

有机无机肥配施对低产田春玉米生长及生产效益的影响

范荣¹, 宋亚丽², 王珍¹, 席芳芳², 李峰²

(1. 环县农业技术推广中心, 甘肃 环县 745700; 2. 庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要: 为探索黄土高原半干旱区低产田春玉米的最优施肥模式和方法, 在有机肥、化肥、有机肥与无机肥配施等不同施肥条件下, 对春玉米的病虫发生情况、产量及经济效益开展了研究分析。结果表明, 有机无机肥配施能够减轻玉米病虫害发生, 促进植株生长。各施肥处理均能有效提高玉米产量, 增产 15.28%~85.45%, 其中以复合施肥(羊粪+化肥+硫酸亚铁+腐殖酸+生物菌肥)处理折合产量最高, 为 12 497.4 kg/hm², 较不施肥处理增产 85.45%; 羊粪+商品有机肥+化肥配施次之, 折合产量 11 830.4 kg/hm², 较不施肥处理增产 75.55%。羊粪配施化肥处理纯收益最高, 较不施肥处理和单施化肥处理分别增加了 5 360.6、3 029.6 元/hm²。综合考虑产量和经济效益, 表现较优的施肥方式是羊粪配施化肥、羊粪+商品有机肥+化肥配施、复合施肥(羊粪+化肥+硫酸亚铁+腐殖酸+生物菌肥), 在低产田改良上的保粮增收效果明显。

关键词: 有机无机肥配施; 春玉米; 低产田; 产量; 经济效益

中图分类号: S513; S147.2 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2024)12-1157-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.12.015

Effects of Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth and Economic Benefits of Spring Maize in Low-yield Fields

FAN Rong¹, SONG Yali², WANG Zhen¹, XI Fangfang², LI Feng²

(1. Huanxian Agricultural Technology Extension Centre, Huanxian Gansu 745700, China; 2. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang Gansu 745000, China)

Abstract: In order to explore the optimal fertilization mode and method for spring maize in low-yield fields in semi-arid area on the Loess Plateau, the occurrence of diseases and pests, yield and economic benefit of spring maize were studied under different fertilization treatments such as organic fertilizer, chemical fertilizer, organic and inorganic combined application. Results showed that the combined application of organic-inorganic fertilizer could reduce the occurrence of maize pests and diseases and promote plant growth. All fertilization treatments could effectively increase the maize yield with yield increases ranging from 15.28% to 85.45%. Among them, the compound fertilization treatment (sheep manure + chemical fertilizer + ferrous sulfate + humic acid + biological fertilizer) had the highest average yield of 12,497.4 kg/ha, an increase of 85.45% compared to the non-fertilized treatment. Sheep manure + commercial organic fertilizer + chemical fertilizer combination was the second, with an average yield of 11,830.4 kg/ha, an increase of 75.55% compared to the non-fertilized treatment. The net benefit of sheep manure combined with fertilizer treatment was the highest, which increased by 5,360.6 and 3,029.6 Yuan/ha compared to the non-fertilized and chemical fertilizer-only treatments, respectively. Comprehensive consideration from the yield and economic benefits, the optimal fertilization methods were sheep manure with chemical fertilizers, sheep manure+commercial organic fertilizer+chemical fertilizers, and compound fertilization (sheep manure +chemical fertilizers+ferrous sulfate+humic acid+biofertilizer), all of which demonstrated significant effects on improving grain yield and economic benefit in low-yield fields.

