

旱作条件下不同施肥类型和覆膜材料对冀西北马铃薯光合效应、产量和品质的影响

方爱国,籍立杰,赵冀,张耀辉,张瑞玖,马恢

(河北省张家口市农业科学院,河北 张家口 075000)

摘要:为探究适应冀西北地区旱作马铃薯高产高质的栽培技术,本试验以马铃薯品种京张薯3号为试验材料,研究了在旱作雨养条件下,不同覆膜材料和增施有机肥对旱作马铃薯植株形态、光合效应、产量和品质的影响。试验结果表明:与对照相比,覆膜和增施有机肥处理 FOB 和 FOS 可以提高马铃薯出苗率,缩短出苗天数,增加植株株高和茎粗。FOS、FOB 和 FOW 处理在马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期三个时期,显著提高了马铃薯净光合速率、气孔导度和蒸腾速率。从产量和产量构成因素看,FOS 和 FOB 处理单株结薯数比对照分别增加 37.9% 和 25.2%,单株结薯重提高 38.1% 和 33.7%,折合 667 m² 产量比对照提高 31.29% 和 27.82%。FOS 处理马铃薯淀粉含量比对照显著提高 21.8%。综合各项指标,对于冀西北坝上地区,增施有机肥+渗水降解地膜是有效的旱作栽培措施。

关键词:马铃薯;施肥;覆膜;产量;品质

中图分类号:S512 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2024)05-0048-07

Effects of Different Fertilization Types and Mulching Materials on Photosynthesis, Yield and Quality of Potatoes in Northwest Hebei Under Dry Farming Conditions

FANG Aiguo, JI Lijie, ZHAO Ji, ZHANG Yaohui, ZHANG Ruijiu, MA Hui

(Zhangjiakou Academy of Agriculture Sciences, Zhangjiakou, Hebei 075000, China)

Abstract: To explore the cultivation techniques for achieving high yield and quality of potatoes in Northwest Hebei, 'Jingzhangshu 3' potato was used as an experiment material. We investigated effects of different plastic mulching materials and increased application of organic fertilizer on growth, photosynthetic characteristics, yield and quality of potato under the natural precipitation conditions. The results showed that the treatment involving FOB and FOS with mulching and increasing organic fertilizer improved the potato germination rate, shortened the number of seedling days, and significantly increased plant height and stem thickness compared to the control. During the potato tuber formation, tuber expansion and starch accumulation periods, the net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of potatoes in the FOS, FOB and FOW treatments were significantly improved. From yield and yield composition perspective, the tubers number per plant increased by 37.9% and 25.2%, respectively, the tubers weight per plant of FOS and FOB treatments increased by 38.1% and 33.7%, and the yields of FOS and FOB treatments increased by 31.29% and 27.82% compared to the con-

收稿日期:2023-09-18 **修回日期:**2023-10-16

基金项目:河北省重点研发计划项目“抗旱马铃薯优异种质资源创制与新品种培育”(21326320D-2);农业农村部“国家马铃薯产业技术体系张家口综合试验站”(CARS-09-ES01);河北省现代农业产业技术体系薯类产业创新团队首席专家(HBCT2023060101);河北省现代农业产业技术体系薯类产业创新团队马铃薯品种筛选与繁育岗位(HBCT2023060206);河北省农业科技成果转化资金项目,高产优质多抗型马铃薯新品种“京张薯3号”的中试与示范(V1643101537374)。

第一作者简介:方爱国(1987-),男,助理研究员,硕士研究生,主要从事马铃薯新品种选育及早作栽培技术研究。

通信作者:马恢。

control. The starch content of the FOS treatment significantly increased by 21.8% compared to the control. Based on various indicators, for dry areas of Northwest Hebei province, increasing the application of organic fertilizer + water infiltration to degrade mulching film is an effective method for dry farming.

