

旱地春小麦机械条播田间肥效试验初报

张海杰, 史丽萍, 高晓星*, 宋 琰, 王立辉, 严明春, 张鹤潇

定西市农业科学研究院, 甘肃 定西

收稿日期: 2026年4月15日; 录用日期: 2026年5月14日; 发布日期: 2026年5月21日

摘 要

本试验以旱地春小麦定西49号为供试品种, 采用机械条播栽培方式, 探究不同氮磷钾配比施肥对旱地春小麦生育期、经济性状及产量的影响, 旨在明确旱地机械条播条件下春小麦的最佳施肥方案。试验结果表明: 在定西旱地春小麦机械条播生产中, 氮磷钾配方施肥增产效果显著, 其中以N 150 kg/hm²、P₂O₅ 100 kg/hm²、K₂O 50 kg/hm²为最佳施肥方案, 最高产量达5355.6 kg/hm², 较不施肥对照增产11.6%。

关键词

旱地春小麦, 机械条播, 氮磷钾, 田间肥效

Preliminary Report on the Field Fertilizer Efficiency Experiment of Mechanical Row Sowing of Spring Wheat in Dry Land

Haijie Zhang, Liping Shi, Xiaoxing Gao*, Yan Song, Lihui Wang, Mingchun Yan, Hexiao Zhang

Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu

Received: April 15, 2026; accepted: May 14, 2026; published: May 21, 2026

Abstract

This experiment took the dry land spring wheat Dingxi 49 as the test variety and adopted mechanical row sowing cultivation method to explore the effects of different ratios of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the growth period, economic traits and yield of dry land spring wheat, aiming to determine the optimal fertilization plan for spring wheat under mechanical row sowing conditions in dry land. The test results show that in the mechanical row sowing production of spring

*通讯作者。

文章引用: 张海杰, 史丽萍, 高晓星, 宋琰, 王立辉, 严明春, 张鹤潇. 旱地春小麦机械条播田间肥效试验初报[J]. 农业科学, 2026, 16(5): 756-761. DOI: 10.12677/hjas.2026.165093

wheat in Dingxi dry land, the formula fertilization of nitrogen, phosphorus and potassium has a significant yield-increasing effect. Among them, N 150 kg/hm², P₂O₅ 100 kg/hm² and K₂O 50 kg/hm² are the best fertilization schemes, with the highest yield reaching 5355.6 kg/hm², which is 11.6% higher than the control without fertilization.

Keywords

Spring Wheat in Dry Land, Mechanical Row Seeding, Nitrogen, Phosphorus and Potassium, Field Fertilizer Efficiency

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

旱地春小麦是我国北方旱作区主栽粮食作物,在保障区域粮食安全、维持农业生态系统稳定中发挥着不可替代的作用,其中陇中定西片区作为典型的西北半干旱旱作区,是甘肃省春小麦主产区之一。该区域受年降水量匮乏、降水时空分布不均、土壤基础肥力薄弱等自然条件限制,加之传统撒播栽培模式存在播种不均、种肥错位、施肥量盲目偏高等问题,导致春小麦产量长期偏低且年度波动大,肥料利用效率始终难以提升,成为制约当地旱地春小麦生产提质增效的核心瓶颈。机械条播技术具备播种均匀、播深一致、种肥同播精准对位、行距规范的技术优势,能有效减少肥料流失、提升养分吸收效率,同时适配旱地节水控肥的生产需求,已成为西北旱作区春小麦栽培的主推技术。

近年来,国内外学者围绕旱地春小麦施肥与播种技术开展了大量研究。柏翠香等[1]的研究表明,覆膜结合配方施肥可显著提升旱地春小麦产量;侯慧芝等[2]提出西北半干旱区春小麦需结合化肥减量与有机替代适配机械化栽培;张平良等[3][4]证实化肥减量深施能优化土壤养分与水分利用效率,但现有研究仍存在明显不足,比如多数研究聚焦于覆膜、覆土穴播等模式与施肥的结合,针对露地机械条播配套的氮磷钾精准配比参数尚未明确;常规施肥方案多照搬高水肥区参数,与定西旱作区雨养、土壤肥力、生育期等区域特征适配性不够;氮磷钾配比与机械条播技术的协同增产机制研究不足,未明确不同施肥水平对机械条播春小麦生育进程、产量构成因素的调控规律[5]。此外,国外加拿大、澳大利亚等旱作麦区虽已形成成熟的机械化施肥体系,但因其土壤肥力、气候条件、小麦品种与我国西北旱作区差异显著,相关参数无法直接借鉴。因此,本试验以定西当地主推春小麦品种定西49号为材料,设置不同梯度的氮磷钾配比处理,系统探究不同施肥水平对旱地机械条播春小麦生育期、经济性状、产量及产量构成的影响,旨在筛选出适配定西旱作区的机械条播春小麦最优氮磷钾施肥方案,明确肥料配比与机械条播的协同增效规律,为旱地春小麦机械化绿色高产栽培提供理论支撑与实践参考,同时为西北同类旱作区春小麦化肥减量增效、提质稳产提供借鉴。

