



有机肥替代部分化肥对半干旱区马铃薯产量、水分和氮素利用率的影响

付强¹, 张平良^{1, 2*}, 刘晓伟², 郭天文^{1, 3}

(1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所 / 农业农村部西北旱地农业绿色低碳重点实验室, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 探讨有机肥等氮替代化肥在旱地马铃薯生产中的增产增效作用, 为化肥减量、资源高效利用提供理论依据。于 2020—2021 年, 以单施化肥 (CF) 为对照, 研究了不同有机肥氮替代 25% (T1)、50% (T2)、75% (T3) 和 100% (T4) 的化肥氮, 对马铃薯产量、水分利用效率和氮素利用率的影响。结果表明, 与 CF 处理相比, T1、T2 处理能够提高马铃薯产量和单株薯重、商品薯重等产量构成因素, 增加马铃薯水分利用效率、氮肥偏生产力、氮肥农学效率和氮肥利用率。与 CF 处理相比, T1 和 T2 处理马铃薯产量、水分利用效率分别提高 5.5% 和 5.4%、4.1% 和 4.2%, 氮肥偏生产力、氮肥农学效率、氮肥利用率分别提高 5.5% 和 5.4%、12.6% 和 12.5%、12.1% 和 8.3%。综合产量、水分利用效率、氮素利用率和曲线拟合分析, 在西北半干旱区全膜覆盖垄播种植条件下, 有机肥等氮替代 36% ~ 46% 的化肥氮是实现马铃薯高效种植的最佳施肥比例。

关键词: 有机肥替代; 马铃薯; 产量; 氮肥利用率; 水分利用效率

马铃薯耐寒、耐旱、耐瘠薄, 适应性广, 是目前仅次于水稻、小麦和玉米的世界第四大粮食作物^[1]。氮素是制约马铃薯产量的首要因子, 氮肥的施用是马铃薯保持高产和稳产的主要措施之一^[2]。长期以来, 施用氮肥获得马铃薯高产和推进农业发展的同时, 氮肥施用过多而造成氮肥利用率较低和土壤板结, 同时导致作物品质下降和环境污染。有机肥具有缓解土壤酸化、培肥地力、提高作物产量和蓄水保墒等优点, 是化肥的理想代替品^[3]。甘肃定西是全国马铃薯三大产区之一, 占甘肃马铃薯种植总面积的 31%, 马铃薯已成为陇中半干旱区最具生产潜力、市场优势和开发前景的特色农产品。

近几年来, 许多学者研究了不同比例有机肥替代化肥对作物产量及其水肥资源高效利用的影响。张奇茹等^[4]对旱地小麦的研究表明, 化肥有机替

代能够提高肥料利用率, 减施化学氮素 35%, 籽粒产量显著提高 17.2%。Li 等^[5]研究发现, 化肥有机替代能显著提高作物产量, 减量化肥配施有机肥能够将作物产量显著提高 8.7%。牛新湘等^[6]研究表明, 有机肥替代化肥能够改善棉花产量构成, 产量显著提高 5.81%。陈倩等^[7]研究表明, 有机肥等氮替代化肥能够显著提高玉米产量和水分利用效率。尹彩侠等^[8]研究表明, 与常规施肥相比, 有机肥氮替代化肥氮 10% 处理的氮肥利用率提高了 16.2%, 氮肥偏生产力提高了 17.3%, 氮肥农学效率提高了 29.7%。目前, 关于半干旱区全膜覆盖垄播马铃薯等氮条件下有机肥替代化肥的研究相对较少, 未见相关文献报道。因此, 本研究是在西北黄土高原半干旱区和黄绵土条件下, 通过两年田间定位试验, 探究有机肥替代化肥氮不同比例模式对旱地马铃薯产量及其水肥利用效率的影响, 以期对西北半干旱区马铃薯绿色增效、水肥资源高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

