

覆膜垄作对土壤氮磷钾含量及马铃薯养分利用率的影响

赵晓龙

(礼县农业技术推广中心, 甘肃 礼县 742200)

摘要: 通过研究覆膜垄作对土壤养分含量及马铃薯的影响, 为土壤培肥和提高肥料利用率机制, 改进和提升旱地集雨耕作技术, 促进马铃薯优质高产提供依据。以传统中耕壅土耕作为对照, 设置全膜双垄耕作 (FRF)、春膜垄上微沟集雨耕作 (SRF)、秋膜垄上微沟集雨耕作 (ARF) 处理对土壤有效成分、马铃薯产量及氮磷钾肥料利用率的影响。结果表明, 与传统中耕壅土耕作相比, 秋膜垄上微沟集雨耕作、春膜垄上微沟集雨耕作和全膜双垄耕作 0~60 cm 土层氮磷钾及其有效成分含量均显著提高。秋膜垄上微沟集雨耕作马铃薯 3 a 平均产量最高, 为 48 210.9 kg/hm², 明显高于传统中耕壅土耕作。覆膜垄作显著提高了马铃薯的氮磷钾肥偏生产力, 且均以秋膜垄作最高, 与中耕壅土耕作相比较, 氮肥、磷肥、钾肥偏生产力 3 a 平均增加率分别为 48.1%、43.2%、27.7%; 肥料农学效率在不同年型均以秋膜垄作处理最高, 各覆膜垄作处理 3 a 平均农学效率均表现为磷肥>钾肥>氮肥。综合来看, 秋膜垄上微沟集雨耕作改良土壤、提高肥料利用率和马铃薯产量的优势明显, 是首选的旱地马铃薯高产高效种植技术之一。

关键词: 春秋覆膜; 垄沟集雨; 土壤养分; 养分利用率; 马铃薯

中图分类号: S532

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)04-0343-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.04.012

Effects of Mulched Ridge Tillage on Soil Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Contents and Potato Nutrient Utilization Rates

ZHAO Xiaolong

(Lixian Agricultural Technology Extension Centre, Lixian Gansu 742200, China)

Abstract: This study investigates the impact of mulched ridge cultivation on soil nutrient contents and potato production performance, aiming to provide a theoretical basis for soil fertility improvement, fertilizer use rates, and the development of rainwater harvesting cultivation techniques in drylands to support high-quality, high-yield potato production. With conventional ridging as control (CK), three treatments were established: full-film double ridge farming (FRF), spring film ridge with micro-furrow rainwater harvesting (SRF), and autumn film ridge with micro-furrow rainwater harvesting (ARF), to assess effects on soil available soil nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) contents, potato yield, and N, P and K fertilizer use rates. Results showed that compared with CK, all mulched treatments significantly increased available N, P and K contents in the 0 to 60 cm soil layer. ARF treatment achieved the highest 3-year average potato yield at 48 210.9 kg/ha, significantly higher than CK. Mulched ridge cultivation significantly improved partial factor productivity (PFP) of N, P and K fertilizers, with ARF being the most effective. Compared to CK, the average 3-year increases in PFP for N, P, and K fertilizers were 48.1%, 43.2%, and 27.7%, respectively. Agronomic efficiency (AE) was highest under ARF in all years, and the average AE over three years followed the order as P>K>N. In conclusion, ARF has a clear advantage in improving soil fertility, fertilizer utilization, and potato yield, making it one of the preferred high-yield, efficient potato cultivation techniques in dryland regions.

Key words: Spring or autumn film mulching; Ridge-furrow rainwater harvesting; Soil nutrient; Nutrient utilization rate; Potato

土壤氮磷钾养分含量是反映土壤质量的关键和敏感性指标, 其动态平衡直接影响土壤肥力水平、供肥能力和作物的养分利用率, 最终影响作物产量和农业生产力的可持续性^[1-2]。地膜覆盖与垄沟集雨耕作能有效改善土壤温湿环境和养分状

况, 显著提高作物产量, 已成为旱地农业生产上占主导地位的两大关键技术^[3-4]。地膜覆盖和垄沟集雨种植单项技术已广泛应用于旱地小麦、玉米和马铃薯等作物^[5-7], 但大多研究为产量和水分利用效率、氮磷钾养分吸收运移分配等方面^[8-9]。