Key words: Potatoes; Fertilization; Mulching—film; Yield; Quality

前言

作为种植面积仅次于水稻、小麦和玉米的全球第四大重要粮食作物,马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是一种粮、菜、饲和工业原料兼用型经济作物^[1]。冀西北坝上地区海拔和纬度较高,气候冷凉,昼夜温差大,无霜期短,是我国马铃薯种薯和商品薯主产区之一。然而,该地区降雨量不足,年降雨量 200~400 mm,干旱与水资源短缺,严重制约着马铃薯单产和总产的提高,以及马铃薯品质的改善。在旱作雨养条件下,如何提高坝上地区马铃薯产量和品质成为亟需解决的问题。

在降雨量不足导致土壤含水量较低,土壤肥力受限的坝上地区,增施有机肥可以更新土壤有机质,增强团聚体稳定性^[2],增强微生物代谢,提高土壤微生物活性^[3],提高蓄水保墒能力,进而提高作物产量和品质。有机肥还能提高作物对土壤养分的利用效率。研究表明,有机肥部分替代化肥,对烟草^[4]、黄瓜^[5]、水稻^[6]、玉米^[7]等的养分利用率有显著提高。因此,增施有机肥是旱作马铃薯产量和品质提高的一项重要措施。

覆膜可以改善土壤水热状况,控制杂草生长,促进坝上地区土壤微生物活动,降低土传病害,提高作物对水分和养分的利用效率,从而提高作物产量。李旺霞等和秦舒浩等研究表明^[8,9],覆膜垄作栽培,有利于提高土壤酶活性,进而提高大中薯率,增产效果明显。因此,覆膜为旱作马铃薯农业系统中获得高产稳产等关键技术之一。

本试验综合增施有机肥和覆膜两项农艺措施,研究施肥类型和不同覆膜材料对旱作马铃薯产量和品质的影响,为冀西北坝上地区旱作马铃薯的可持续发展提供理论依据和技术支持。

1 试验设计和方法

1.1 试验地概况

试验于 2022 年 5 月~9 月在河北省张家口市张北县王家村张家口农科院察南基地进行,海拔 1 366 m。土质为砂壤土,土壤有机质含量 19.17 g/kg,碱解氮含量 127.30 mg/kg,有效磷含量 14.38 mg/kg,速效钾含量 149.87 mg/kg, pH8.13, 40 cm 田间持水量为 10.56%。

1.2 供试品种

试验选用京张薯 3 号作为供试品种,该品种由张家口农科院马铃薯所选育而成,属中晚熟鲜食品种,生育期 92 d,主茎数 1.8 个,匍匐茎短,茎绿色,叶绿色,花冠白色,花繁茂性中等,生长势强,块茎椭圆形,黄皮黄肉,芽眼浅,薯皮光滑,薯块齐整。

1.3 试验设计和方法

为比较不同覆膜材料和施肥种类对马铃薯产量与品质的影响,设置了以下 5 个不同处理:处理 1:当地农民种植模式,施用复合肥 750 kg/hm²,不覆膜(对照);处理 2:施用复合肥 750 kg/hm²+有机肥 3 000 kg/hm²,不覆膜;处理 3:施用复合肥 750 kg/hm²+有机肥 3 000 kg/hm²+普通黑膜;处理 4:施用复合肥 750 kg/hm²+有机肥 3 000 kg/hm²+普通白膜;处理 5:施用复合肥 750 kg/hm²+有机肥 3 000 kg/hm²+渗水降解地膜。施用复合肥为撒可富(N:P:K=16:16:16),由撒可富秦皇岛化肥有限公司提供,各处理施用的有机肥为吉纳泰有机肥(N+P₂O₅+K₂O≥5%,有机质含量≥70%),由内蒙古博益新能源科技有效公司提供,渗水降解地膜由山西省微通渗水膜生物科技有限公司提供。采用随机区组设计,每个处理设置重复 3 次,共计 15 个小区,每个小区 3 垄,采用宽垄双行栽培模式,每个小区面积为 33 m²(3.3 m×10 m),所有肥料作为底肥一次性施入。试验于 2022 年 5 月 17 日播种,9 月 15 日收获。各处理见表 1。

表 1 不同处理设置

序号	编号	处理
1	CK	750 kg/hm ² 复合肥
2	FO	750 kg/hm ² +有机肥 3 000 kg/hm ²
3	FOW	750 kg/hm ² +有机肥 3 000 kg/hm ² +白色地膜
4	FOB	750 kg/hm ² +有机肥 3 000 kg/hm ² +黑色地膜
5	FOS	750 kg/hm ² +有机肥 3 000 kg/hm ² +渗水降解地膜