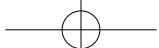
试验于 2020—2021 年在甘肃省农业科学院定西高泉试验基地 (安定区团结镇高泉村, 北纬

收稿日期: 2022-09-07; 录用日期: 2022-12-09

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1900700); 甘肃省重点研发计划 (20YF3WA010); 国家重点研发计划 (2016YFD0200101); 甘肃省农业科学院重点研发项目 (2022GAAS25)。

作者简介: 付强 (1997-), 在读研究生, 从事农业资源高效利用研究。E-mail: 3542657465@qq.com。

通讯作者: 张平良, E-mail: zhangpl2007@163.com。



35° 24′ 21″，东经 104° 34′ 94″）进行，该地区海拔 2000 m，年平均气温 6.8℃，年平均降水量 415 mm，无霜期 146 ~ 149 d，为典型的西北黄土丘陵半干旱区。试验地土壤类型为黄绵土，其基本理化性状为：有机质 12.93 g/kg、全氮 0.73 g/kg、全磷 0.67

g/kg、全钾 19.90 g/kg、碱解氮 50.83 mg/kg、有效磷 15.12 mg/kg、速效钾 174.81 mg/kg、pH 值 8.21。2020 和 2021 年试验地降水量见表 1，其中 2020 年马铃薯全生育期降水量为 465.7 mm，2021 年为 316.7 mm。

表 1 试验地降水量 (mm)

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
2020	7.0	3.6	11.4	14.8	76.3	77.1	82.7	147.0	49.5	36.8	9.0	3.7	518.9
2021	3.7	5.1	10.6	41.7	22.5	36.0	66.0	21.1	103.1	56.9	4.9	4.5	376.1

1.2 试验设计

试验以马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 为研究材料，品种为“陇薯 10 号”。采用随机区组设计，共设 6 个施肥水平，分别为：CK（不施氮肥，施磷钾肥）、CF（单施化肥）、T1（25% 有机肥氮替代化肥氮）、T2（50% 有机肥氮替代化肥氮）、T3（75% 有机肥氮替代化肥氮）、T4（100% 有机肥氮替代化肥氮）。每个处理重复 3 次，小区面积为 45m²。试验所用的有机肥为商品有机肥（N 1.5%、P₂O₅ 0.7%、K₂O 0.5%），氮肥为尿素（N 46%），磷肥为过磷酸钙（P₂O₅ 12%），钾肥为硫酸钾（K₂O 50%），氮、磷、钾养分施用量分别为 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²，所有肥料于覆膜播前一次性施入。马铃薯采用全膜覆盖垄播栽培，即为全地面覆膜，起单垄，垄宽 60 cm、高 15 cm，沟宽 40 cm，马铃薯种植在垄的两侧。马铃薯分别于 2020 年 4 月 24 日播种，10 月 14 日收获，2021 年 4 月 21 日播种，10 月 18 日收获，其它田间管理措施与当地农户一致。

1.3 样品采集与测定

产量构成因素测定：收获期在各小区随机选取连续植株 10 株，记录马铃薯株高、单株薯重、商品薯重和商品薯率等。

产量测定：按小区全收测定产量，并折算为 kg/hm²。

植株样品测定：马铃薯收获期，每个小区选取代表性植株 3 株，将植株分为地上部和地下部，于 105℃杀青 30 min 后，80℃烘干至恒重，粉碎过筛，采用凯氏定氮法测定全氮含量。