收稿日期: 2024-06-25; 修订日期: 2025-01-21

作者简介: 赵晓龙(1977—), 男, 甘肃礼县人, 助理农艺师, 主要从事农业技术推广工作。Email: 1546748397@qq.com。

针对不同时期覆膜与垄上微沟集雨耕作技术有机结合对土壤氮磷钾循环及马铃薯氮磷钾养分利用率的影响研究较少^[10]。为此,我们开展了不同时期覆膜垄沟集雨耕作对土壤氮磷钾及其有效成分含量和马铃薯氮磷钾养分利用率的影响,以解决马铃薯高产栽培土壤养分调控管理关键技术难题。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2018—2020年在礼县石桥旱作农业示范基地(33°35′33″N, 104°37′25″E)进行。试验区海拔1080 m,年均气温10.6℃,无霜期181 d,年均降水量488.2 mm,年均蒸发量1347.6 mm,平均干燥度1.55^[11]。试区土壤为黑垆土,0~200 cm土层平均容重为1.30 g/cm³。2018、2019、2020年总降水量分别为401.1、455.7、554.6 mm,马铃薯生育期(4月下旬至10月上旬)降水量分别为381.3、435.0、520.8 mm。基于与近20 a平均降水量和马铃薯生育期平均降水量的比较,设定2018、2019、2020年分别代表干旱年、平水年、丰水年。试验地土壤理化性状见表1。

1.2 供试材料

供试马铃薯品种为陇薯7号,由甘肃省农业科学院提供。试验用氮肥为尿素(含N 46%,中国石油天然气集团宁夏公司),磷肥为普通过磷酸钙(含P₂O₅ 14%,云南禄丰勤攀磷化工有限公司),钾肥为硫酸钾(含K₂O 50%,青海中信国安科技发展有限公司)。农家肥为猪粪(礼县当地农家腐熟猪粪),养分含量为有机碳20.0~25.0 g/kg、全氮1.5~2.0 g/kg、全磷0.8~2.5 g/kg、碱解氮180.0~225.0 mg/kg、有效磷12.9~17.2 mg/kg,有效钾232.0~291.0 mg/kg。

1.3 试验方法

试验为3 a定位试验,共设4个处理,分别为CK(传统中耕壅土耕作):“M”型垄,垄高16 cm,采用铧式犁耕翻,种2犁空1犁,在马铃薯齐苗后、苗高约10 cm、现蕾期和植株封垄前进行中耕除草、浅锄松土、浅培土和高培土4次壅土中耕耕作,全生育期不覆膜;FRF(全膜双垄耕作):为

标准的全膜双垄集雨耕作模式,由高15 cm、宽40 cm的大垄和高10 cm、宽70 cm的小垄镶嵌排列组成,用厚0.008 mm、宽120 cm的黑色地膜全地面覆盖,马铃薯播于垄面上,于小垄沟内每隔33 cm打1个渗水孔(直径<0.5 cm),播种行距55 cm,穴距33 cm;SRF(春膜垄上微沟集雨耕作):“凹”型垄,大垄(宽60 cm、高24 cm)+垄上微沟(宽20 cm、深10 cm)+小沟(底宽40 cm,高24 cm)的集雨种植模式,于3月上旬土壤解冻时利用专用起垄覆膜播种机械起大、小垄,大垄宽60 cm、高24 cm,小垄沟宽40 cm、高24 cm,种植方法同FRF;ARF(秋膜垄上微沟集雨耕作):起垄覆膜时间为上年10月中旬雨季结束土壤封冻前,种植方法同FRF。试验随机区组排列,3次重复,小区面积35 m²(5 m×7 m)。试验于4月中旬采用简易马铃薯专用穴播器播种,播深15 cm,种植密度为50 000穴/hm²,每年10月初收获。除CK外,各处理均施农家肥7.5 t/hm²做底肥,N 150.0 kg/hm²、P₂O₅ 90.0 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²,磷钾肥一次性底施,氮肥50%做基肥,50%于现蕾期用简易施肥器在2株之间打孔施入,深度15 cm。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤养分含量测定 马铃薯收获后,采用5点取样法,用直径为5.5 cm土钻,每小区分别按0~20 cm(耕作层)、20~40 cm(底土层)和40~60 cm(心土层)取样,分别于马铃薯种植行和大、小垄沟取样,混合成1 kg土样备用,测定土壤氮磷钾及其有效成分含量^[12]。土壤碱解氮用碱解扩散法测定,速效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定(Olsen法),速效钾用中性乙酸氨浸提、原子吸收光度计法测定^[13]。