Key words: Organic-inorganic fertilizer combination; Spring maize; Low-yield field; Yield; Economic benefit

低产田改良是助推乡村振兴战略、推动农业高质量发展的重要举措, 也是提高粮食综合生产能力, 保证我国粮食安全的重要途径^[1]。低产田养分含量少且易板结, 导致农作物生长发育状况

收稿日期: 2024-03-18; 修订日期: 2024-07-29

基金项目: 环县科技特派员示范基地建设基金(HNK2023-05)。

作者简介: 范荣(1979—), 男, 甘肃环县人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。Email: 751415609@qq.com。

通信作者: 王珍(1969—), 女, 河南驻马店人, 农业技术推广研究员, 主要从事农业技术集成推广工作。Email: 18993406252@163.com。

差,产量低而不稳^[2]。目前,旱作农业区低产田主要采用种植绿肥或歇茬自然恢复等方式进行土壤理化性质改善从而达到培肥地力的效果。然而,种植绿肥存在优质绿肥品种较少、适应性较弱、与作物竞争水肥等问题,歇茬自然恢复存在周期长、效果不佳等问题^[3-4]。有机肥中有机质含量较高、养分全面,能够有效改善土壤微生物群落结构、提高土壤肥力、提升作物产量及品质^[5-7]。研究表明,有机肥与无机肥配施能有效增加作物产量,是农作物增产稳产的主要措施^[8-11]。目前对不同土壤类型应采用的有机肥种类与配施比例等问题的研究尚少^[12]。鉴于此,我们研究了不同有机肥与化肥配施对玉米产量和经济效益的影响,探索适宜西北黄土高原半干旱区的最佳培肥模式,以期为新开垦或低水平田肥力的提升提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省环县环城镇马坊塬村(107° 9' E, 36° 34' N),海拔 1 609 m,年平均气温 8.7 °C,有效积温约 3 200 °C,无霜期 150 d。该地为 2019 年高标准农田,2020 年种植幼龄果树,2021 年弃植为休歇地,土质为黄绵土,据 2022 年试验前土壤肥力测定,耕层土壤含有机质 11.35 g/kg、全氮 0.77 g/kg、全磷 0.67 g/kg、全钾 11.85 g/kg、碱解氮 38.75 mg/kg、有效磷 4.01 mg/kg、速效钾 93.75 mg/kg、缓效钾 835.54 mg/kg,pH 8.44。2022 年试验区玉米生长期降水量及月平均气温见表 1。玉米全生育期的气温和总降水量与历年持平,但 4—6 月份降水量仅为 85.6 mm,较历年平均值 123.2 mm 减少了 37.6 mm,干旱较为严重;7—8 月气温高、降水多,对玉米产量造成一定影响。

1.2 供试材料

指试玉米品种为金穗 1915,由白银金穗种业有限公司提供。

羊粪为经过发酵腐熟的羊粪粒鲜基(有机质 24%、N 1.014%、P₂O₅ 0.216%、K₂O 0.532%,环县中盛羊业发展有限公司);化肥为尿素(N 46%,中国石油天然气股份有限公司)、普通过磷酸钙(P₂O₅≥16%、水溶性磷≥11%,云南农业大学土壤与肥料研究所)、硫酸钾(K₂O≥45%,浙江圣效化学品有限公司)混合肥料;商品有机肥(有机质≥45%、N+P₂O₅+K₂O≥10%,宁夏鲁西化工化肥有限公司),生物菌肥(总养分≥10%、有机质≥40%、活菌数≥8 000 万 /g,宁夏伊品生物科技股份有限公司);腐植酸购自山东嘉佳福农业发展股份有限公司,硫酸亚铁(FeSO₄≥99.6%)购自西安义信化工有限公司。

1.3 试验方法

试验采用全膜双垄沟播技术^[13],共设 10 个处理(表 2),随机区组排列,3 次重复,小区面积为 33.0 m²(3.3 m×10.0 m),每小区播种 3 垄 6 行,小区间距 1.0 m。试验于 4 月 23 日机械深耕,4 月 24 日施肥并旋耕覆膜,4 月 27 日播种,密度为 6.0 万株 /hm²。

