

甘南高寒阴湿区宽幅匀播青稞“3414”肥效试验

周喜荣, 徐冬丽, 王国平, 胡再青, 郭建炜, 张忠广, 刘梅金

(甘南藏族自治州农业科学研究所, 甘肃 合作 747000)

摘要: 为了将宽幅匀播技术与“3414”肥效试验相结合, 应用于甘南高寒阴湿区青稞种植与示范推广中, 推动该地区青稞种植产业发展。采用“3414”最优回归设计, 以青稞甘青9号为指示品种, 在宽幅匀播条件下研究了“3414”肥效试验对青稞生长及产量的影响, 并建立了青稞产量与氮、磷、钾施量之间的肥效回归方程, 以提高肥效, 促进甘南高寒阴湿区青稞生产优质高产。结果表明, 宽幅匀播条件下, 甘青9号最佳产量为6 640.32 kg/hm²时, 施肥量为N 36.34 kg/hm²、P₂O₅ 55.86 kg/hm²、K₂O 7.09 kg/hm²; 最大产量为6 834.09 kg/hm²时, 施肥量为N 80.66 kg/hm²、P₂O₅ 62.31 kg/hm²、K₂O 16.58 kg/hm²。肥效回归方程中施肥量与青稞产量拟合度显著, 可应用于大田生产。

关键词: 宽幅匀播; 青稞; “3414”; 肥效; 甘青9号

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)04-0359-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.04.011

Fertilizer Effect of '3414' Experiment on Highland Barley using Wide-width Uniform Sowing in Gannan Alpine Humid Areas

ZHOU Xirong, XU Dongli, WANG Guoping, HU Zaiqing, GUO Jianwei, ZHANG Zhongguang, LIU Meijin
(Gannan Tibetan Autonomous Prefecture Agricultural Science Research Institute, Gannan Gansu 747000, China)

Abstract: In order to combine the wide-width uniform sowing technology with '3414' fertilizer efficiency test, to apply it to the highland barley planting and demonstration promotion in Gannan alpine humid areas, and to promote the development of highland barley planting industry in this region, the experiment adopted the '3414' optimal regression design and used Ganqing 9 as the indicator variety to investigate the impact of the '3414' fertilizer efficiency trial on the growth and yield of highland barley under wide-width uniform sowing conditions. A fertilizer efficiency regression equation was established between the yield of highland barley and the application rates of nitrogen, phosphorus, and potassium, to enhance fertilizer efficiency and promote high-quality and high-yield highland barley production in the alpine humid areas of Gannan. The results showed that under wide-width uniform sowing conditions, the optimal yield for Ganqing 9 was 6 640.32 kg/ha, with fertilizer application rates of N, P₂O₅ and K₂O at 36.34 kg/ha, 55.86 kg/ha and 7.09 kg/ha, respectively. The maximum yield was 6 834.09 kg/ha, with application rates of N, P₂O₅ and K₂O at 80.66 kg/ha, 62.31 kg/ha and 16.58 kg/ha, respectively. The fit between the fertilizer application rates and yield in the fertilizer efficiency regression equation was significant, making it applicable to field production.

Key words: Wide-width uniform sowing; Highland barley; '3414'; Fertilizer effect; Ganqing 9

青稞又称裸大麦、元麦及米大麦, 是禾本科大麦属一年生草本植物^[1-2], 为青藏高原地区颇具耐寒、耐旱、耐瘠薄等特性的优势特色作物, 广泛应用于酿酒、食用、保健等领域。甘南州平均海拔3 000 m左右, 青稞在甘南州已有3 500多年的种植历史。高寒阴湿的气候特点造就了甘南高原青稞独特的生长环境, 2023年青稞种植面积达

1.89万hm², 位居甘南州农作物种植之首。甘南州青稞品种丰富, 截至2023年, 已选育青稞“甘青系列”新品种14个, 为甘南州青稞种业发展奠定了坚实基础。测土配方施肥是一种先进的施肥技术, 肥料效应函数法能够以数学统计分析的方法定量施肥、产量等多方面指标, 并进行相关与回归关系模拟^[3-4]。“3414”田间试验是通过田间试验

收稿日期: 2023-10-17; **修订日期:** 2024-02-26

基金项目: 国家大麦青稞产业技术体系专项(CARS-05-21B); 甘南州科技计划项目(2022JY1NC001、2022JY1NZ006); 甘肃省科技计划(技术创新引导计划)项目-科技特派团专项(22CX8NP248)。