2 测定指标

2.1 植株生长性状指标测定

出苗天数和出苗率:在马铃薯苗期,记录各小区出苗天数(出苗天数为出苗率达到 80% 时所需要的天数),同时统计最终出苗率。

株高和茎粗测定:块茎膨大期测定株高(cm),茎粗(mm)。随机选择 10 株,使用钢卷尺测定马铃薯株高,使用游标卡尺测定马铃薯茎粗。

2.2 光合指标测定

使用 Li-6400 便携式光合测定仪测定净光合速率,气孔导度,胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率。在马铃薯块茎形成期、块茎膨大期和淀粉积累期,于晴朗无风的上午 9:00~11:00 进行测定,每个小区内取 3 个重复,每个重复选择具有代表性的 3 株植株测定,每个品种共计选定 27 株。测定部位为主茎上倒数第 4 片完全展开叶(即马铃薯倒 4 叶)。

2.3 马铃薯产量及产量构成因素

在马铃薯植株的茎叶完全衰老时,各小区马铃薯成熟后进行收获,折算产量。同时每个小区选择有代表性的 10 株,计算产量构成因素:

单株结薯数=植株结薯总数/样本植株个数;

单株结薯重=植株总结薯质量/样本植株结薯总质量;

大小薯统计:按照小薯≤150 g,大薯>150 g 以上。

2.4 马铃薯品质测定

干物质采用直接烘干法检测,淀粉采用酶水解法检测,马铃薯粗蛋白质含量检测使用浓硫酸消煮,用凯氏定氮仪测定^[10];还原糖采用高锰酸钾滴定法检测,维生素采用 2,6-二氯酚法检测检测。

2.5 数据处理

使用 EXCEL 统计数据,spss19.0 进行数据分析和方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同处理对马铃薯农艺性状指标的影响

3.1.1 不同处理对马铃薯出苗率和出苗天数的影响 由图 1 可知,施用有机肥的且不覆膜的处理 FO 出苗率与对照 CK 无显著性差异,而覆膜处理 FOW、FOB 和 FOS 与对照相比在 0.05 水平上存在显著性差异。出苗率大小依次为 FOS>FOB>FOW>FO>CK。同时,不同处理间出苗天数也存在差异。覆膜处理出苗天数为 25 d,比不覆膜的两个处理 FO 和 CK 提前 2~3 d。

3.1.2 不同处理对马铃薯株高、茎粗、主茎数和 SPAD 的影响

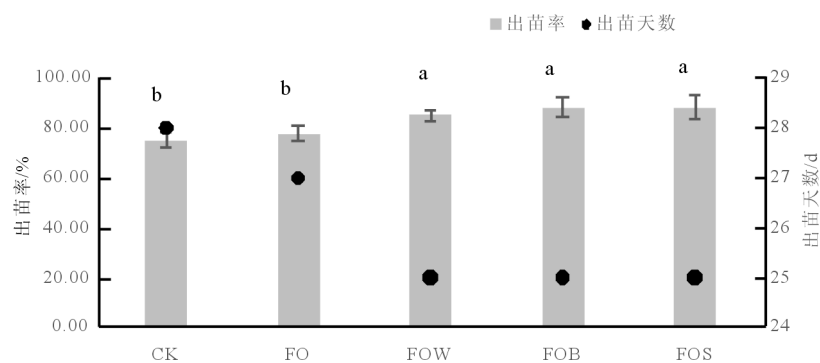


图 1 不同处理对马铃薯出苗率和出苗天数的影响

表 2 不同处理对马铃薯生长性状指标的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	主茎数/个	SPAD
CK	43.9±7.36c	11.07±1.07c	1.6±0.70a	44.65±5.10c
FO	47.3±5.40b	12.54±0.93b	1.7±0.82a	57.55±10.70b
FOW	57.8±6.43ab	13.80±2.57a	1.8±0.79a	68.00±10.11a
FOB	67.3±5.98a	15.45±2.06a	1.6±0.71a	76.07±11.83a
FOS	65.6±6.38a	14.25±1.15a	1.8±0.92a	75.04±11.79a

由表 2 可知,从株高来看,FOB 处理最高为 67.3cm,与 FOS 和 FOW 两个处理无显著性差异 ($p>0.05$),但显著高于 FO 处理和对照 CK ($p<0.05$),FOS 和 FOB 分别比对照显著提高了,而增施有机肥的处理 FO 株高也显著高于对照处理 ($p<0.05$),FO 处理显著低于 FOB,FOS 处理 ($p<0.05$);从马铃薯茎粗来看,FOB 处理最高为 15.45 mm,比对照处理提高 18.2% ($p<0.05$),显著高于对照处理 CK ($p<0.05$),与 FOS 和 FOW