羊粪单施用量为 60 000 kg/hm²、配合施用量为 30 000 kg/hm²;尿素施用量为 390 kg/hm²,普通过磷酸钙施用量为 810 kg/hm²,硫酸钾施用量为 180 kg/hm²,施化肥处理氮、磷、钾肥用量均相同;商品有机肥单施时用量为 3 000 kg/hm²、配施时用量为 1 500 kg/hm²;生物菌肥施用量为 75 kg/hm²;腐植酸施用量为 600 kg/hm²;硫酸亚铁施用量为 375 kg/hm²。以不施肥处理作为对照(CK)。为了保持肥料施用时期的一致性,所有肥料采用一次性基肥施入,作物生长期不再追肥。

表 1 2022 年玉米生育期内各月降水量及平均气温

月份	高温 /°C	低温 /°C	平均气温 /°C	近10 a平均气温 /°C	降水次数 /次	≥5 mm降水次数 /次	降水量 /mm	历年平均降水量 /mm
4月	19.4	3.2	12.0	11.2	7	0	11.6	22.8
5月	22.0	7.3	16.8	16.7	7	3	23.7	42.5
6月	25.5	18.5	22.5	20.8	7	2	50.3	57.9
7月	33.0	14.0	22.2	22.7	17	8	134.4	83.6
8月	28.0	16.5	21.8	20.7	15	4	103.7	90.6
9月	19.9	11.7	16.4	15.7	12	2	24.3	55.6
10月	14.8	2.7	10.0	9.1	9	2	36.9	28.6

1.4 测定指标和方法

玉米抽雄期调查记载总株数、发病株数, 计算发病株率、虫害病株率^[14]。玉米成熟期, 每个处理选取 10 穗进行考种, 测定穗长、穗粗、秃尖长度、穗行数、行粒数和百粒重, 按小区称重计产^[15]。

发病株率 = 发病株数 / 总株数 × 100%

虫害株率 = 虫害株数 / 总株数 × 100%

经济效益 = 产值 - 肥料投入

肥料产量贡献率 = [(施肥区产量 - 对照区产量) / 施肥区产量] × 100%

1.5 数据处理

所有数据采用 Microsoft Excel 2003 进行统计与分析, 使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 玉米病虫害发生情况

由表 3 可以看出, CK 处理病虫害最严重, 植株生长缓慢, 大斑病病株率为 93.2%、锈病病株率为 67.2%、虫害病株率为 54.4%; T1、T2、T3、

T4、T5 处理玉米植株茎秆细、叶黄、抗旱性和抗病性减弱、病象严重, 大斑病病株率为 58.1% ~ 87.6%、锈病病株率为 9.2% ~ 44.0%、虫害病株率为 10.0% ~ 45.7%; 有机无机肥配施处理(T6、T7、T8、T9处理) 大斑病、锈病、虫害发生较轻, 大斑病病株率为 14.8% ~ 30.5%、锈病病株率为 4.2% ~ 12.3%、虫害病株率为 3.1% ~ 8.4%。

2.2 施肥处理对玉米主要农艺性状的影响

从表 4 可以看出, 与 CK 相比, 不同施肥处理均能增加玉米株高、穗位高、生育期、穗长、穗行数和单株粒重, 其中株高增加 6.51% ~ 19.75%, 穗位高增加 1.76% ~ 19.23%, 生育期延长 2 ~ 10 d, 穗长增幅为 3.14% ~ 32.46%, 穗行数增幅为 1.49% ~ 28.36%, 单株粒重增幅为 7.80% ~ 97.57%。除 T2 处理外, 各施肥处理均能有效降低玉米秃尖长度, 其中 T8 处理和 T9 处理的秃尖长度最短, 均为 1.1 cm; 除 T2 处理和 T5 处理外, 各施肥处理均可提高玉米行粒数, 增幅为 2.28% ~ 17.77%; 除 T5 处理外, 各施肥处理均可提高玉米百粒重,