1.4.2 收获与计产 试验收获前,每小区于中间行取20株测定株高、结薯数量和薯块鲜重,按大薯(>150 g)、中薯(150~75 g)、小薯(<75 g)的标准计算个数、结薯率及重量^[14-15]。按小区单收计鲜薯产量。

肥料偏生产力(PFP)=施肥后作物产量/肥料投

表1 试验地土壤理化性状

土层深度 /cm	pH	有机碳 /(g/kg)	全氮 /(g/kg)	全磷 /(g/kg)	全钾 /(g/kg)	碱解氮 /(mg/kg)	有效磷 /(mg/kg)	有效钾 /(mg/kg)	土壤容重 /(g/cm ³)
0~20	8.1	11.1	0.76	0.72	17.5	66.5	15.0	176.6	1.30
20~40	8.1	9.4	0.49	0.68	13.6	58.6	13.5	130.5	1.34
40~60	8.2	6.7	0.41	0.67	12.5	52.3	10.3	121.1	1.36

入量(纯量)^[16]

肥料农学效率(AE)=[施氮(磷、钾)区产量－无肥区产量]/施氮(磷、钾)量^[17]

1.5 数据处理

采用 Excel 2013 软件对数据进行统计与整理,用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性检验 (LSD 法),用 SigmaPlot 14.0 软件制图。

2 结果与分析

2.1 不同土层土壤氮磷钾及其有效成分的含量

由图 1 可以看出,覆膜垄作(SRF、ARF、FRF)显著提高了 0~60 cm 土壤氮磷钾及有效成分含量,对不同土壤剖面层次土壤养分含量的影响不同。覆膜垄作显著提高了 0~20、20~40 和 40~60 cm 土层全氮、全磷、全钾、速效磷和速效钾的含量,其中 SRF、ARF、FRF 处理间差异不显著。SRF、ARF、FRF 处理显著提高了 0~20 cm 土层碱解氮含量,对 20~40 cm 土层碱解氮含量无显著影响,显著降低了 40~60 cm 土层碱解氮的含量。

2.2 马铃薯产量及产量性状

由表 2 可以看出,各覆膜垄作处理均提高了马铃薯产量,增产幅度随降水量的增加而增加。3 a 平均产量以 ARF 处理最高,为 48 210.9 kg/hm²,其次为 SRF、FRF,平均产量分别为 45 141.6、44 979.0 kg/hm²,且 ARF、SRF、FRF 之间差异不显著,均显著高于 CK(38 921.2 kg/hm²),增产率分别为 23.87、15.98%、15.56%。同时,各覆膜垄作处理均显著增加了马铃薯大薯率和大薯重,3 a 平均大薯率 ARF、SRF、FRF 处理的分别为 40.6%、39.8%、39.3%,分别较 CK 提高了 5.4、4.6、4.1 个百分点;3 a 平均大薯重分别为 0.67、0.63、