作者简介: 周喜荣(1994—), 男, 甘肃临潭人, 农艺师, 硕士, 主要从事青稞育种与栽培方面的研究工作。Email: 1637613677@qq.com。

通信作者: 刘梅金(1971—), 女, 山东安丘人, 研究员, 主要从事作物育种及栽培技术方面的研究工作。Email: 99023641@qq.com。

有效获得青稞种植最佳施肥量及施肥方法的重要途径,也是通过检验筛选创建施肥标准体系的重要环节^[4-5]。

青稞虽具有悠久的栽培种植历史,然而长期以来受自然与人为等因素的影响,生产种植技术较小麦、水稻等大宗作物较为落后。甘南州青稞种植施肥还存在过量、盲目、习惯施肥等不规范现象,不能根据土壤肥力、青稞品种营养特性及气候条件等因素进行科学施肥种植,不仅增加生产成本,还有碍于青稞产量与品质提升,较大程度上制约了青稞优质高产、绿色高效发展^[6]。我们通过采用宽幅匀播技术进行甘南高寒阴湿区青稞“3414”肥效试验,以期为甘南高寒阴湿区青稞种植及示范推广提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于 2020 年 4—10 月在甘南州合作市卡加曼乡新集村甘南州农业科学研究所综合试验地(102° 89' E, 35° 09' N)进行。海拔 2 737 m,年平均气温 3.0 ℃,平均年降水量 639.8 mm,无霜期 119 d。试验地土壤类型为亚高山草甸草原土,旱川地,地力中等,前茬油菜。

1.2 供试材料

指示青稞品种为甘青 9 号,由甘南州农业科学研究所自主选育。供试肥料有尿素(N≥46%,由山东润银生物化工有限公司生产)、磷酸二铵(N 18%、P₂O₅ 46%,由云南云天化有限责任公司生产)、硫酸钾(K₂O≥40%,由兰州富强农业科技有限公司生产)。播种采用酒泉市铸陇机械制造有限公司生产的 2BFDJ-3 型手扶微型电动宽幅匀播播种机。

1.3 试验设计

试验采用“3414”最优回归设计,设 3 因素(氮、磷、钾)4 水平(0、1、2、3),共 14 个处理。0 水平为不施肥(对照),2 水平为当地最佳施肥量,1 水平为 2 水平×0.5,3 水平为 2 水平×1.5(为过量施肥水平)。试验因子水平见表 1,施肥方案见表 2。试验随机区组排列,不设重复,小区面积 32 m²(4 m×8 m)。宽幅匀播播种深度 3~5 cm,播幅宽 10 cm,幅间距 15 cm,播量 225~255 kg/hm²。全部磷肥、钾肥及氮肥按试验设计播前混合均匀撒

表 1 试验因子水平

水平	施肥量/(kg/hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0	0	0	0
1	60	42	18
2	120	84	36
3	180	126	54

表 2 青稞“3414”试验处理施肥方案

处理	因子编码			施肥量/(kg/hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	X ₁ (N)	X ₂ (P ₂ O ₅)	X ₃ (K ₂ O)
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0
N ₀ P ₂ K ₂	0	2	2	0	84	36
N ₁ P ₂ K ₂	1	2	2	60	84	36
N ₂ P ₀ K ₂	2	0	2	120	0	36
N ₂ P ₁ K ₂	2	1	2	120	42	36
N ₂ P ₂ K ₂	2	2	2	120	84	36
N ₂ P ₃ K ₂	2	3	2	120	126	36
N ₂ P ₂ K ₀	2	2	0	120	84	0
N ₂ P ₂ K ₁	2	2	1	120	84	18
N ₂ P ₂ K ₃	2	2	3	120	84	54
N ₃ P ₂ K ₂	3	2	2	180	84	36
N ₁ P ₁ K ₂	1	1	2	60	42	36
N ₁ P ₂ K ₁	1	2	1	60	84	18
N ₂ P ₁ K ₁	2	1	1	120	42	18

在地表深耕翻入地下做底肥。

1.4 指标测定

苗期选用 1 m²样方器在每小区随机取 3 个样点统计记载基本苗。成熟期每小区选择具有代表性的 1 个整行统计有效穗,并随机选择具有代表性的 25 个植株统计株高、穗长、穗粒数、穗粒重、千粒重。按小区单收计产。

