研究表明无色透明薄膜提高玉米早期土壤温度的效果明显优于黑色薄膜, 可提高经济系数。张生琴和刘斌^[15]研究发现有色地膜覆盖可有效改善农田土壤、调控作物生长期、防治病虫害, 进而提高农作物产量与品质。张玉洁等^[16]研究表明黑膜与透明膜覆盖对土壤温度的影响不同。目前研究多聚焦传统地膜对广东省冬种马铃薯的影响, 而关于不同类型地膜覆盖广东省冬种马铃薯的研究较少。

本研究以马铃薯早熟品种‘粤引85-38’为试验材料, 以裸地栽培作对照, 比较并分析黑色无机物填充降解地膜、透明聚乙烯地膜、黑色聚乙烯地膜对马铃薯生长发育、产量、品质以及地膜降解性能等方面影响, 为广东省冬种马铃薯覆盖不同类型地膜提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在广东省农业科学院白云试验基地, 该地属亚热带季风气候, 平均海拔 29 m, 年平均气温为 20~22 ℃, 年平均降雨量为 1 891 mm, 无霜期为 330~359 d。试验地块地面平坦, 土壤为砂壤土, 肥力中等, 前茬种植作物为水稻, 具有水肥一体化滴灌系统, 排灌方便。

1.2 试验设计

试验采用随机区组排列, 设置 4 个不同覆膜类型处理(表 1)。T1: 黑色无机物填充降解地膜覆盖; T2: 透明聚乙烯地膜覆盖; T3: 黑色聚乙烯地膜覆盖; T4: 裸地栽培。3 次重复, 小区面积为 12 m²(10 m × 1.2 m)。试验马铃薯品种为早熟品种‘粤引 85-38’, 单垄双行种植, 株距 25 cm, 呈“品”字形。所有处理的田间管理措施均保持一致。

表 1 试验处理及地膜基本信息

Table 1 Experimental treatments and basic information of mulching film

处理 Treatment	地膜 Film	厂家 Manufacturer	厚度(mm) Thickness	主要成分 Main component	降解周期(Months) Degradation cycle
T1	黑色无机物填充 降解地膜覆盖	金轮新材料技术(深圳) 有限公司	0.01	PBAT (热塑性生物降解塑料)	5
T2	透明聚乙烯地膜覆盖	广东省中山市 东凤镇天德塑料厂	0.01	PE(聚乙烯)	不可降解
T3	黑色聚乙烯地膜覆盖	广东省中山市 东凤镇天德塑料厂	0.01	PE(聚乙烯)	不可降解
T4	裸地栽培				