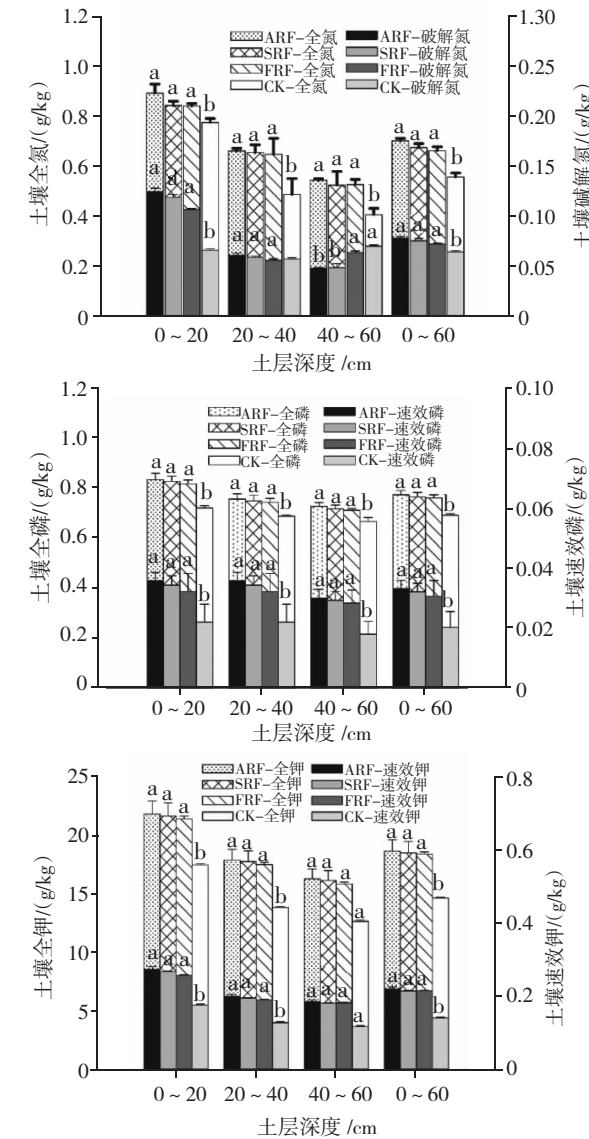


图 1 不同耕作层土壤全氮磷钾及其有效成分的含量

0.57 kg,较 CK 提高了 34%、26%、14%。

2.3 对马铃薯氮磷钾肥料利用率的影响

由表 3 可以看出,各覆膜垄作处理 (ARF、

表 2 不同处理马铃薯产量及性状

时间	处理	产量 /(kg/hm ²)	马铃薯结薯特性					
			大薯率 /%	中薯率 /%	小薯率 /%	大薯重 /kg	中薯重 /kg	小薯重 /kg
2018年 (干旱年)	ARF	34 693.6 a	40.6 a	21.8 a	37.6 b	0.60 a	0.24 a	0.20 a
	SRF	32 667.8 ab	39.8 a	21.2 a	39.0 b	0.60 a	0.23 a	0.19 a
	FRF	32 250.0 ab	38.4 a	21.9 a	39.7 b	0.50 a	0.23 a	0.21 a
	CK	28 830.3 b	34.9 b	17.8 b	47.3 a	0.50 a	0.20 b	0.20 a
2019年 (平水年)	ARF	42 894.2 a	40.3 a	20.1 a	39.6 b	0.70 a	0.25 a	0.19 a
	SRF	39 170.1 a	39.6 a	19.5 a	40.9 b	0.60 a	0.24 a	0.19 a
	FRF	39 165.5 a	40.1 a	19.1 a	40.8 b	0.60 a	0.24 a	0.20 a
	CK	35 716.7 b	35.8 b	15.9 b	48.3 a	0.50 b	0.21 b	0.20 a
2020年 (丰水年)	ARF	67 044.8 a	41.0 a	21.7 a	37.3 b	0.70 a	0.25 a	0.20 a
	SRF	63 587.0 a	40.1 a	21.0 a	38.9 b	0.70 a	0.24 a	0.19 a
	FRF	63 521.4 a	40.4 a	20.9 a	38.7 b	0.60 a	0.24 a	0.21 a
	CK	52 216.7 b	34.9 b	17.8 b	47.3 a	0.50 b	0.21 b	0.20 a

表 3 不同处理马铃薯氮磷钾肥利用效率

时间	处理	偏生产力(PFP)						农学效率(AE)		
		氮肥 /(kg/kg)	增加 /%	磷肥 /(kg/kg)	增加 /%	钾肥 /(kg/kg)	增加 /%	氮肥 /(kg/kg)	磷肥 /(kg/kg)	钾肥 /(kg/kg)
2018年 (干旱年)	ARF	177.5 a	19.0	380.7 a	40.1	316.5 a	25.0	30.0 a	64.3 a	74.8 a
	SRF	167.2 ab	12.1	358.5 ab	31.9	298.0 ab	17.7	19.6 b	42.1 b	56.3 b
	FRF	166.8 ab	11.8	356.7 ab	31.3	294.2 ab	16.2	19.2 b	43.4 b	56.1 b
	CK	149.2 b		271.7 b		253.2 c				
2019年 (平水年)	ARF	219.5 a	98.3	470.7 a	39.9	391.3 a	24.7	36.7 a	78.7 a	65.5 a
	SRF	186.8 b	68.7	429.8 b	27.7	357.4 b	13.9	17.6 b	37.9 b	31.5 b
	FRF	180.7 b	63.2	427.8 b	27.1	356.1 b	13.5	17.4 b	35.9 b	31.2 b
	CK	110.7 c		336.5 c		313.7 c				
2020年 (丰水年)	ARF	343.1 a	26.9	735.7 a	49.5	611.7 a	33.4	75.9 a	162.7 a	135.3 a
	SRF	325.4 a	20.4	697.8 a	41.8	580.1 a	26.5	57.0 a	124.8 b	103.7 a
	FRF	324.4 a	20.0	688.4 a	39.9	579.2 a	26.3	56.2 a	122.4 b	102.8 a
	CK	270.3 b		492.0 b		458.6 b				