1.5 数据分析

数据采用 Excel 2013、SPSS 22 软件及“3414”试验设计与数据分析管理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对青稞物候期的影响

由表 3 可知,各处理的青稞物候期、生育期差异不明显。4 月 9 日播种,4 月 25—29 日出苗,6 月 24—26 日抽穗,8 月 22—26 日成熟。生育期 118~124 d。

2.2 不同处理对青稞生物学特性的影响

由表 4 可知,各处理下的青稞株高为 70.9~

表 3 不同处理青稞的物候期及生育期

处理	播种期 (日/月)	出苗期 (日/月)	分蘖期 (日/月)	拔节期 (日/月)	抽穗期 (日/月)	成熟期 (日/月)	生育期 /d
N ₀ P ₀ K ₀	9/4	25/4	20/5	10/6	26/6	22/8	120
N ₀ P ₂ K ₂	9/4	26/4	19/5	9/6	25/6	24/8	121
N ₁ P ₂ K ₂	9/4	27/4	18/5	9/6	25/6	23/8	119
N ₂ P ₀ K ₂	9/4	27/4	18/5	10/6	26/6	23/8	119
N ₂ P ₁ K ₂	9/4	29/4	19/5	11/6	24/6	24/8	118
N ₂ P ₂ K ₂	9/4	28/4	18/5	10/6	25/6	25/8	120
N ₂ P ₃ K ₂	9/4	27/4	18/5	9/6	25/6	25/8	121
N ₂ P ₂ K ₀	9/4	27/4	18/5	10/6	26/6	23/8	119
N ₂ P ₂ K ₁	9/4	28/4	19/5	9/6	25/6	24/8	119
N ₂ P ₂ K ₃	9/4	25/4	19/5	9/6	26/6	26/8	124
N ₃ P ₂ K ₂	9/4	26/4	18/5	10/6	26/6	26/8	123
N ₁ P ₁ K ₂	9/4	25/4	17/5	9/6	26/6	24/8	122
N ₁ P ₂ K ₁	9/4	27/4	18/5	9/6	26/6	22/8	118
N ₂ P ₁ K ₁	9/4	26/4	17/5	12/6	25/6	24/8	121

表 4 不同处理青稞的生物学性状

处理	株高 /cm	穗长 /cm	基本苗 (万株/hm ²)	有效穗 (万株/hm ²)	穗粒重 /g	穗粒数 /粒	千粒重 /g
N ₀ P ₀ K ₀	86.8	8.19	310.66	308.15	3.34	57	52.8
N ₀ P ₂ K ₂	83.8	7.46	273.14	342.17	2.83	50	60.1
N ₁ P ₂ K ₂	86.6	7.31	290.15	380.19	3.07	53	56.9
N ₂ P ₀ K ₂	84.0	7.39	269.64	378.19	3.13	53	51.3
N ₂ P ₁ K ₂	81.7	7.08	293.15	294.15	2.77	49	55.6
N ₂ P ₂ K ₂	70.9	7.30	246.62	350.18	2.56	45	54.4
N ₂ P ₃ K ₂	80.0	6.89	246.62	394.20	2.71	47	52.7
N ₂ P ₂ K ₀	80.2	6.73	195.10	340.17	2.38	44	52.2
N ₂ P ₂ K ₁	84.6	6.76	241.12	356.18	2.19	43	58.4
N ₂ P ₂ K ₃	78.2	5.45	240.62	340.17	2.15	39	54.0
N ₃ P ₂ K ₂	87.2	8.18	233.62	354.18	2.89	54	52.7
N ₁ P ₁ K ₂	81.1	6.90	227.11	380.19	2.64	48	53.0
N ₁ P ₂ K ₁	86.2	6.62	257.63	390.20	2.41	44	52.5
N ₂ P ₁ K ₁	80.7	6.99	254.15	392.20	2.78	47	51.4