1.3 试验数据调查和测定

1.3.1 植株生长发育指标和产量、商品薯率的测定

出苗后从每个小区取 6 株植株调查马铃薯生长发育情况。

(1)出苗率: 马铃薯幼苗期调查出苗率。出苗率=出苗数/播种穴数×100%。

(2)株高: 在马铃薯块茎形成期, 使用直尺测量从马铃薯基部到顶端的长度(cm)。

(3)茎粗: 在马铃薯块茎形成期, 使用游标卡尺测量茎粗(mm)。

(4)SPAD 值: 在马铃薯块茎膨大期, 使用叶绿素仪测定 SPAD 值, 每片叶测量 3 个点, 取平均值。

(5)产量: 在马铃薯成熟期, 按小区单收, 计产(kg)。

(6)商品薯率: 收获后的块茎按大(50 g 以上的块茎)、小(50 g 以下)分级称重, 并以 50 g(含)以上的块茎计算在马铃薯总重量中的比例^[17]。

1.3.2 马铃薯品质的测定

马铃薯收获后, 从每个小区取大小均匀一致、新鲜未变绿的块茎, 用于测定马铃薯品质指标。

(1)干物质含量: 采用比重法。取 5 kg 块茎分别称取在空气中和水中质量, 根据比重查 Mepkep 干物质含量表得到马铃薯干物质含量。

(2)淀粉含量: 与干物质含量测定方法相同。根据比重查 Mepkep 干物质含量表得到马铃薯淀粉含量。

(3)蛋白质含量: 使用北京索莱宝科技有限公司的“BCA 蛋白浓度测定试剂盒”进行检测。

(4)维生素 C 含量: 使用北京索莱宝科技有限公司的“维生素 C 含量检测试剂盒”进行检测。

(5)可溶性糖含量: 使用北京索莱宝科技有限公司的“植物可溶性糖含量检测试剂盒”进行检测。

1.3.3 地膜失重率和表面微观特征的测定

在覆膜前、马铃薯块茎形成期、马铃薯成熟

期取相同单位面积的地膜样本, 待后续试验使用。

(1)地膜失重率: 地膜在覆盖期间, 降解和损失的质量占初始质量的百分比。失重率=(覆盖前膜质量-覆盖后膜质量)/覆盖前膜质量×100%。

(2)扫描电镜观察: 利用电子显微镜对物体表面进行观察和分析。将洗净晾干后的地膜样本经样品前处理(取材、前固定、清洗、后固定、清洗、脱水、过渡、临界点干燥、粘样、喷金)后, 使用电子显微镜(日立 S3400N)观察地膜微观表面并拍照保存。

1.4 数据处理

试验数据使用 Microsoft Excel 2019 软件整理数据, 使用 SPSS 26 软件进行方差分析, 使用 Duncan's 法进行处理间比较。

2 结果与分析

2.1 不同类型地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯生长的影响

不同类型地膜及裸地栽培对马铃薯生长影响不同(表2)。相较于裸地栽培, 黑色无机物填充降解地膜覆盖(T1)显著提高马铃薯株高, 较 T4 平均增

加 6.95%、出苗率增加 6.76% 和叶片 SPAD 值增加 8.54%; 透明聚乙烯地膜覆盖(T2)较 T4 平均提高马铃薯出苗率 3.86% 和叶片 SPAD 值 5.37%; 黑色聚乙烯地膜(T3)显著提高马铃薯茎粗, 较 T4 平均增加 11.74%、出苗率增加 9.18% 和叶片 SPAD 值增加 8.74%。结果表明覆膜处理可显著促进马铃薯生长, T1 和 T3 对马铃薯生长影响最大, T2 次之。

2.2 不同地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯产量和商品薯率的影响

覆膜处理显著影响马铃薯产量及商品薯率(表3)。T1 处理马铃薯产量为 2 437 kg/667m², 相比 T4 平均增加 4.02%; T2 处理马铃薯产量为 2 441 kg/667m², 与 T4 相比平均提高 4.17%; T3 处理马铃薯产量为 2 474 kg/667m², 相较 T4 平均增加 5.59%。相比 T4 处理, T3 处理使马铃薯商品薯率提高 12.84%, T1 和 T2 次之, 分别提高 6.87% 和 4.27%。商品薯按照 3.0 元/kg 计算折合成商品薯产值, T1 处理为 6 483.61 元/667m², T2 处理为 6 334.92 元/667m²。说明不同类型地膜覆盖对马铃薯影响的差异主要体现在商品薯率上, T3 处理商品薯率优于 T1 和 T2 处理, 各类地膜增产效果差别不大。

表2 不同类型地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯生长发育的影响

Table 2 Effects of different mulching films and bare field cultivation on potato growth

处理 Treatment	株高(cm) Plant height	较T4平均增加 (%) Average increase compared to T4	茎粗(mm) Thick stem	较T4平均增加 (%) Average increase compared to T4	出苗率(%) Emergence rate	较T4平均增加 (%) Average increase compared to T4	叶片 SPAD 值 Leaf SPAD value	较T4平均增加 (%) Average increase compared to T4
T1	34.62±1.16a	6.95	12.86±1.62b	-5.65	92.08±1.91ab	6.76	37.00±2.68a	8.54
T2	33.01±3.04bc	1.98	13.82±2.13b	1.39	89.58±1.91b	3.86	35.92±3.59a	5.37
T3	33.03±2.96bc	2.04	15.23±2.35a	11.74	94.17±0.72a	9.18	37.07±2.18a	8.74
T4	32.37±3.24c		13.63±1.43b		86.25±1.25c		34.09±1.84b	

注: 数据为处理平均值±标准差, 同列不同小写字母表示处理间 0.05 水平上差异显著, 下同。

Note: Data are presented as mean ± standard deviation. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at the 0.05 level between treatments. The same below.