SRF、FRF)肥料偏生产力均显著高于CK。氮磷钾肥料的偏生产力因年型不同增加率不同,氮肥偏生产力增加率平水年最高,丰水年次之,干旱年最低;磷肥和钾肥偏生产力均以丰水年最高,干旱年次之,平水年最低。各处理肥料偏生产力均以ARF处理最高,ARF、SRF、FRF处理氮肥偏生产力3a平均增加率分别为48.1%、33.7%、31.7%,磷肥偏生产力3a平均增加率分别为43.2%、33.8%、32.8%,钾肥偏生产力3a平均增加率分别为27.7%、19.4%、18.7%。肥料农学效率在不同年型均以ARF处理最高,各覆膜垄作处理3a平均农学效率均表现为磷肥>钾肥>氮肥。

3 讨论与结论

研究表明,覆膜垄作能显著提高土壤氮磷钾含量,在提高土壤肥力方面具有高效性^[16]。本研究结果显示,与传统中耕壅土耕作相比,秋膜垄上微沟集雨耕作、春膜垄上微沟集雨耕作和全膜双垄耕作0~60cm土层氮磷钾及其有效成分含量均显著提高。这主要归因于覆膜垄作的集保水与调温作用提高了表层20cm土壤温湿度,改善了耕作层土壤水热环境,促使作物旺盛生长从而增加了随土壤耕作归还土壤的有机物质(茎秆、落叶、根等);新添加的有机物因土壤水热条件的改善而加速腐解,其释放的养分元素提高了氮磷钾养分含量。同时,表层温湿度高形成的土壤水热梯度促使土壤氮磷钾养分向土壤剖面上层运移,加速了在0~60cm土壤剖面的富集^[17-18]。秋膜垄上微沟集雨耕作由于上年10月就全地面覆盖,土壤耕翻添加土壤的大量有机质(肥料、秸秆、枯枝落叶、根系等)在

优化水热环境下腐解的时间长,因此释放的养分略多,提高氮磷钾养分含量的效果更明显。另外,施肥和起垄耕作,特别是起垄引起养分元素土壤耕作层堆积也有效地提高了氮磷钾养分含量^[4,14]。

农作物的稳产、增产依赖于良好的土壤肥力^[16]。覆膜垄作提高了土壤养分的有效性,土壤磷养分含量的提高有利于作物根系生长,增强了抗旱性。土壤钾含量的增加很好地迎合了马铃薯喜钾的特性而显著增产。本研究表明,不论降水年型,秋膜垄上微沟集雨耕作、春膜垄上微沟集雨耕作和全膜双垄耕作均能显著提高马铃薯的产量,且秋膜垄上微沟集雨耕作马铃薯3a平均产量最高,为48210.9kg/hm²,明显高于传统中耕壅土耕作。这是主要归因于覆膜垄作,特别是秋膜垄作有效改善了土壤水热环境,加速了土壤养分释放、提高了肥效^[19]。水肥互作促使光合作用同化更多的碳水化合物,并使同化产物加速向地下运输和转移,显著促使块茎膨大,增加大薯结薯率和结薯重量,最终使得块茎产量显著增加^[20]。本研究发现,各覆膜垄作处理均显著增加了马铃薯大薯率和大薯重。另外,本研究中传统中耕壅土耕作马铃薯产量呈逐年增加的趋势,原因主要是试验地前茬施肥残效和试验年降水量偏高减轻了干旱胁迫。

提高作物养分利用率是土壤养分和施肥管理的关键,也是作物增产的关键^[18]。本研究表明,覆膜垄作显著提高了马铃薯的氮磷钾肥偏生产力,且均以秋膜垄作最高,氮肥、磷肥、钾肥偏生产力3a平均增加率分别为48.1%、43.2%、27.7%;肥料农学效率在不同年型均以秋膜垄作处理最高,

各覆膜垄作处理 3 a 平均农学效率都表现为磷肥>钾肥>氮肥。可能的原因是, 一是覆膜垄作显著提高了土壤氮磷钾养分, 特别是磷钾养分的含量和有效性, 增加了土壤磷钾肥供给能力、补齐了土壤磷钾缺素短板。氮素增量解除了马铃薯生长发育第一限制因子, 钾素补足了马铃薯旺盛生长对钾的需求^[21], 磷素促进了马铃薯根系生长、增强汲取水肥养分能力。综合起来提高了马铃薯磷钾素吸收利用的高效性。二是土壤养分条件的改善促进马铃薯增产。三是研究期间降水较为充沛利于马铃薯生长发育增产密切相关。