87.2 cm, 其中 N₃P₂K₂ 处理最高, 较 N₀P₀K₀ 提高 0.46%; N₂P₂K₂ 处理最低, 较 N₀P₀K₀ 降低 18.32%。穗长为 5.45 ~ 8.19 cm, 各处理均低于 N₀P₀K₀, 其中 N₃P₂K₂ 处理较长, 较 N₀P₀K₀ 降低 0.12%; N₂P₂K₃ 处理最短, 较 N₀P₀K₀ 降低 33.46%。基本苗为 195.10 万 ~ 310.66 万株 /hm², N₀P₀K₀ 处理最佳; N₂P₂K₀ 处理最差, 较 N₀P₀K₀ 降低 37.20%。有效穗数为 294.15 万 ~ 394.20 万株/hm², 其中 N₂P₃K₂ 处理最多, 较 N₀P₀K₀ 增加 27.92%; N₂P₁K₂ 处理最少, 较 N₀P₀K₀ 减少 4.54%。穗粒重为 2.15~3.34 g, 其中 N₀P₀K₀ 处理最重; N₂P₂K₃ 处理最轻, 较 N₀P₀K₀ 低

35.63%。穗粒数为 39~57 粒, N₀P₀K₀ 最多; N₂P₂K₃ 处理最少, 较 N₀P₀K₀ 降低 31.58%。千粒重为 51.3 ~ 60.1 g, 其中 N₀P₂K₂ 处理最大, 较 N₀P₀K₀ 增加 13.83%; N₂P₀K₂ 处理最小, 较 N₀P₀K₀ 减少 2.84%。

2.3 不同处理对青稞产量的影响

由表 5 可知, 各处理的青稞折合产量为 5 847 ~ 7 400 kg/hm², 12 个处理较 N₀P₀K₀ 增产, 1 个处理较 N₀P₀K₀ 减产。N₁P₂K₂ 处理折合产量居首位, 为 7 400 kg/hm², 较 N₀P₀K₀ 增产 19.47%; N₂P₃K₂ 处理产量居第 2 位, 为 6 919 kg/hm², 较 N₀P₀K₀ 增产 11.70%; N₁P₂K₁ 处理产量居第 3 位, 为 6 778 kg/hm², 较

表 5 不同处理青稞的产量

处理	小区产量 /(kg/32 m ²)	折合产量 /(kg/hm ²)	增产率 /%	位次
N ₀ P ₀ K ₀	19.82	6 194		13
N ₀ P ₂ K ₂	21.67	6 772	9.33	4
N ₁ P ₂ K ₂	23.68	7 400	19.47	1
N ₂ P ₀ K ₂	21.66	6 769	9.28	5
N ₂ P ₁ K ₂	20.20	6 313	1.92	10
N ₂ P ₂ K ₂	20.27	6 334	2.26	9
N ₂ P ₃ K ₂	22.14	6 919	11.70	2
N ₂ P ₂ K ₀	20.20	6 313	1.92	11
N ₂ P ₂ K ₁	21.56	6 738	8.78	6
N ₂ P ₂ K ₃	20.92	6 538	5.55	8
N ₃ P ₂ K ₂	18.71	5 847	5.60	14
N ₁ P ₁ K ₂	19.98	6 244	0.81	12
N ₁ P ₂ K ₁	21.69	6 778	9.43	3
N ₂ P ₁ K ₁	21.51	6 722	8.52	7

N₀P₀K₀增产 9.43%。N₃P₂K₂产量最低, 为 5 847 kg/hm², 较 N₀P₀K₀降低 5.60%。

2.4 肥效回归方程建立

对青稞产量(Y)和施肥量(X)数据进行回归拟合, 得到如下方程:

$$Y=6154.6+23.988X_1-0.075X_1^2-2.592X_2+0.0671X_2^2-24.98X_3-0.324X_3^2-0.19X_1X_2-0.001X_1X_3+0.5746X_2X_3$$

式中, Y 为青稞产量, X₁ 为氮肥(N)施用量; X₂ 为磷肥(P₂O₅)施用量; X₃ 为钾肥施(K₂O)用量。

对回归方程的参数进行显著性检验, $F_{0.05} < F=1.7 < F_{0.01}=14.66$, 回归方程达显著水平, 说明 N、P₂O₅、K₂O 施用量与青稞产量方程具有较高的可靠拟合度, 该方程可用于最大、最佳施肥模拟及大田生产示范推广。

通过“3414”数据分析管理系统分析, 青稞最大产量为 6 834.09 kg/hm² 时, N、P₂O₅、K₂O 施用量分别为 80.66、62.31、16.58 kg/hm²。青稞最佳产量为 6 640.32 kg/hm² 时, N、P₂O₅、K₂O 施用量分别为 36.34、55.86、7.09 kg/hm²。