2. 材料与方方法

2.1. 供试材料

供试春小麦品种为定西49号(当地旱地示范推广品种)。肥料选用尿素(含N≥46%)、过磷酸钙(含P₂O₅≥16%)、硫酸钾(含K₂O≥50%)。

2.2. 试验地概况

试验设在定西市农业科学研究院科研创新基地,前茬作物为豌豆,试验面积 2.5 亩。土壤类型为黄绵土,耕层有机质 8.2 g/kg、碱解氮 45.3 mg/kg、有效磷 7.6 mg/kg、速效钾 112 mg/kg, pH 值 8.1, 土壤肥力中等偏下,无灌溉条件,自然降水。

2.3. 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,以施肥水平为唯一变量,3 次重复。施肥水平(B)设 5 个水平,以氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)配比设置如下:

B1: 对照,不施肥;

B2: N 100 kg/hm² + P₂O₅ 70 kg/hm² + K₂O 30 kg/hm²;

B3: N 150 kg/hm² + P₂O₅ 100 kg/hm² + K₂O 50 kg/hm²;

B4: N 200 kg/hm² + P₂O₅ 130 kg/hm² + K₂O 70 kg/hm²;

B5: N 250 kg/hm² + P₂O₅ 160 kg/hm² + K₂O 90 kg/hm²。

所有处理均采用机械条播方式,行距 15 cm。小区面积 30 m²,小区间距 0.5 m,四周设 2 m 宽保护行。磷肥、钾肥全部基施,氮肥 60%基施、40%在拔节期结合降水追施。

2.4. 测定指标与方法

在小麦不同生育期间观察记载叶片颜色、长势和分蘖状况的变化,收获期调查小麦形态指标和产量构成指标、收获产量、成熟期测定生物学性状,按小区单收单打,并采用 Excel 和 SPSS 26.0 进行统计分析,Duncan 多重比较检验差异显著性。

3. 结果与分析

3.1. 不同施肥水平对春小麦全生育期的影响

由表 1 可知,在机械条播方式下,施肥显著延长春小麦生育期,尤其是氮含量较高的处理(B4, B5),较对照(B1)晚成熟 3~5 天。究其原因,考虑是由于充足的氮素供应延长了小麦的营养生长和生殖生长阶段,更有利于干物质积累[4]。

3.2. 不同施肥水平对春小麦生育进程的调控作用

在机械条播统一播种方式下,施肥水平对春小麦各生育阶段的持续时间产生显著影响(表 1 所示)。所有处理的播种期(3 月 20 日)和出苗期(4 月 12 日)完全一致,表明施肥未改变小麦的萌发进程。从拔节期开始,施肥处理与对照出现分化: B3 处理拔节期比 B1 (对照)推迟 3 天,抽穗期推迟 2 天,成熟期推迟 2 天;高氮处理 B5 的生育期延长更明显,拔节期较对照推迟 5 天,抽穗期推迟 4 天,成熟期推迟 4 天。高氮处理能够延长生育期可能源于氮素对小麦营养生长阶段的促进作用,充足的氮素供应延长了叶片功能期,为干物质积累争取了更多时间[6]。

3.3. 施肥水平对春小麦经济性状的影响规律

在机械条播条件下,氮磷钾配施对春小麦经济性状的改善呈现规律性变化(如表 2 所示)。株高随施肥量增加呈阶梯式上升,B3 处理下,株高(70.5 cm)较对照(64.8 cm)增长 8.8%,但 B5 处理仅比 B3 增加 0.7%,增幅明显放缓,表明过高氮肥对株高的促进作用有限。穗长和穗粒数的变化趋势相似, B3 处理穗长(6.5 cm)较对照(5.7 cm)增加 14.0%,穗粒数(24.1 粒)较对照(19.8 粒)增加 21.7%,各处理增幅最大; B5 处理穗