综上所述, 地膜覆盖垄上微沟集雨耕作显著提高了 0~60 cm 土壤氮磷钾及其有效成分含量。覆膜垄作同时增加了供肥能力, 显著提高了马铃薯产量及大薯结薯率、结薯重。覆膜垄作显著提高了氮磷钾肥、特别是磷钾肥的偏生产力和农学效率。综合分析认为, 秋膜垄上微沟集雨耕作、春膜垄上微沟集雨耕作和常规全膜双垄耕作都是高效的旱地马铃薯高产种植技术, 秋膜垄上微沟集雨耕作作为首选, 秋膜垄上微沟集雨耕作, 春膜垄上微沟集雨耕作和常规全膜双垄耕作可视年降水量和土壤墒情相互替代选用。

参考文献:

- [1] ZHANG P, WEI T, LI Y, et al. Effects of straw incorporation on the stratification of the soil organic C, total N and C: N ratio in a semiarid region of China[J]. Soil and Tillage Research, 2015, 153: 28–35.
- [2] 李百云, 许泽华, 郭鑫年, 等. 宁夏不同生态类型区土壤养分状况比较分析[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(5): 434–440.
- [3] 张月荷, 梁霞, 曹浚铂, 等. 垄沟集雨种植的研究进展[J]. 节水灌溉, 2022(10): 23–30.
- [4] 程万莉, 樊廷录, 王淑英, 等. 全生物降解地膜覆盖对河西灌区马铃薯田耕层土温及产量的影响[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(9): 815–821.
- [5] 张润泽. 黄土高原地膜覆盖对旱地冬小麦生长和水分利用的影响及机制[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2023.
- [6] 邓浩亮, 张恒嘉, 肖让, 等. 陇中旱源不同覆盖集雨种植方式对春玉米生长特性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2020, 28(3): 135–141.
- [7] 张绪成, 于显枫, 王红丽, 等. 半干旱区减氮增钾、有机肥替代对全膜覆盖垄沟种植马铃薯水肥利用和生物量积累的调控[J]. 中国农业科学, 2016, 49(5): 852–864.
- [8] 王小赞, 王琦, 周旭姣, 等. 生物炭覆盖垄沟集雨种植对紫花苜蓿根芽、干草产量和水分利用效率的影响[J]. 草原与草坪, 2023, 43(3): 1–13.
- [9] 刘凯, 谢英荷, 李廷亮, 等. 减氮覆膜对黄土旱源小麦产量及养分吸收利用的影响[J]. 中国农业科学, 2021, 54(12): 2595–2607.
- [10] 邢海峰, 石晓华, 杨海鹰, 等. 磷肥分次滴灌施用提高马铃薯群体磷素吸收及磷利用率的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4): 987–992.
- [11] 杨封科, 何宝林, 张国平, 等. 土壤培肥与覆膜垄作对土壤养分、玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(3): 893–905.
- [12] 丁文斌, 蒋光毅, 史东梅, 等. 紫色土坡耕地土壤属性差异对耕层土壤质量的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6480–6493.
- [13] 张立功, 马淑珍. 黄土丘陵区(庄浪)旱作马铃薯全膜覆盖关键技术集成研究[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 84–92.
- [14] 王迎男, 高娃, 郜翻身, 等. 内蒙古马铃薯主产区基础地力及增产潜力研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(8): 1345–1353.
- [15] 王雪, 苗泽兰, 孙志梅, 等. 冀中平原主栽山药品种的生长发育和养分累积特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(3): 510–518.
- [16] WRIGHT A L, HONS F M, LEMON R G, et al. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 96(1–2): 19–27.
- [17] 葛均筑, 徐莹, 袁国印, 等. 覆膜对长江中游春玉米氮肥利用效率及土壤速效氮素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 296–306.
- [18] 赵鸿. 黄土高原(定西)旱作农田垄沟覆膜对马铃薯产量和水分利用效率的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [19] 徐亚新, 何萍, 仇少君, 等. 我国马铃薯产量和化肥利用率区域特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(1): 22–35.
- [20] 赵丽, 邓妍, 郭虹霞, 等. 不同覆盖模式对玉米叶片水分利用效率的影响[J]. 玉米科学, 2022, 30(2): 132–138; 144.
- [21] HANNAN A, ARIF M, RANJHA A M, et al. Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2011, 42(6): 645–655.