2.3 不同地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯品质的影响

马铃薯品质是影响其经济价值的重要指标, 综合反映营养物质在马铃薯块茎的积累程度。相比 T4 处理, T1 马铃薯块茎蛋白质含量提高 64.30%、

维生素 C 含量提高 37.39%、可溶性糖含量提高 79.18%; T2 马铃薯块茎蛋白质含量提高 22.37%、可溶性糖含量提高 69.35%; T3 马铃薯块茎蛋白质含量提高 100.86%、维生素 C 含量提高 64.51%、可

溶性糖含量提高 144.96%(表 4)。结果表明, 不同类型地膜较裸地栽培处理可显著提高马铃薯块茎品质, 但不同类型地膜处理效果存在差异, 表现为 T3 > T1 > T2。

表 3 不同类型地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯产量和商品薯率的影响

Table 3 Effects of different mulching films and bare land cultivation on potato yield and marketable tuber percentage

处理 Treatment	产量 (kg/667m ²) Yield	较 T4 平均增加 (%) Average increase compared to T4	商品薯率 (%) Marketable tuber percentage	较 T4 平均增加 (%) Average increase compared to T4	商品薯产值 (元/667m ²) Output value of Marketable tuber	较 T4 平均增加 (%) Average increase compared to T4
T1	2 437±17.74a	4.02	88.67±0.75b	6.87	6 483.61±32.37b	11.17
T2	2 441±37.87a	4.17	86.51±0.71b	4.27	6 334.92±146.16b	8.62
T3	2 474±61.02a	5.59	93.62±1.14a	12.84	6 948.88±201.50a	19.15
T4	2 343±22.35b		82.97±2.20c		5 832.12±176.79c	

注: 商品薯按照 3.0 元/kg 计算产值。
Note: Output value of marketable tuber is priced based on 3.0 Yuan/kg.

表 4 不同地膜覆盖及裸地栽培对马铃薯品质的影响

Table 4 Effects of different mulching films and bare land cultivation on potato quality

处理 Treat- ment	干物质 含量 (%) Dry matter	较 T4 平均 增加 (%) Average increase compared to T4	淀粉 含量 (%) Starch content	较 T4 平均 增加 (%) Average increase compared to T4	蛋白质 含量 (mg/g) Protein content	较 T4 平均 增加 (%) Average increase compared to T4	维生素 C 含量 (mg/g) Vitamin C content	较 T4 平均 增加 (%) Average increase compared to T4	可溶性糖 含量 (mg/g) Soluble sugar content	较 T4 平均 增加 (%) Average increase compared to T4
T1	20.11±1.40a	-1.90	14.34±1.40a	-2.65	7.64±0.98b	64.30	20.21±1.98a	37.39	42.68±0.31b	79.18
T2	21.08±2.75a	2.83	15.31±2.75a	3.94	5.69±2.01c	22.37	13.20±1.29b	-10.27	40.34±1.79b	69.35
T3	21.22±1.58a	3.51	15.45±1.58a	4.89	9.34±1.55a	100.86	24.20±5.02a	64.51	58.35±2.59a	144.96
T4	20.50±1.28a		14.73±1.28a		4.65±0.72d		14.71±0.37b		23.82±1.30c	

2.4 增加地膜使用时长对地膜失重率和表面微观特征的影响

通过扫描电镜观察马铃薯块茎形成期、成熟期与覆盖前的地膜, 比较地膜表面微观变化(图 1)。在覆盖前地膜中, 黑色无机物填充降解地膜表面质地粗糙, 黑色聚乙烯地膜和透明聚乙烯地膜表面相对光滑。在马铃薯块茎形成期, 黑色无机物填充降解地膜表面有碎屑脱落并伴有结构性皴裂, 透明聚乙烯地膜表面粗糙, 黑色聚乙烯地膜表面较覆盖前稍有磨损。在马铃薯成熟期, 黑色无机物填充降解地膜表面出现皱褶和孔洞, 透明聚乙烯地膜表面粗糙且有碎屑脱落, 黑色聚乙烯地膜表面磨损程度加剧。

地膜在宏观上的降解速度可用单位面积地膜降解前后质量差的比值来评估(表 5)。黑色无机物填充降解地膜失重率最高, 块茎形成期为 13.37%, 成熟期为 36.05%; 透明聚乙烯地膜失重率较高, 块茎形成期为 8.90%, 成熟期为 12.85%; 黑色聚乙烯地膜失重率最低, 块茎形成期为 7.36%, 成熟期为 7.78%。透明聚乙烯地膜和黑色聚乙烯地膜使用后质量减少, 可能是使用过程中机械损伤或收集、清洗样品时质量损失导致。结果表明 3 种地膜在不同使用阶段失重率均呈现上升趋势, 但降解速度不同。透明聚乙烯膜和黑色聚乙烯膜降解速度较慢, 黑色无机物填充降解地膜降解速度较快, 且表面出现不同程度裂纹。