表 2 不同处理的施肥量

处理	kg/hm ²							
	羊粪	商品有机肥	尿素	普通过磷酸钙	硫酸钾	生物菌肥	腐植酸	硫酸亚铁
不施肥(CK)								
单施羊粪(T1)	60 000							
单施商品有机肥(T2)		3 000						
单施化肥(T3)			390	810	180			
羊粪配施生物菌肥(T4)	30 000					75		
羊粪配施商品有机肥(T5)	30 000	1 500						
羊粪配施化肥(T6)	30 000		390	810	180			
商品有机肥配施化肥(T7)		1 500	390	810	180			
羊粪、商品有机肥、化肥配施(T8)	30 000	1 500	390	810	180			
复合施肥(T9)	30 000		390	810	180	75	600	375

表 3 不同处理下玉米病虫害发生情况

处理	大斑病病株率	锈病病株率	虫害病株率	田间表现
	%	%	%	
CK	93.2	67.2	54.4	秆细叶黄, 生长不齐, 果穗小且畸形率高, 缺肥现象严重
T1	87.6	44.0	45.7	秆细叶黄, 生长不齐
T2	81.4	38.5	44.6	秆细叶黄, 生长不齐
T3	58.1	9.2	11.4	生长较整齐, 茎秆较细, 叶片基本正常
T4	74.8	17.2	10.0	生长较整齐, 茎秆较细, 叶片偏黄
T5	77.7	22.2	13.4	生长较整齐, 茎秆较细, 叶片偏黄
T6	30.5	12.3	8.4	生长较整齐, 秆粗叶绿
T7	25.2	8.1	7.4	生长较整齐, 秆粗叶绿
T8	20.5	6.9	5.7	生长整齐, 秆粗叶绿, 果穗大
T9	14.8	4.2	3.1	生长整齐, 秆粗叶绿, 果穗大

增幅为 7.20%~43.64%。综合比较, 9 种施肥处理中以 T6、T8、T9 处理玉米长势最好, 株高、穗长、行粒数、穗粒数、单株粒重、百粒重等指标有明显增加趋势。

2.3 施肥处理对玉米产量及经济效益的影响

由表 5 可以看出, 各施肥处理均能有效提高玉米产量($P<0.05$), 增产幅度为 15.28%~85.45%。与单施化肥(T3)相比, 商品有机肥与化肥配施下玉米增产效果较为显著, 其中 T9 处理玉米产量最高, 折合产量为 12 497.4 kg/hm², 显著高于其他处理($P<0.05$), 较 CK 增产 85.45%, 较 T3 处理增产 29.14%; T8 处理折合产量为 11 830.4 kg/hm², 居第 2 位, 较 CK 增产 75.55%, 较 T3 处理增产 22.25%; T6 处理折合产量为 11 192.4 kg/hm², 位居第 3, 较 CK 增产 66.08%, 较 T3 处理增产 15.65%。T7 处理折合产量为 10 474.1 kg/hm², 位居第 4, 较 CK 增产 55.42%, 较 T3 处理增产 8.23%。

除 T2 处理外, 其他处理较 CK 均可提高春玉

米经济效益, 较 CK 处理经济效益增加了 1 224.0~5 360.6 元 /hm², 增幅为 9.08%~39.77%。T1、T4、T6、T8、T9 处理的玉米纯收益均高于 T3 处理, 较 T3 处理经济效益分别增加了 892.8、1 535.6、3 029.6、2 055.6、1 364.6 元 /hm², 其余处理均低于 T3 处理。

3 讨论与结论

化肥在我国农业生产中具有重要作用, 但是长期过量施用化肥会导致土壤板结、降低土壤 pH、影响玉米的产量和品质^[16]。化肥和有机肥的合理配施是农业绿色高效发展的必然要求, 该模式不仅可以有效减少化肥投入, 降低对环境的负面影响, 还能使畜禽粪便等废弃物得到充分利用^[17]。石子建等^[18]研究发现, 商品有机肥部分替代化肥不仅能改良土壤理化性质, 还能促进玉米植株的生长、提高产量和果穗品质。李博文等^[19]研究发现, 有机粪肥与化肥配施可以改善玉米籽粒品质, 提高产量。本研究中, 各施肥处理均能有效提高玉