土壤水分测定：采用土钻烘干法，在每个小区播前和收获期任意两株间 0 ~ 100 cm 土层（每 20 cm 为 1 个层次）取样测定。

1.4 计算方法

氮素吸收量 (kg/hm²) = 地上部干物质量 × 地上部含氮量 + 地下部干物质量 × 地下部含氮量

氮肥偏生产力 (kg/kg) = 施氮区马铃薯块茎产量 / 施氮量

氮肥农学效率 (kg/kg) = (施氮区马铃薯块茎产量 - 无氮区块茎产量) / 施氮量

氮肥当季利用率 (%) = (施氮区当季氮素吸收量 - 无氮区当季氮素吸收量) / 当季施氮量 × 100

氮肥累积利用率 (%) = (一定时间内施氮区氮素吸收量 - 一定时间内无氮区氮素吸收量) / 该时间内累积施氮量 × 100

土壤贮水量 (mm) = 土壤含水量 × 土层深度 × 土壤容重 × 10

耗水量 (mm) = 播前 100 cm 土壤贮水量 - 收获期 100 cm 土壤贮水量 + 生育期降水量

水分利用效率 [kg / (hm² · mm)] = 马铃薯块茎产量 / 耗水量

1.5 数据处理

试验采用 Excel 2016 处理数据，采用 DPS 15.10 进行统计分析，LSD 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对马铃薯产量构成因素的影响

由表 2 可知，不同施肥处理对马铃薯产量构成因素的影响表现为：除 2020 年 T2 与 T3 株高差异不显著外，T1 和 T2 处理马铃薯株高、单株薯重、商品薯重等产量构成因素显著高于其他处理，2020 年马铃薯产量构成因素随着有机肥替代化肥氮的比例增加呈降低趋势，2021 年呈先增加后降低的趋势。以 2020 年为例，与 CF 处理相比，T1 和 T2

表 2 不同施肥处理对马铃薯产量构成因素的影响

年份	处理	株高 (cm)	单株薯重 (g/穴)	商品薯重 (g/穴)	商品薯率 (%)
2020	CK	41.0d	605.5c	231.2d	38.3c
	CF	80.6c	920.5b	556.8c	60.6b
	T1	92.5a	1152.5a	854.6a	74.2a
	T2	85.1b	1054.7a	746.3b	70.8a
	T3	81.5bc	923.2b	563.0c	60.9b
	T4	79.3c	902.7b	526.2c	58.2b
2021	CK	35.4c	412.2d	176.0d	42.7d
	CF	52.4b	749.6c	393.7c	52.5c
	T1	62.2a	818.5b	504.0b	61.6b
	T2	62.9a	862.5a	576.3a	66.8a
	T3	51.7b	748.0c	382.4c	51.1c
	T4	51.3b	747.9c	381.5c	51.0c

注：同列数据后不同小写字母表示同年不同处理间差异达显著水平 ($P<0.05$)，下同。

处理马铃薯株高分别显著提高 14.8% 和 5.6%，马铃薯单株薯重分别显著增加 25.2% 和 14.6%，商

品薯重、商品薯率分别提高了 53.5% 和 34.0%、22.4% 和 16.8%。T3 与 CF 处理间各产量构成因素均差异不明显，T4 较 CF 处理马铃薯商品薯重下降 5.5%。以 2021 年为例，与 CF 处理相比，T1 和 T2 处理马铃薯株高分别显著提高 18.7% 和 20.0%，马铃薯单株薯重、商品薯重、商品薯率分别显著增加了 9.2% 和 15.1%、28.0% 和 46.4%、17.3% 和 27.2%。CF 与 T3、T4 处理间各产量构成因素均差异不明显。上述结果表明，在西北半干旱区全膜覆盖垄播种植条件下，与单施化肥相比，有机肥替代化肥氮的适宜比例有利于增加马铃薯株高、单株薯重、商品薯重等产量构成因素，提高商品薯率，其中 2020 年以 T1 处理效果明显，2021 年以 T2 处理效果明显。

2.2 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

由图 1a 可知，不同施肥处理对马铃薯产量的影响表现为：T1 处理马铃薯两年产量均值最高，T2 处理次之。与 CF 相比，T1 和 T2 处理马铃薯两年产量均值分别显著提高 5.5% 和 5.4%。CF