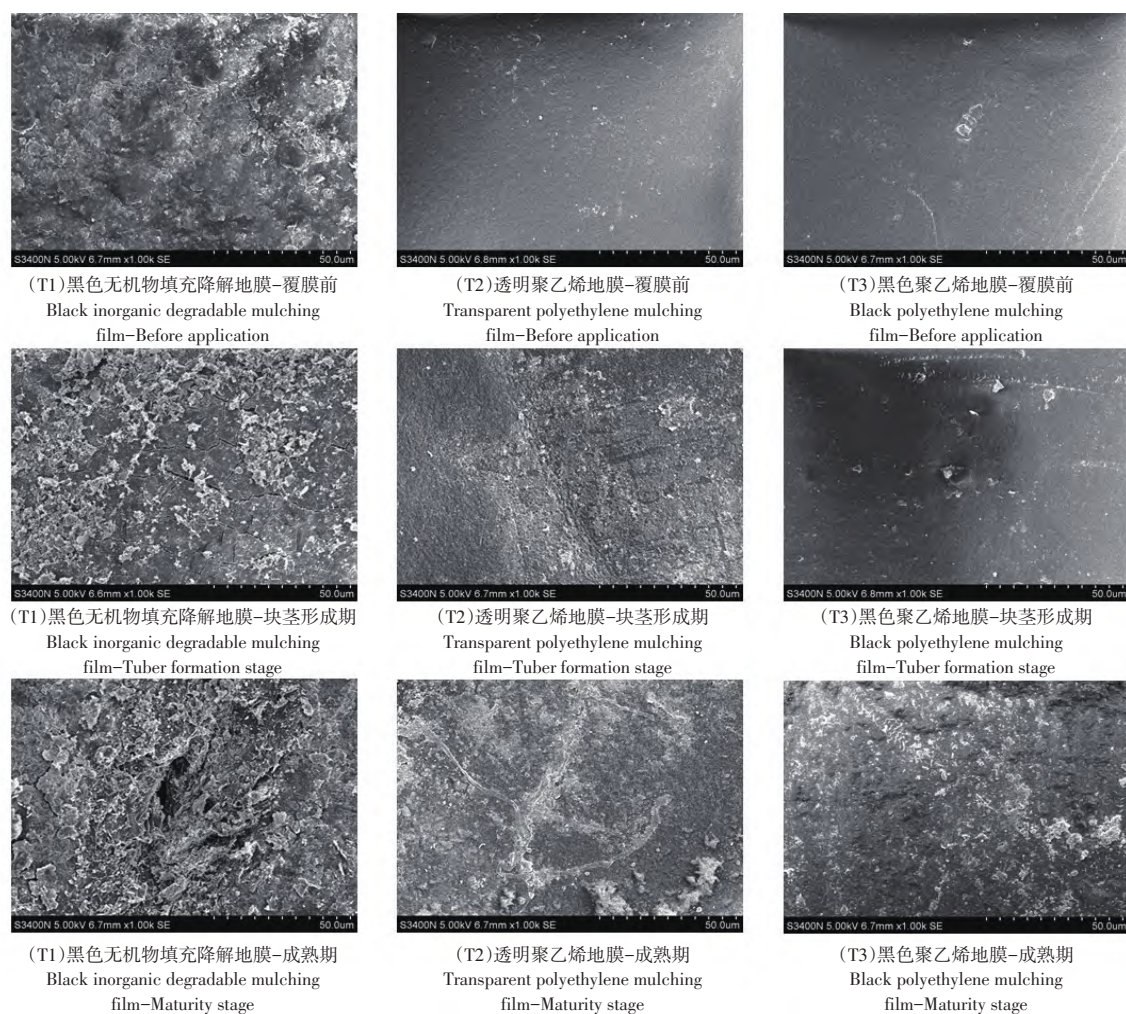


图1 马铃薯覆膜前、块茎形成期和成熟期的地膜表面扫描电镜观察结果

Figure 1 Scanning electron microscopy observation results of the surface of mulching films used for potato cultivation before mulch application, during tuber formation and maturity

表5 地膜使用时长增加对地膜失重率的影响

Table 5 Effects of increasing duration of mulching film on weight loss rate of the film