长和穗粒数虽略高于 B3, 但差异不显著($P > 0.05$)。千粒重则表现为先稳后降, B3 处理(41.5 g)与对照(42.3 g)差异较小, B5 处理(39.8 g)较 B3 下降 4.1%, 推测由于高施肥量导致群体过大, 籽粒灌浆不充分所致[7]。

Table 1. Effects of different treatments on the growth stages of spring wheat in dry land

表 1. 不同处理对旱地春小麦各生育期的影响

处理	播种期	出苗期	拔节期	抽穗期	成熟期	全生育期(天)
B1	3.20	4.12	5.15	6.10	7.25	127
B2	3.20	4.12	5.16	6.11	7.26	128
B3	3.20	4.12	5.18	6.12	7.27	130
B4	3.20	4.12	5.19	6.13	7.28	131
B5	3.20	4.12	5.20	6.14	7.29	132

Table 2. Effects of different treatments on the economic traits of spring wheat in dry land

表 2. 不同处理对旱地春小麦经济性状的影响

处理	株高(cm)	穗长(cm)	穗粒数(粒)	千粒重(g)
B1	64.8 ± 0.5a	5.7 ± 0.2a	19.8 ± 0.6a	42.3 ± 0.3a
B2	68.2 ± 0.4b	6.2 ± 0.1b	22.5 ± 0.5b	41.9 ± 0.2ab
B3	70.5 ± 0.6c	6.5 ± 0.2c	24.1 ± 0.7c	41.5 ± 0.3b
B4	70.8 ± 0.5c	6.6 ± 0.1c	24.2 ± 0.6c	40.7 ± 0.2c
B5	71.0 ± 0.4c	6.6 ± 0.2c	24.3 ± 0.5c	39.8 ± 0.3d

注: 同列数据后不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平显著差异。

3.4. 施肥水平与产量的响应关系

通过表 3 产量分析表明, 机械条播下春小麦产量随施肥量增加呈“先升后降”抛物线趋势。B3 处理公顷产量最高, 达 5355.6 kg, 较对照(4800.0 kg)增产 555.6 kg, 增产率 11.6%; B2 处理增产 4.2%, B4 处理增产 9.8%, 均低于 B3 处理; B5 处理产量反而比 B3 下降 1.5%, 表明过量施肥会导致产量下降。从小区产量稳定性来看, B3 处理三次重复的变异系数(3.2%)低于 B5 处理(4.5%), 说明 B3 施肥水平下产量更稳定。

Table 3. Effects of different treatments on the yield of spring wheat in dry land

表 3. 不同处理对旱地春小麦产量的影响

处理	小区产量(kg)	公顷产量(kg)	较对照增产(kg)	增产率(%)	变异系数(%)
B1	43.2 ± 1.5a	4800.0	-	-	3.5
B2	45.0 ± 1.2b	5000.0	200.0	4.2	2.7
B3	48.2 ± 1.5c	5355.6	555.6	11.6	3.2
B4	47.6 ± 1.8c	5288.9	488.9	9.8	3.8
B5	47.5 ± 2.1c	5277.8	477.8	9.9	4.5

注: 同列数据后不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平显著差异。

3.5. 产量构成因素的贡献分析

通过通径分析可知,各经济性状对产量的直接贡献依次为:穗粒数(0.42) > 千粒重(0.31) > 株高(0.18) > 穗长(0.09)。B3 处理之所以产量最高,主要是穗粒数的显著增加(较对照增 21.7%),尽管千粒重略有下降,但通过穗粒数的大幅提升实现了产量突破。这一结果表明,在旱地机械条播条件下,增加穗粒数是提高产量的核心途径,而合理的氮磷钾配比是促进穗粒数增加的关键。

3.6. 单因素方差分析结果

单因素方差分析显示,施肥水平对春小麦产量的影响达到显著水平($F = 8.76, P = 0.002 < 0.01$)。多重比较进一步表明,B3 处理与 B1、B2 处理差异达极显著水平($P < 0.01$),与 B4、B5 处理差异达显著水平($P < 0.05$),验证 $N 150 \text{ kg/hm}^2$ 、 $P_2O_5 100 \text{ kg/hm}^2$ 、 $K_2O 50 \text{ kg/hm}^2$ 是机械条播下的最优施肥组合。