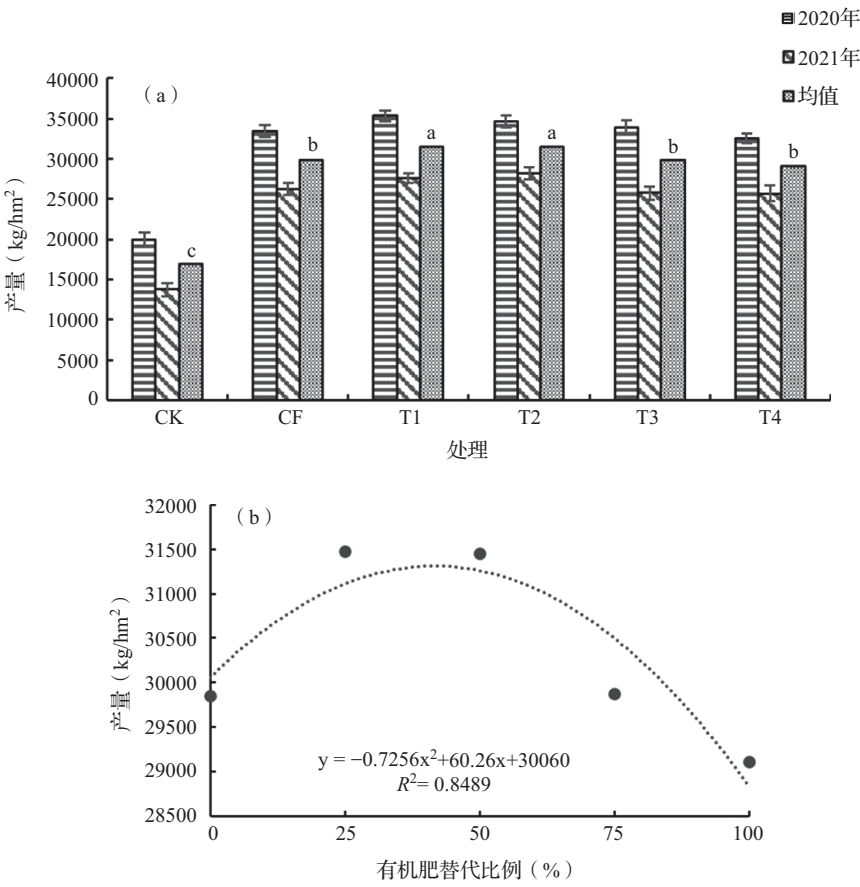


图 1 不同施肥处理对马铃薯产量的影响及曲线拟合

注：图柱上不同字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)；曲线拟合产量为两年马铃薯产量的平均值。



与 T3、T4 处理间马铃薯两年产量均值差异不明显。以 2020 年为例, 与 CF 处理相比, T1 处理马铃薯产量提高 5.6%。以 2021 年为例, T2 较 CF 处理马铃薯产量提高 7.7%。2021 年各处理马铃薯产量较 2020 年减少, 主要原因是 2021 年是干旱年, 马铃薯受干旱胁迫, 生长受影响, 造成块茎产量降低。由图 1b 可知, 经产量 (y) 与有机肥替代比例 (x) 曲线拟合, 得出二者拟合方程为 $y = -0.7256x^2 + 60.26x + 30060$, 决定系数 R^2 为 0.8489, 曲线拟合效果较好, 有机肥替代比例为 41% 时出现拐点, 在其 5% 置信区间即 36% ~ 46% 的替代比例下, 马铃薯增产效果明显。综合分析可知, 在西北半干旱区全膜覆盖垄播种条件下, 适宜比例的有机肥等氮替代化肥能够提高马铃薯产量, 且以 36% ~ 46% 替代比例效果最好。