无显著性差异 ($p<0.05$),FO 处理显著高于对照 CK 处理 ($p<0.05$),比对照提高 13.3%。而从主茎数来看,4 个处理与对照 CK 均无显著性差异;从 SPAD 值分析得出,FOB 处理最高为 76.07,与 FOS 和 FOB 处理无显著性差异 ($p>0.05$),显著高于 FO 处理和对照 CK 处理 ($p<0.05$),而 FO 处理显著高于对照 CK ($p>0.05$)。

3.2 不同处理对马铃薯不同生长时期光合作用的影响

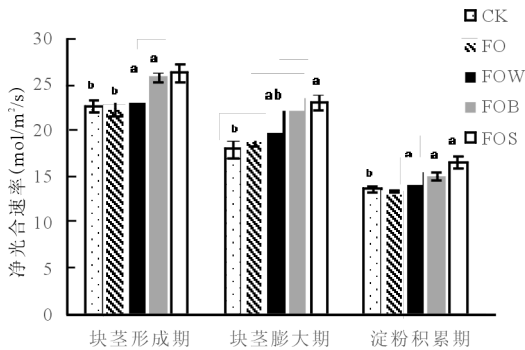


图 2 不同处理马铃薯不同时期的净光合速率

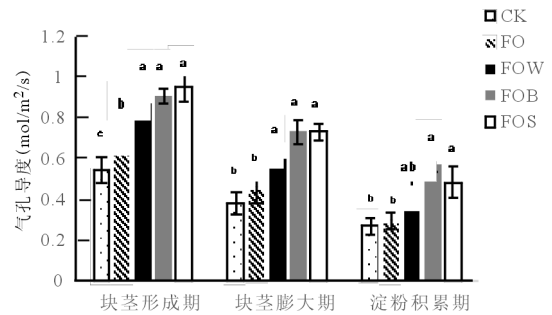


图 3 不同处理马铃薯不同时期的气孔导度

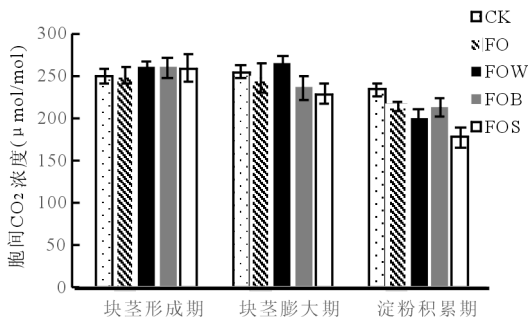


图 4 不同处理马铃薯不同时期的胞间 CO₂ 浓度

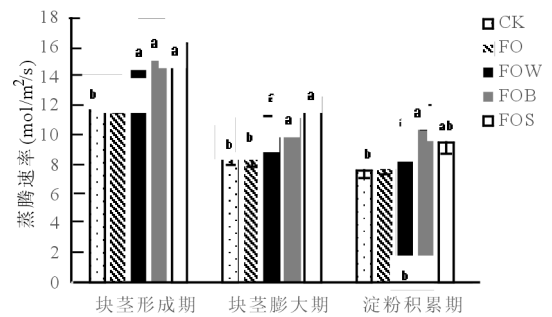


图 5 不同处理马铃薯不同时期的蒸腾速率

图 2~图 5 显示的是不同马铃薯处理在不同生育时期的光合作用指标,包括净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率。从中可以得出,随着生育期的推进,净光合速率,气孔导度和蒸腾速率均逐渐降低,且在同一时期的不同处理之间存在规律性的差异。在块茎形成期和淀粉积累期,FOW,FOB,FOS 三个处理的净光合速率显著高于 FO 处理及对照 CK ($P<0.05$),在块茎膨大期,FOW 处理净光合速率低于 FOB 和 FOS 处理,但未达到显著水平 ($P>0.05$);从气孔导度来看,在块茎形成期和淀粉积累期,三个覆膜处理 FOW、FOB 和 FOS,均显著高于 FO 处理和对照 CK 处理 ($P<0.05$),而