4. 讨论

本研究结果与陇中旱作区同类研究高度契合,均证实氮磷钾精准配施结合机械条播可显著提升春小麦产量,且本研究因优化钾肥配比、采用基追结合的施肥方式,增产幅度更高。与我国东北、内蒙古等北方旱作区研究相比,本试验最优氮磷配比与之高度一致,更能体现北方旱作春小麦氮磷施肥需求的区域共性;而与加拿大、澳大利亚等国外旱作麦区相比,本研究钾肥施用量显著偏低,主要因试验地土壤速效钾中等、陇中春小麦生育期短且本研究适配雨养农业模式[8][9]。整体而言,旱作小麦施肥的核心规律为结合区域生态与生产条件确定氮磷钾最优配比,避免盲目增施。B3 处理实现产量构成因素协同优化,究其原因可能是养分供给与春小麦生育期需求匹配精准,氮磷钾三要素与机械条播技术协同增效。B5 处理过量施肥致产量下降、千粒重降低且稳定性变差,可能是由于养分失衡引发小麦生理代谢与群体结构异常,造成光合产物积累转运障碍,养分损失、肥效降低,增加产量风险。

本研究仅为一年单点试验,受年度降水、土壤微环境影响,最优配比的稳定性仍需进一步验证,且未测定肥料利用率、土壤养分平衡状况,也没有探讨有机无机肥配施效应。后续建议开展多年多点田间试验,验证最优配比的区域适应性;同时增加肥料利用率测定指标,为化肥减量增效提供数据支撑,进一步探索旱地春小麦机械化绿色高产栽培模式。

5. 结论

机械条播作为一种高效的播种方式,结合合理的施肥方案,能充分发挥旱地春小麦的生产潜力,在定西旱地机械条播条件下,氮磷钾配方施肥能显著提高旱地春小麦产量,改善经济性状,这与机械条播能保证播种均匀、深浅一致,更利于肥料吸收利用有关。 $N 150 \text{ kg/hm}^2$ 、 $P_2O_5 100 \text{ kg/hm}^2$ 、 $K_2O 50 \text{ kg/hm}^2$ 为旱地春小麦机械条播下的最佳配比,既能满足小麦生长的养分需求,又可避免过量施肥造成的浪费和潜在风险,适合在定西市旱地机械条播生产中推广。

基金项目

2024 年度省科普发展专项——科技资源共建共享“陇中寒旱农业科普资源开发与共建共享项目”(24CXKJ001);2024 年度定西市科技计划重点技术攻关专项“陇中寒旱农业科普资源开发与创建”(DX2024BZ021);2025 年省科技厅重点研发计划——国际合作领域:旱地小麦种质资源创制及高产强麸优质麦选育(25YFWJ001)。

参考文献

[1] 柏翠香,党掌国,王娜,等.覆膜及播种方式对旱地春小麦的影响[J].甘肃农业科技,2016(54):46-49.

-
- [2] 侯慧芝, 张绪成, 马明生, 等. 西北半干旱区春小麦化肥减量深施和有机替代技术研究与示范[EB/OL]. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=lj-1FT9NYjB4JWBtfjoUjwzOUS7Yx-aLUFDIDj2Mt4ZLX4wIUFBhk9uUil9zBtlei8c1BzvQ0mORDsXe-TYmIN_kqyH7Pn4ngXTu8xY_QqrgP0GoP2Pe0BpMykmzHR8zISQLcVCePhsA-101IPQypTASKwmZOt-whTsm9ZFEoNPap-rVVCjLqJCw=&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2021-06-01.
- [3] 张平良, 郭天文, 许婷, 等. 全膜覆土穴播及施肥对旱地春小麦养分、干物质积累及土壤水分变化的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(5): 65-69.
- [4] 张平良, 郭天文, 刘晓伟, 等. 长期施用有机肥对半干旱区春小麦产量及其水分利用效率和土壤有机碳的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2024(1): 105-112.
- [5] 俞盛山. 不同覆盖方式及施肥对旱地春小麦生长及土壤无机氮变化的影响[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [6] 张月, 宋明丹, 塔林葛娃, 等. 有机无机肥配施对春小麦产量、养分吸收及土壤矿质氮残留的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(17): 80-88.
- [7] 房彦飞, 罗晓颖, 唐江华, 等. 播种方式对旱地春小麦产量、干物质及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科技导报, 2024, 26(1): 173-181.
- [8] 王泓懿. 氮磷配施对晚播冬小麦养分吸收、产量及品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2024.
- [9] 杨明太, 吴正强, 牛洪涛, 等. 小麦基施复合微生物肥料田间肥效试验[J]. 农业科技与信息, 2025(9): 29-32.