2.3 不同施肥处理对马铃薯氮素利用效率的影响

由表 3 可知, 根据两年结果, T1、T2 处理马

铃薯氮素吸收量、氮肥偏生产力、氮肥农学效率和氮肥利用率均高于其他施肥处理, 与 CF 处理相比, T1 和 T2 处理马铃薯氮肥偏生产力、氮肥农学效率、氮肥利用率分别平均提高 5.5% 和 5.4%、12.6% 和 12.5%、12.1% 和 8.3%。2020 年, 与 CF 处理相比, T1 和 T2 处理马铃薯氮肥偏生产力分别提高 5.6% 和 3.6%, 氮肥农学效率、氮肥利用率分别提高 13.9% 和 8.9%、11.6% 和 3.9%, 其中 CF 与 T1 处理间差异显著。T3 与 CF 处理间氮肥利用率差异不显著, T4 较 CF 处理氮肥利用率显著下降 32.3%。2021 年, 与 CF 处理相比, T1 和 T2 处理马铃薯氮素吸收量分别显著提高 5.5% 和 9.4%, 氮肥偏生产力、氮肥农学效率、氮肥利用率分别提高 5.3% 和 7.8%、11.3% 和 16.4%、12.6% 和 12.8%, T3 与 CF 处理间差异不显著。上述结果表明, 在本试验条件下, 有机肥等氮替代化肥的比例为 25% ~ 50% 时, 能够提高马铃薯氮肥偏生产力、氮肥农学效率和氮肥利用率。

表 3 不同施肥处理对马铃薯氮素利用效率的影响

年份	处理	氮素吸收量 (kg/hm ²)	氮肥偏生产力 (kg/kg)	氮肥农学效率 (kg/kg)	氮肥利用率 (%)
2020	CK	112.7d	—	—	—
	CF	196.1b	186.1bc	75.0bc	46.4b
	T1	205.9a	196.5a	85.4a	51.8a
	T2	199.4b	192.7ab	81.7ab	48.2b
	T3	197.3b	188.8abc	77.7abc	47.0b
	T4	169.1c	180.6c	69.6c	31.4c
2021	CK	103.6d	—	—	—
	CF	175.1c	145.5bc	69.1bc	43.0b
	T1	184.8b	153.3ab	76.9ab	48.4a
	T2	191.6a	156.8a	80.4a	48.5a
	T3	174.3c	143.1c	66.8c	43.1b
	T4	173.4c	142.8c	66.4c	35.1c

注: 2020 年氮肥利用率为当季利用率, 2021 年为累积利用率。

2.4 不同施肥处理对马铃薯水分利用效率的影响

由表 4 可知, 从两年结果来看, T1、T2 处理马铃薯水分利用效率均高于其他施肥处理, 与 CF 处理相比, T1 和 T2 处理马铃薯水分利用效率分别平均提高 4.1% 和 4.2%, 且 T2 处理效果较好。以 2020 年为例, 播前贮水量各处理间差异不明显, T4 处理收后贮水量显著高于 CF 和 T1 处理。T1 较 T3、T4 处理耗水量分别显著提高了 1.3%、1.9%, 其中 T1 较 CF 处理耗水量提高了 0.9%, T4 较 CF 处理耗水

量减少 1.1%。与 CF 处理相比, T1、T2 处理水分利用效率分别提高 4.6%、3.9%, T3、T4 与 CF 处理间差异不显著。以 2021 年为例, CK 处理播前贮水量显著低于 T1、T2 处理, 但收后贮水量显著高于其余处理。与 CF 相比, T1 和 T2 处理耗水量、水分利用效率分别提高 1.7% 和 3.1%、3.5% 和 4.5%。T3、T4 与 CF 处理间差异不显著。结果表明, 在半干旱区全膜覆盖垄播种条件下, 25% ~ 50% 有机肥替代化肥氮, 能够提高马铃薯水分利用效率。