增施有机肥处理 FO 显著高于对照处理 CK;对于胞间 CO₂ 浓度,在块茎形成期和块茎膨大期,各处理均无显著性差异 ($P>0.05$)。在淀粉积累期,有 FOS 显著低于对照 CK 处理 ($P<0.05$);从蒸腾速率来看,在块茎形成期和块茎膨大期,FOW,FOB,FOS 三个处理的蒸腾速率显著大于 FO 处理及对照 CK ($P<0.05$)。而在淀粉积累期,FOW 和 FOB 处理显著高于 FO 和 CK 处理 ($P<0.05$),FOS 蒸腾速率与 FO 处理及对照 CK 无显著性差异 ($P>0.05$)。

3.3 不同处理对马铃薯产量及产量构成因素的影响

表 3 不同处理马铃薯产量及产量构成因素

处理	单株结 薯数(个/株)	单株结 薯重(g/株)	折合产量 (kg/hm ²)	商品 薯率/%	比对照 增产/%
CK	4.24±0.21b	473.47±59.25b	25 536.45±77.06c	69.00±3.64b	—
FO	4.76±0.59 b	500.86±70.98b	29 767.8±64.87bc	71.69±5.53b	16.57
FOW	5.08±0.37 b	576.64±45.28a	32 009.40±84.42a	75.31±4.37ab	25.35
FOB	5.31±0.53a	633.09±57.67a	32 641.65±52.16a	78.06±7.70a	27.82
FOS	5.85±0.32a	654.08±42.50a	33 527.7±84.89a	85.18±3.46a	31.29

由表 3 可得,从单株结薯数来看,各处理由大到小排序为 FOS> FOB>FOW> FO >CK,处理 FOS 单株结薯数最高为 5.85 个/株,比对照处理增加 37.9%,FOB 处理比对照显著增加 25.2%。FOS 和 FOB 两个处理的单株结薯数显著高于 FOW、FO 和 CK($P<0.05$)。从单株结薯重分析,FOS、FOB 和 FOW 三个处理显著高于 FO 处理和对照 CK($P<0.05$),且三个处理无显著性差异($P>0.05$),FO 处理和对照 CK 处理无显著性差异($P>0.05$)。FOS 处理显著高于对照 CK,达

到 654.08 g,比对照增加 38.1%。小区产量折合田间产量后,各处理块茎产量由高到低排序为 FOS>FOB>FOW>FO >CK,FOS 比对照增产 31.29%,FOB 比对照增产 27.82%,FOW 比对照增产 25.35%,三个处理显著高于对照 CK($P>0.05$)。FO 处理与对照无显著性差异($P>0.05$)。从商品薯率来看,FOS 处理最大为 85.18%,比对照 CK 增加 23.4%,且显著高于对照处理($P<0.05$)。

3.4 不同处理对马铃薯品质的影响

表 4 不同处理马铃薯的品质

处理	干物质含量 (g/100g)	淀粉 (g/100g)	还原糖 (g/100g)	维生素 (mg/100g)	蛋白质 (g/100g)
CK	19.73±0.80b	12.80±1.07b	0.35±0.10a	31.23±2.60a	2.14±0.19b
FO	21.43±1.04a	13.37±0.78b	0.39±0.16a	33.53±3.58a	2.53±0.17a
FOW	22.06±0.95a	13.75±0.91ab	0.34±0.11a	29.60±3.56a	1.96±0.19b
FOB	21.63±0.87a	13.62±1.35ab	0.31±0.15a	30.90±2.01a	1.94±0.13b
FOS	23.41±1.41a	15.59±1.31a	0.33±0.12a	31.43±3.59a	2.04±0.18b

马铃薯品质包括干物质含量、淀粉含量、粗蛋白、还原糖和维生素。由表 4 可知,从干物质含量来看,处理 FOS、FOB、FOW 和 FO 的干物质含量均显著高于 CK 处理($P<0.05$),表明增施有机肥和覆膜均能增加马铃薯干物质含量。淀粉是马铃薯干物质的重要组成部分。FOS 处理的淀粉含量显著高于 CK 处理和 FO 处理($P<0.05$),比 CK 处理提高了 21.8%,与 FOB 和 FOW 处理无显著性差异($P>0.05$),而 FOB 处理和 FOW 处理淀粉含量虽然高于 FO 处理和对照处理,但差异性不显著($P>0.05$)。

从马铃薯蛋白质含量来看,最高为 FO 处理为 2.53 g/100g,显著高于三个覆膜处理 CK 处理($P<0.05$);对于还原糖和维生素含量,4 个处理与对照均无显著性差异($P>0.05$)。