地膜类型 Types of mulch film	覆膜前 Before film covering	块茎形成期 Tuber formation		成熟期 Maturation	
	地膜质量(g) Weight of mulching film	地膜质量(g) Weight of mulching film	地膜失重率(%) Weight loss rate of mulching film	地膜质量(g) Weight of mulching film	地膜失重率(%) Weight loss rate of mulching film
黑色无机物填充降解地膜 Black inorganic degradable mulching film	27.63	23.94±1.66a	13.37±5.99a	17.67±0.21a	36.05±0.76a
透明聚乙烯地膜 Transparent polyethylene mulching film	4.27	3.89±0.01c	8.90±0.23b	3.72±0.12c	12.85±2.85b
黑色聚乙烯地膜 Black polyethylene mulching film	11.14	10.32±0.29b	7.36±2.60b	10.27±0.16b	7.78±1.41c

3 讨 论

在马铃薯株高、茎粗、出苗率、SPAD值等生长发育指标与覆膜关系的研究中, 大多研究表明覆膜能同时促进马铃薯生长发育和产量提高。王清伟等^[18]研究结果显示, 白膜覆盖可使马铃薯提前发芽, 提高其产量和商品薯率; 黄瑶珠等^[19]研究表明全生物降解除草膜覆盖显著促进马铃薯生长及产量提高; 吴雁斌等^[20]研究结果表明, 与不覆膜相比, 黑膜覆盖可提高马铃薯株高、茎粗、净光合速率和产量。本试验与上述研究结果一致, 覆膜处理显著提高马铃薯的株高、茎粗、出苗率、SPAD值生长指标, 原因推测为冬季环境温度偏低, 覆膜保温隔热效应使环境温度升高, 较未覆膜更利于马铃薯出苗和生长发育^[21-23]。

本试验结果表明, 覆膜显著提高了马铃薯产量和商品薯率, 可能因覆膜促进出苗和生长发育而导致的。不同类型地膜在提高商品薯率上存在差异, 其中黑色聚乙烯膜表现最好, 黑色无机物填充降解膜和透明聚乙烯膜次之, 这与马春业等^[12]和闫百玲^[24]的研究结果相似。随使用时间增加, 降解膜的增温保墒效果减弱, 且黑色地膜内黑暗环境有利于马铃薯块茎膨大。

韩秀锋等^[25]研究表明, 马铃薯产量品质表现为黑膜>白膜>裸地(CK); 王若秋^[26]研究表明, 覆膜方式对马铃薯干物质含量和淀粉含量无显著影响; 王祥会^[27]研究表明, 普通地膜和降解膜覆盖马铃薯产量高, 但干物质和淀粉含量相对较少。本研究结果与上述研究较为一致, 覆膜对马铃薯淀粉和干物质含量无影响, 但蛋白质、维生素C、可溶性糖含量均有提高, 可能是覆膜促进马铃薯生长发育, 使植株更早积累养分。

本研究结果与李海萍等^[28]和王斌等^[29]的研究结果相似, 黑色无机物填充降解膜在马铃薯块茎形成期出现裂纹, 在成熟期裂纹扩大, 而透明聚乙烯膜和黑色聚乙烯膜仅表面出现磨损, 没有降解。综合分析表明, 从覆膜到马铃薯收获, 黑色无机物填充降解地膜降解程度高, 无需回收, 不影响后续作物种植。

综上, 黑色无机物填充降解膜覆盖较裸地栽培, 显著促进马铃薯出苗和生长, 提高产量、改善块茎品质。黑色无机物填充降解膜在应用效果上不弱于黑色聚乙烯地膜和透明聚乙烯地膜, 且马铃薯收获时已降解, 降低后期人工成本, 减轻土壤污染, 提高经济效益。因此, 黑色无机物填充降解膜适宜在广东省冬作区推广使用。

[参 考 文 献]