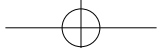


表 4 不同施肥处理对马铃薯水分利用效率的影响

年份	处理	播前贮水量 (mm)	收后贮水量 (mm)	耗水量 (mm)	水分利用效率 [kg/ (hm ² · mm)]
2020	CK	149.9a	268.5a	347.1c	57.6c
	CF	148.6a	253.8c	360.5ab	92.9ab
	T1	149.7a	251.8c	363.6a	97.2a
	T2	149.1a	255.4bc	359.4ab	96.5a
	T3	148.7a	255.6bc	358.8b	94.7ab
	T4	149.6a	258.7b	356.6b	91.2b
2021	CK	214.7b	234.9a	296.5d	46.4b
	CF	218.2ab	223.0bc	311.9bc	84.0a
	T1	220.8a	220.2bc	317.3ab	86.9a
	T2	221.7a	217.0c	321.4a	87.8a
	T3	217.9ab	224.5b	310.1bc	83.1a
	T4	217.6ab	225.5b	308.8c	83.2a

3 讨论

3.1 有机肥等氮替代化肥对马铃薯产量及其构成因素的影响

马铃薯产量构成因素是衡量其生长发育状况的重要指标，施肥是马铃薯高产的主要途径。黄艳岚等^[9]研究表明，有机肥替代 25% 化肥处理的马铃薯株高、单株茎叶重、单株薯块重和单株薯块数等产量构成因素均高于其他处理。何万春等^[10]研究表明，施用有机肥提高了马铃薯地上地下生物量、马铃薯块茎产量和商品薯率，以 30% 替代比例效果最好。Liu 等^[11]研究发现，适宜的有机肥和氮肥配施比例（氮肥替代率≤ 70%）可以提高作物产量，减少氮素损失。本研究结果表明，较单施化肥处理，25% ~ 50% 比例的有机肥等氮替代化肥能够提高马铃薯株高、单株薯重和商品薯重等产量构成因子，且马铃薯显著增产。然而，有机替代比例超过 50% 会导致其减产，与前人研究结果一致^[12]，主要原因是有机肥矿化缓慢，养分供给不足，影响作物生长。本研究中，年际间各处理马铃薯产量有差异，2021 年较 2020 年各处理均减产，主要原因是 2021 年为干旱年，马铃薯全生育期降水较少，受干旱胁迫，块茎产量降低，与前人研究结果一致^[13]。

3.2 有机肥等氮替代化肥对马铃薯氮素利用效率的影响

李银坤等^[14]研究表明，有机肥替代化肥能够协调养分供给，提高作物对养分的吸收，促进生长，提高氮肥利用率。张绪成等^[15]研究表明，较单施化肥，50% 有机替代显著提高了马铃薯氮素偏生产力和氮素利用率。魏文良等^[16]研究发现，化肥有机替代可以获得比单施化肥更高的作物产量，氮肥利用率显著提高。王林林^[17]对旱地小麦的研究发现，有机肥等氮替代化肥能够优化冠层氮素分配，促进光合作用，从而提高氮素利用效率。本研究发现，与单施化肥比较，有机肥等氮替代 25% ~ 50% 的化肥氮提高了马铃薯植株的氮素吸收量。同时，与单施化肥相比，适宜比例的有机替代能够提高马铃薯的氮肥偏生产力、氮肥农学效率和氮肥利用率。

3.3 有机肥等氮替代化肥对马铃薯水分利用效率的影响

自然降水少是制约西北旱地马铃薯高产的主要环境因素，化肥有机替代能够提高水分利用效率，增加作物产量^[18]。郑凤霞等^[19]研究发现，有机无机肥配施能够改善冬小麦耗水特性，增加耗水量，提高水分利用效率，进而提高产量。本研究显示，随着有机替代比例增加，马铃薯耗水量呈先增加后