4 讨论

4.1 不同处理对马铃薯生育期及农艺性状的影响

覆膜栽培可以显著提高早作马铃薯的出苗率,

缩短马铃薯出苗时间,在一定程度上延长马铃薯生育期。而增施有机肥的处理则无此效果。由于冀西北地区特殊的地理气候,无霜期短,而覆膜栽培可以避免因早霜对马铃薯产生冻害^[11]。

增施有机肥和覆膜栽培可以显著提高马铃薯农艺性状中的株高和茎粗,而对马铃薯主茎数则无显著性差异。杜常亮等^[12]研究表明,常规化肥配施有机肥有利于马铃薯株高、茎粗和主茎数的提高。冯恩英^[13]等人研究也发现,施用复合肥时,覆膜栽培的株高极显著高于不覆膜。本试验与前人研究结果大致相同^[14],主茎数无显著性差异可能与马铃薯品种不同有关。

4.2 不同处理对马铃薯光合作用的影响

光合作用是作物物质代谢和能量转化的主要途径,是作物产量形成的物质基础。作物的光合作用特性通常以光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)等指标来反映^[15]。研究发现,配施有机肥和覆膜栽培均能对马铃薯光合作用的提高产生作用,如张向前等^[16]研究发现

长期有机肥配施化肥处理能提高叶片 P_n 、 T_r 和 G_s , 而降低 C_i 。谭伟军等^[17]研究表明, 配施有机肥能显著提高马铃薯 SPAD 值, 同时也提高了 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r 各项光合指标。许丽婷等^[18]研究表明, 与对照相比, 覆膜种植马铃薯可提高光合速率、气孔导度, 降低蒸腾速率。包开花^[19]等人研究显示, 覆膜栽培较不覆膜能明显提高旱区马铃薯功能叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度, 胞间 CO_2 浓度则是覆膜低于不覆膜。

本试验结果表明, 覆膜+有机肥的三个处理 FOS、FOB 和 FOW 在生长阶段各个时期 P_n 、 T_r 和 G_s 均显著高于 FO 和对照 CK, 与前人结果相一致。但是胞间 CO_2 浓度各处理在不同生长阶段无显著性差异, 既无提高也无降低, 与前人研究结果不一致。究其原因, 有 4 个可能的变量会导致 C_i 的数值出现差异, 分别为叶片周围 CO_2 浓度, 气孔导度, 叶肉导度和叶肉细胞光合活性^[20]。因此, 胞间 CO_2 浓度的影响因素之间的相互作用较为复杂, 不能一概而论。配施有机肥的功能主要是改善土壤结构, 提高土壤肥力。覆膜栽培可以提高土壤温度, 保持土壤水分, 可以在短时间内改变旱作马铃薯周边的微生态环境, 因此覆膜栽培对马铃薯的光合作用的影响要比配施有机肥更快更强。

4.3 不同处理对马铃薯产量的影响

有机肥主要功能有: 即改善土壤理化性质, 提高土壤生物活性, 减少植物病虫害的发生以及改善作物品质、提高作物产量^[21]。前人对不同施肥模式下马铃薯产量构成进行分析, 认为长期配施化肥和有机肥可以增加马铃薯单株结薯数, 但对马铃薯商品薯率影响的结论并不一致^[22,23]。覆膜可以显著提高马铃薯水氮利用效率^[24], 延长马铃薯生殖生长阶段时间, 从而提高马铃薯干物质质量和产量以及经济效益^[25]。王亚宏等^[26]研究认为, 通过对露地覆盖不同的保护物可以提高马铃薯产量, 其产量增加主要是由于提高了单株结薯数。

本试验结果表明, 虽然有机肥配施的处理 FO 在单株结薯数、单株结薯重和产量上均值都比对照 CK 较高, 但没有达到显著性差异, 进一步表明单施有机肥无法在短期内提高马铃薯产量, 这个结果与徐玉坤等的研究结果一致^[27]。但也有可能的原因是有机肥配施用量不足, 尚未达到可以提高马铃薯产量提高的用量。三个覆膜+有机肥处理对马铃薯单株结薯数、单株结薯重和产量都有显著提高, 尤其是渗水降解地膜+有机肥处理提高更为明显。原因可能是, 渗水降解地膜在马铃薯生长前期有增温保墒作用, 生长后期随着地膜在土壤中的降解, 土壤通