- [1] 张千友, 王万疆, 廖武霜. 马铃薯主粮化与产业开发研究综述[J]. 西昌学院学报: 自然科学版, 2016, 30(2): 1-5, 10.
- [2] 刘光秀. 文山州冬马铃薯发展对提振乡村产业振兴、助力脱贫攻坚的思考[J]. 基层农技推广, 2020, 8(10): 45-47.
- [3] 张新明, 徐鹏举, 陈洪, 等. 2022年广东省马铃薯产业现状、存在问题及发展建议[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与种业创新. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2023.
- [4] 李成晨, 索海翠, 王丽, 等. 农用纸地膜覆盖对冬种马铃薯生长发育的影响[C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与种业创新. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2022.
- [5] 郭波, 杨振兴, 何文清, 等. 生物可降解地膜的应用效果及存在问题[J]. 中国农业气象, 2023, 44(11): 977-994.
- [6] Steinmetz Z, Schröder H. Plastic debris in plastic-mulched soil—a screening study from western Germany[J]. Peer J, 2022, 10: e13781.
- [7] 许咏梅, 房世杰, 马晓鹏, 等. 农用地膜污染防治战略研究[J]. 中国工程科学, 2018, 20(5): 96-102.
- [8] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 533-538.
- [9] Zhang M, Xue Y, Jin T, *et al.* Effect of long-term biodegradable film mulch on soil physicochemical and microbial properties[J]. Toxics, 2022, 10(3): 129.
- [10] Yang C, Huang Y, Long B, *et al.* Effects of biodegradable and polyethylene film mulches and their residues on soil bacterial communities[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(59): 89698-89711.
- [11] Song N N, Wang B, Liu J, *et al.* Is degradable plastic film alternative? Insights from crop productivity enhancement and soil environment improvement[J]. European Journal of Agronomy, 2023, 149: 126882.

- [12] 马春业, 孟凡奇, 刘志坚, 等. 可降解膜覆盖对土壤温、湿度及甘薯生长发育的影响 [J]. 天津农业科学, 2023, 29(4): 13-17.
- [13] 申丽霞, 王璞, 张丽丽. 可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 25-30.
- [14] 张琳琳, 孙仕军, 陈志君, 等. 不同颜色地膜与种植密度对春玉米干物质积累和产量的影响 [J]. 应用生态学报, 2018, 29(1): 113-124.
- [15] 张生琴, 刘斌. 有色地膜覆盖对农业生产及作物生长发育的影响 [J]. 农业与技术, 2024, 44(1): 23-26.
- [16] 张玉洁, 王宁, 杨彬, 等. 不同颜色地膜覆盖对盐碱地水热盐状况及向日葵产量和水分利用效率的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(11): 1-10.
- [17] 王慧莉, 李建国, 朱琳花, 等. 川源灌区不同栽培密度对马铃薯产量和商品薯率的影响 [J]. 现代农业科技, 2023, (18): 80-81, 88.
- [18] 王清伟, 姜洪新, 刘训龙, 等. 不同颜色地膜对春播马铃薯生长发育的影响 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(6): 538-543.
- [19] 黄瑶珠, 高旭华, 陈明周, 等. 全生物降解除草地膜覆盖在冬种马铃薯的应用效果研究 [J]. 广东农业科学, 2017, 44(8): 20-25.
- [20] 吴雁斌, 吕和平, 梁宏杰, 等. 不同覆膜方式与种植密度互作对马铃薯光合特性及产量的影响 [J]. 中国瓜菜, 2022, 35(7): 62-68.
- [21] 苏峰, 张浩, 刘元戎, 等. 生物可降解地膜研究进展与应用效果 [J]. 塑料科技, 2023, 51(4): 117-120.
- [22] 曹晓庆, 李璐, 张锋伟, 等. 五种常见可降解地膜的研究应用现状和展望 [J]. 核农学报, 2023, 37(5): 1076-1087.
- [23] 雍婕, 程益, 周海燕. 地膜降解途径及机理研究进展 [J]. 应用生态学报, 2021, 32(2): 729-736.
- [24] 闫百玲. 不同地膜覆盖对陇薯6号马铃薯产量的影响 [J]. 现代农业科技, 2017(13): 68-70.
- [25] 韩秀锋, 郭伟锋, 高山, 等. 不同膜色覆膜对马铃薯生育、产量及淀粉含量的影响 [J]. 塔里木大学学报, 2012, 24(3): 10-14.
- [26] 王若秋. 不同覆膜方式对旱作马铃薯品质和产量的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [27] 王祥会. 降解地膜覆盖对马铃薯产量及品质的影响 [J]. 中国果菜, 2014, 34(12): 64-66.
- [28] 李海萍, 周杨全, 靳拓, 等. 不同类型地膜降解特征及其对马铃薯产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2017, 33(24): 36-40.
- [29] 王斌, 万艳芳, 王金鑫, 等. PBAT型全生物降解地膜对南疆马铃薯产量及土壤温湿度与养分的影响 [J]. 西北农业学报, 2020, 29(1): 35-43.