表 4 不同施肥方式下玉米的农艺性状

处理	株高 /cm	穗位高 /cm	生育期 /d	穗长 /cm	秃尖长度 /cm	穗行数 /行	行粒数 /粒	穗粒数 /粒	单株粒重 /g	百粒重 /g
CK	190.4	62.4	130	19.1	4.1	13.4	39.4	512.6	119.2	23.6
T1	202.8	65.2	132	21.4	3.0	13.6	40.3	533.5	140.5	27.4
T2	206.4	63.5	132	19.7	4.7	15.1	33.6	493.8	128.5	25.3
T3	207.2	67.5	133	24.3	2.2	16.2	42.2	660.6	157.7	27.3
T4	205.6	64.3	135	21.6	2.4	16.5	40.8	628.2	161.6	28.2
T5	208.3	64.8	132	22.5	3.3	15.5	38.4	583.1	146.7	23.3
T6	211.7	68.6	136	24.1	2.2	15.6	46.4	735.0	219.3	31.7
T7	210.7	70.7	136	22.0	2.0	14.7	41.6	585.5	175.3	29.4
T8	225.9	72.5	138	23.1	1.1	16.4	45.4	744.9	222.4	31.6
T9	228.0	74.4	140	25.3	1.1	17.2	43.5	730.7	235.5	33.9

表 5 不同施肥方式下玉米的产量和经济效益

处理	折合产量 / (kg/hm ²)	增产率 /%	肥料产量贡献率 /%	产值 / (元/hm ²)	肥料投入 ^① / (元/hm ²)	经济效益 / (元/hm ²)
CK	6 739.1 gG			13 478.2	0	13 478.2
T1	8 351.0 eEF	23.92	19.3	16 702.0	0	16 702.0
T2	7 768.8 fEF	15.28	13.3	15 537.6	4 500.0	11 037.6
T3	9 677.6 dD	43.60	30.4	19 355.2	3 546.0	15 809.2
T4	8 784.9 eE	30.36	23.3	17 569.8	225.0	17 344.8
T5	8 476.1 eE	25.77	20.5	16 952.2	2 250.0	14 702.2
T6	11 192.4 bB	66.08	39.8	22 384.8	3 546.0	18 838.8
T7	10 474.1 cC	55.42	35.7	20 948.2	5 796.0	15 152.2
T8	11 830.4 bAB	75.55	43.0	23 660.8	5 796.0	17 864.8
T9	12 497.4 aA	85.45	46.1	24 994.8	7 821.0	17 173.8

① 试验所在地的羊粪产量较大, 不计投入值; 商品有机肥 1.5 元/kg、尿素 3.0 元/kg、普通过磷酸钙 1.4 元/kg、硫酸钾 6.9 元/kg、生物菌肥 3.0 元/kg、硫酸亚铁 2.0 元/kg、腐植酸 5.5 元/kg、玉米籽粒 2.0 元/kg。

米产量, 较对照不施肥处理增产 15.28%~85.45%, 有机肥与化肥配施下, 玉米增产效果较为显著, 折合产量以复合施肥处理(羊粪+化肥+硫酸亚铁+腐植酸+生物菌肥)最高, 为 12 497.4 kg/hm², 较对照不施肥处理增产 85.45%; 羊粪+商品有机肥+化肥配施处理次之, 折合产量为 11 830.4 kg/hm², 较对照不施肥处理增产 75.55%。

传统农业经常存在过度施肥的问题, 不仅会导致环境污染和肥料利用率低下, 还增加了肥料成本。经济效益的形成不仅与产量水平相关, 同时受投入成本影响较大, 在追求产量最高和经济最大之间, 需要注意投入和对应产出平衡问题。本研究中, 羊粪配施化肥处理肥料生产投入相对较少, 且肥料容易获得, 农户易接受, 获得纯收益最高, 较不施肥处理和单施化肥处理分别增加了 5 360.6、3 029.6 元/hm²; 羊粪+商品有机肥+化肥配施处理和复合施肥处理(羊粪+化肥+硫酸亚铁+腐植酸+生物菌肥)的肥料生产投入相对较高, 但由于玉米增产效果好, 纯收益相对较高, 且肥料利用率高, 有利于土壤结构改良。