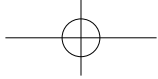
降低的趋势, 25% ~ 50% 的替代比例时, 耗水量最高。本研究还发现, 有机肥等氮替代 25% ~ 50% 的化肥能够提高马铃薯水分利用效率, 效果最好。马铃薯水分利用效率受降水量和施肥等多方面影响, 有研究表明^[20], 干旱年会导致作物水分利用效率低, 从而造成减产。也有研究表明^[21], 降水年型对作物的水分利用效率有显著影响, 干旱年显著低于丰水年。张建军等^[22]研究发现, 无论何种降水年型, 有机肥等氮替代化肥可提高冬小麦的水分利用效率。本研究发现, 综合两年试验结果, 有机肥等氮替代 25% ~ 50% 化肥氮处理的马铃薯水分利用效率高于单施化肥处理, 且效果明显。2021 年各施肥处理水分利用效率均低于 2020 年, 主要原因是受降水量影响, 2021 年马铃薯全生育期降水量较 2020 年降低 47.05%。

4 结论

在年均降水量为 415 mm 的西北旱作区, 180 kg/hm² 等氮量投入水平下, 相对于单施化肥, 适宜比例的有机肥等氮替代化肥能够提高马铃薯产量, 25% ~ 50% 替代比例下, 马铃薯增产 5.4% ~ 5.4%, 且水分利用效率提高 4.1% ~ 4.2%。较单施化肥, 有机肥等氮替代 25% ~ 50% 化肥条件下, 氮肥偏生产力、农学效率、氮肥利用率分别提高 5.4% ~ 5.5%、12.5% ~ 12.6%、8.3% ~ 12.1%。综合曲线拟合分析, 在西北黄土高原半干旱区, 马铃薯全膜覆盖垄播种条件下, 有机肥等氮替代 36% ~ 46% 化肥氮较为适宜。

参考文献:

- [1] Li Q, Li H, Zhang L, et al. Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: a meta-analysis [J]. *Field Crops Research*, 2018, 221: 50–60.
- [2] 李璐, 刘双全, 仇少君, 等. 典型黑土不同施氮量对马铃薯产量和氮素利用率的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2020, 26 (5): 850–857.
- [3] 何万春, 令鹏, 李鹏程, 等. 有机肥氮替代部分化肥氮对马铃薯产量和水分利用效率的影响 [J]. *中国农业文摘-农业工程*, 2021, 33 (3): 23–26.
- [4] 张奇茹, 谢英荷, 李廷亮, 等. 有机肥替代化肥对旱地小麦产量和养分利用效率的影响及其经济环境效应 [J]. *中国农业科学*, 2020, 53 (23): 4866–4878.
- [5] Li P, Li Y, Xu L, et al. Crop yield-soil quality balance in double cropping in China's upland by organic amendments: a meta-analysis [J]. *Geoderma*, 2021, 403: 115197.
- [6] 牛新湘, 蒲胜海, 吴湘琳, 等. 棉区有机肥替代化肥对棉花产量及其构成因子的影响 [J]. *新疆农业科学*, 2021, 58 (9): 1672–1677.
- [7] 陈倩, 谢军红, 李玲玲, 等. 不同比例有机肥替代化肥对玉米生长及水分利用效率的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2021, 39 (6): 162–170.
- [8] 尹彩侠, 孔丽丽, 李前, 等. 优化施肥条件下有机肥部分替代化肥对水稻产量、养分吸收及转运的影响 [J]. *东北农业科学*, 2020, 45 (6): 59–63.
- [9] 黄艳岚, 张超凡, 张道微, 等. 有机肥替代化肥对马铃薯产量、氮肥利用和土壤养分的影响 [J]. *湖南农业科学*, 2022 (6): 25–28.
- [10] 何万春, 令鹏, 李鹏程, 等. 有机肥氮替代部分化肥氮对马铃薯产量和水分利用效率的影响 [J]. *中国农业文摘-农业工程*, 2021, 33 (3): 23–26.
- [11] Liu B, Wang X, Ma L, et al. Combined applications of organic and synthetic nitrogen fertilizers for improving crop yield and reducing reactive nitrogen losses from China's vegetable systems: a meta-analysis [J]. *Environmental Pollution*, 2021, 269: 116143.
- [12] 茹朝, 郁继华, 武玥, 等. 化肥减量配施生物有机肥对露地大白菜产量及品质的影响 [J]. *浙江农业学报*, 2022, 34 (8): 1626–1637.
- [13] 张平良, 郭天文, 刘晓伟, 等. 密度和施氮量互作对全膜双垄沟播玉米产量、氮素和水分利用效率的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2019, 25 (4): 579–590.
- [14] 李银坤, 郝卫平, 龚道枝, 等. 减氮配施有机肥对夏玉米——冬小麦土壤硝态氮及氮肥利用的影响 [J]. *土壤通报*, 2019, 50 (2): 348–354.
- [15] 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.
- [16] 魏文良, 刘路, 仇恒浩. 有机无机肥配施对我国主要粮食作物产量和氮肥利用效率的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2020, 26 (8): 1384–1394.
- [17] 王林林. 氮肥和有机肥对旱地小麦水氮利用的调控 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [18] 李科, 马剑. 有机无机配施对旱作冬小麦水分利用率的影响 [J]. *土壤通报*, 2018, 49 (5): 1170–1175.
- [19] 郑凤霞, 董树亭, 刘鹏, 等. 有机无机肥配施对冬小麦耗水特性和干物质生产的影响 [J]. *水土保持学报*, 2017, 31 (2): 240–247.
- [20] 裴雪霞, 党建友, 张定一, 等. 化肥减量配施有机肥对旱地小麦产量、品质和水分利用率的影响 [J]. *水土保持学报*, 2021, 35 (4): 250–258.
- [21] 张晶, 党建友, 张定一, 等. 不同降水年型下小麦产量、品质及水分利用效率对有机无机肥配施的响应 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2020, 26 (9): 1625–1635.
- [22] 张建军, 樊廷录, 赵刚, 等. 长期定位施不同氮源有机肥替代部分含氮化肥对陇东旱塬冬小麦产量和水分利用效率的影响 [J]. *作物学报*, 2017, 43 (7): 1077–1086.