气性更好, 对土壤中的水分吸收利用效率更高, 避免根系受到高温胁迫, 有利于马铃薯产量的提高。

4.4 不同处理对马铃薯品质的影响

马铃薯块茎中, 淀粉、粗蛋白和维生素等营养物质, 是衡量马铃薯块茎品质的主要指标, 而这些营养物质含量除由遗传控制外, 还受温度、水分、土壤特性等生态因素影响^[28]。前人研究表明, 底肥增施有机肥, 可提高马铃薯干物质、淀粉和粗蛋白含量, 降低还原糖含量, 对维生素含量无影响^[23,29]。覆膜栽培对马铃薯品质的影响途径是蓄水增温, 改善光照条件, 有利于作物生长发育, 进而促进作物高产优质^[30]。张淑敏等^[31]的研究表明, 降解地膜与黑白配色地膜可不同程度地提高块茎中的淀粉含量, 降低块茎中的蛋白质含量。宋娜等^[32]研究表明, 与维持田间含水量 40% 相比, 含水量为 70% 时马铃薯块茎质量、块茎淀粉含量、块茎蛋白质含量均显著提高。

对于不同处理的马铃薯品质各项指标, 本试验与前人的结果不尽相同。具体而言, 从干物质含量来看, 增施有机肥 FO 处理, 黑白配色普通地膜+有机肥处理 FOW 和 FOB 与渗水降解地膜+有机肥 FOS 处理, 显著高于 CK 处理, 与前人结果一致。从淀粉含量看, 在本试验中, 渗水降解地膜+有机肥的 FOS 处理和黑膜淀粉含量显著高于 CK 处理, 而白膜+有机肥的 FOW 处理与增施有机肥的 FO 处理与 CK 处理无显著差异, 与前人结果部分一致。原因可能是普通黑白配色地膜造成根部长长期高温, 阻滞了光合同化产物向块茎中转移, 导致块茎淀粉积累减少, 影响马铃薯品质^[33], 而渗水降解地膜由于在马铃薯生长后期容易破裂降解则不受影响。

从还原糖和维生素 C 含量来看, 4 个处理与对照均无显著性差异, 与黄凯等^[32]研究结果一致。从蛋白质含量来看, 增施有机肥处理提高了马铃薯蛋白质含量, 而不同覆膜材料+有机肥处理与对照 CK 无显著性差异, 本试验结果表明, 如果只是单独覆膜处理, 则与张淑敏的研究结果一致, 即覆膜导致马铃薯蛋白质含量下降, 而本试验中有机肥和覆膜处理明显存在一定互作效应, 有待进一步研究。

5 结论

在降水量不足的冀西北坝上地区, 与单一增施有机肥和普通黑白配色地膜覆盖栽培相比, 增施有机肥+渗水降解地膜的栽培措施, 可以提高出苗率, 缩短出苗天数, 提高光合效率, 显著提高马铃薯产量, 平衡旱作马铃薯产量和品质的关系, 是适宜于当地旱作马铃薯栽培的有效栽培措施。

参 考 文 献:

- [1] 李梦迪,杨媛媛,周平. 马铃薯抗旱性研究进展[J]. 中国马铃薯,2020,34(5),304-308.
- [2] 魏猛,张爱君,诸葛玉平,等. 长期不同施肥方式对黄潮土肥力特征的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(3):838-846.
- [3] 李林林,张浪,王继龙,等. 有机肥对苕麻土壤微生物功能多样性及农艺性状的影响[J]. 中国麻业科学,2019,41(2):49-60+88.
- [4] 余小芬,杨树明,邹炳礼,等. 菜籽油枯有机无机复混肥对烤烟产质量及养分利用率的影响[J]. 土壤学报,2020,57(6):1 564-1 574.
- [5] 李小萌,陈效民,曲成闯,等. 生物有机肥与减量配施化肥对连作黄瓜养分利用率及产量的影响[J]. 水土保持学报,2020(2):309-317.
- [6] 陈猛猛,张士荣,吴立鹏,等. 有机-无机配施对盐渍土壤水稻生长及养分利用的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(6):311-317+325.
- [7] 何浩,张宇彤,危常州,等. 不同有机替代减肥方式对玉米生长及土壤肥力的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(5):281-287
- [8] 李旺霞,陈彦云,陈科元,等. 不同覆膜栽培对马铃薯土壤酶活性和土壤微生物的影响[J]. 西南农业学报,2015,28(5): 2 154-2 157.
- [9] 秦舒浩,张俊莲,王蒂,等. 覆膜与沟垄种植模式对旱作马铃薯产量形成及水分运移的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(2): 389-394.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准:食品中蛋白质的测定 GB5009. 5-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [11] 晋小军,李国琴,潘荣辉. 甘肃高寒阴湿地区地膜覆盖对马铃薯产量的影响. 中国马铃薯,2004,18(4): 207 - 210.
- [12] 杜常亮,王秀康,王宁,等. 水肥互作效应对陕北温室马铃薯生长及品质的影响[J]. 分子植物育种,2020,18(5):1 702-1 709
- [13] 冯恩英,岳延滨,黎瑞君,等. 覆膜与不同肥料对马铃薯生长和产量的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(2):67-73.
- [14] Yang P, Yu L, Sohail H, *et al.* Partial substitution of mineral fertilizer with biofertilizer enhances cauliflower nutritional quality, yield, and soil characteristics[J]. *Crop Science*,2020,60(2):934-944.
- [15] 郑盛华. 水分胁迫对玉米生理生态特性影响的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2007: 2-10.
- [16] 张向前,曹承富,张存岭,等. 小麦光合特性及产量构成对长期不同土壤培肥模式的响应[J]. 麦类作物学报,2018,38(5):615-622.
- [17] 谭伟军,王娟,黄凯,等. 有机氮替代化肥氮对马铃薯光合特性的影响[J]. 中国种业,2021(1):73-75.
- [18] 许丽婷,齐荣,秦舒浩,等. 沟垄覆膜连作对马铃薯植株生理生态特性及产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(6): 26-32.
- [19] 包开花,蒙美莲,陈有君,等. 覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯光合特性及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(3): 139-143.
- [20] 陈根云,陈娟,许大全. 关于净光合速率和胞间 CO₂ 浓度关系的思考[J]. 植物生理学通讯,2010,46(1):64-66.
- [21] 滕桂香. 微生物有机肥对陇东烤烟生长的双重调控机理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2011.
- [22] 张君,潘志华,段玉,等. 长期定位轮作施肥对马铃薯产量和水肥利用效率的影响[J]. 中国农学通报,2020,36(4):36-43.
- [23] 方玉川,吕军,张圆,等. 生物有机肥对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜,2019,32(9):50-53.
- [24] Hou X, Li R. Interactive effects of autumn tillage with mulching on soil temperature, productivity and water use efficiency of rainfed potato in loess plateau of China[J]. *Agricultural Water Management*,2019(224): 125-131.
- [25] Liang S M, Ren C, Wang P J, *et al.* Improvements of emergence and tuber yield of potato in a seasonal spring region using plastic film mulching only on the ridge[J]. *Field Crops Research*, 2018(223): 57-65.
- [26] 王亚宏,高世铭,张伟,等. 陇中旱地马铃薯不同种植模式对土壤温度和水分利用效率的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2009,44(6):19-23.
- [27] 徐玉坤,薛龙飞. 不同施肥模式对马铃薯光合特性及产量品质的影响[J]. 中国农业大学学报 2022,27(6):83-90.
- [28] 张小静,李雄,陈富,等. 影响马铃薯块茎品质性状的环境因子分析. 中国马铃薯,2010(24): 366-369.
- [29] 王耀. 复合肥配施不同生物有机肥对土壤肥力及马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国马铃薯,2018,32(2):96-100.
- [30] 李振华,张丽芳,康暄,等. 降解地膜覆盖对土壤环境和旱地马铃薯生育的影响. 中国农学通报,2011,27(5): 249-253.
- [31] 张淑敏,宁堂原,刘振,等. 不同类型地膜覆盖的抑草与水热效应及其对马铃薯产量和品质的影响[J]. 作物学报,2017,43(4): 571-580.
- [32] 宋娜,王凤新,杨晨飞,等. 水氮耦合对膜下滴灌马铃薯产量、品质及水分利用的影响. 农业工程学报,2013,29(13):98-105.
- [33] Haverkort A J, Boerma M, Velema R, *et al.* The influence of drought and cyst nematodes on potato growth. *Eur J Plant Pathol*, 1992(98):179-191.
- [34] 黄凯,何小谦,李德明,等. 陇中半干旱区不同覆盖方式对马铃薯生长指标产量及品质的影响[J]. 中国马铃薯,2017,31(5):272-277.