玉米生长情况主要受肥料的种类、剂量、配比及土壤肥沃程度等因素影响^[20]。本研究发现, 在玉米生长季干旱缺水情况下, 有机无机配施处理条件下病虫害发生较轻, 植株生长整齐一致。从产量和经济效益综合考虑, 在各施肥处理中, 羊粪配施化肥处理、羊粪+商品有机肥+化肥配施处理、复合处理(羊粪+化肥+硫酸亚铁+腐植酸+生物菌肥)表现优良, 能够较大幅度提高玉米产量和经济效益。

参考文献:

- [1] 荣勤雷, 梁国庆, 周 卫, 等. 不同有机肥对黄泥田土壤培肥效果及土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1168-1177.
- [2] 孙建好, 郭全恩, 赵建华, 等. 基于甘肃省中低产田现状的改良措施及其应用效果[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(2): 139-144.
- [3] 徐志辉, 许孟达, 冶 瑞, 等. 我国绿肥种植及应用现状分析[J]. 新疆农机化, 2024(1): 11-15.
- [4] 樊志龙, 柴 强, 曹卫东, 等. 绿肥在我国旱地农业生态系统中的服务功能及其应用[J]. 应用生态学报, 2020, 31(4): 1389-1402.
- [5] 孔 涛, 马 瑜, 刘 民, 等. 生物有机肥对土壤养分和土壤微生物的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 33(4): 884-891.
- [6] 潘晓健. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 农业开发与装备, 2019(8): 29.
- [7] 张 鹏, 贾志宽, 路文涛, 等. 不同有机肥施用量对宁南旱区土壤养分、酶活性及作物生产力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1122-1130.
- [8] 王晓媛, 孙 娇. 有机肥替代氮肥对银北灌区盐化灌溉土壤理化性质及玉米生长的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(1): 51-56.
- [9] 高菊生, 秦道珠, 刘更另, 等. 长期施用有机肥对水稻生长发育及产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2002(2): 31-33; 38.
- [10] 赵 娜, 代春艳, 韩国君, 等. 有机管理对民勤绿洲土壤质量和小麦产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(4): 76-81.
- [11] 刘杏兰, 高 宗, 刘存寿, 等. 有机-无机肥料配施的增产效益及对土壤肥力影响的定位研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(2): 138-147.
- [12] 邱吟霜, 王西娜, 李培富, 等. 不同种类有机肥及用量对当季旱地土壤肥力和玉米产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(6): 182-189.
- [13] 陶有志. 甘肃广河县玉米全膜双垄沟播技术要点[J]. 农业工程技术, 2020, 40(2): 61-62.
- [14] 王晓鸣, 石 洁, 晋齐鸣, 等. 玉米病虫害田间手册—病虫害鉴别与抗性鉴定[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010: 260-261.
- [15] 王文奎, 张海强, 焦智辉, 等. 黄土高原丘陵沟壑区玉米新品种引种比较综合评价[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(5): 429-433.
- [16] 吴霞玉, 李 盼, 韦金贵, 等. 减量灌水及有机无机肥配施对西北灌区玉米光合生理、籽粒产量及品质的影响[J]. 作物学报, 2024, 50(4): 1065-1079.
- [17] 胡远彬, 张 靓, 梁小玉, 等. 有机肥与化肥配施对夏播玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 草学, 2024(4): 26-32.
- [18] 石子建, 唐 鹏, 许竹激, 等. 化肥减量配施有机肥对鲜食玉米产量品质和土壤理化性质的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(5): 77-82.
- [19] 李博文, 谢 威, 王 平, 等. 减氮配施有机粪肥对土壤理化性质及玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2024(6): 25-30.
- [20] 牟小翎, 朱国梁, 董 浩, 等. 不同种类氮肥对夏玉米产量、土壤养分和肥料利用率的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52(11): 41-45.