Effects of organic fertilizers partial replacing chemical fertilizers on potato yield, water and nitrogen utilization in semi-arid areas

FU Qiang¹, ZHANG Ping-liang^{1, 2*}, LIU Xiao-wei², GUO Tian-wen^{1, 3} (1. College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070; 2. Dryland Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Green and Low-carbon Agriculture in Northwest Drylands, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Lanzhou Gansu 730070; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070)

Abstract: The effects of organic fertilizer substitution for chemical fertilizer in dryland potato production on the yield and efficiency were explored to provide a theoretical basis for chemical fertilizer reduction and efficient resource utilization. The effects of different organic fertilizer nitrogen substitution of 25% (T1), 50% (T2), 75% (T3) and 100% (T4) of chemical fertilizer nitrogen on potato yield, water use efficiency and nitrogen utilization were studied in 2020–2021, using chemical fertilizer alone (CF) as control. The results showed that the T1 and T2 treatments increased potato yield and yield components such as individual potato weight and commercial potato weight, and increased potato water use efficiency, nitrogen fertilizer bias productivity, nitrogen fertilizer agronomic efficiency and nitrogen fertilizer utilization. Compared with CF treatment, potato yield and water use efficiency increased by 5.5% and 5.4%, 4.1% and 4.2%, respectively, and nitrogen fertilizer bias productivity, nitrogen fertilizer agronomic efficiency and nitrogen fertilizer utilization increased by 5.5% and 5.4%, 12.6% and 12.5%, 12.1% and 8.3%, respectively, in T1 and T2 treatments. The combined yield, water use efficiency, nitrogen utilization and curve fitting analysis showed that organic fertilizer equivalent nitrogen replacing 36%–46% of chemical fertilizer nitrogen was the best fertilizer application rate to achieve efficient potato cultivation under full film cover monopoly planting conditions in the semi-arid northwest.

Key words: organic substitution; potato; yield; nitrogen fertilizer use efficiency; water use efficiency