3 讨论与结论

宽幅匀播是一项麦类作物栽培新技术^[7-8]。有研究表明, 宽幅匀播通过播量、播种密度及施肥量等综合配套因子, 从而在根本上直接影响作物对水肥气热的科学优化分布与利用, 进一步促进作物对耕地土壤、光照及生长空间的最大化利用,

有效发挥作物本身生长潜力, 实现精准耕作、苗齐苗壮、颗粒饱满、促产增收效果^[9-13]。

在高效规范、科学合理的耕作技术条件下, 如何更好通过肥效促进高产创收是青稞种植发展的前提。“3414”田间肥效试验, 多次应用于青稞领域, 并经过试验研究与数据模拟确定对应品种在一定区域上的最佳施肥量, 从而达到促产增效目标^[14-16]。土旦次仁^[17]通过西藏隆子黑青稞“3414”肥料效应试验研究发现, 氮肥对青稞具有显著增产效果, 其合理施肥量在 N 186 kg/hm²、P₂O₅ 45.8 kg/hm²、K₂O 24.2 kg/hm² 时, 青稞最大产量为 3 606 ~ 4 170 kg/hm²。刘得国等^[18]在青海玉树地区进行的青稞“3414”肥效试验表明, 增施氮、磷、钾肥能促进青稞对养分的吸收利用, 每形成 100 kg 青稞籽粒, 吸收 N 2.67 kg, P₂O₅ 0.43 kg, K₂O 2.76 kg, 氮磷钾比例为 1 : 0.16 : 1.03。本研究在甘南高寒阴湿区宽幅匀播条件下进行了青稞“3414”田间肥效试验, 结果表明, 不施肥处理与其他处理生育期天数差异不显著。施 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 84 kg/hm²、K₂O 36 kg/hm² 处理株高较不施肥处理增加 0.46%, 其他处理的株高均低于不施肥处理。穗长、基本苗、穗粒数、穗粒重均为不施肥处理大于其他处理。有效穗数除施 N 120 kg/hm²、P₂O₅ 42 kg/hm²、K₂O 36 kg/hm² 处理外, 其他处理均高于不施肥处理。千粒重以施 P₂O₅ 84 kg/hm²、K₂O 36 kg/hm² 处理最重, 较不施肥处理增加 13.83%; 施 N 120 kg/hm²、K₂O 36 kg/hm² 处理处理最小, 较不施肥处理减少 2.84%。青稞产量除施 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 84 kg/hm²、K₂O 36 kg/hm² 处理外, 其他处理均高于不施肥处理。究其原因主要为宽幅匀播播种有效提高了作物对土壤、光合、水气的高效利用, 结合“3414”合理施肥结构, 使得青稞生长空间得到合理分布, 养分供给更加高效, 提升了青稞光合特性、水肥利用效率及养分分布水平, 较大程度上降低了青稞各器官及植株间的养分与光合竞争。此外, 不同肥效设置有效保障了作物后期营养需求及土壤养分平衡, 进一步促进了青稞籽粒形成和产量生成, 因此, 后期部分处理的产量及其构成优于不施肥处理^[19-23]。

本研究表明, 甘南高寒阴湿区宽幅匀播青稞“3414”肥效试验模式下, 青稞施用氮磷钾三要素

与产量的三元二次回归方程($Y=6154.6+23.988X_1-0.075X_1^2-2.592X_2+0.0671X_2^2-24.98X_3-0.324X_3^2-0.19X_1X_2-0.001X_1X_3+0.5746X_2X_3$)达显著相关水平, 此方程与生产实际相符合, 可用于甘南州青稞生产施肥实践。甘青9号的田间最佳产量为6640.32 kg/hm²时, 最佳施肥量为N 36.34 kg/hm²、P₂O₅ 55.86 kg/hm²、K₂O 7.09 kg/hm²; 最大产量为6834.09 kg/hm²时, 最大施肥量为N 80.66 kg/hm²、P₂O₅ 62.31 kg/hm²、K₂O 16.58 kg/hm²。肥效回归方程中施肥量与青稞产量拟合度显著, 可应用于大田生产。

参考文献:

- [1] WANG F, YU G Y, ZHANG Y Y, et al. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides derived from oat (*Avena sativa* L), buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), and highland barley (*Hordeum vulgare trifurcatum* (L.) Trofim) proteins[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(43): 9543-9549.
- [2] 白 婷, 靳玉龙, 朱明霞, 等. 超声波处理对青稞淀粉理化特性的影响[J]. *中国粮油学报*, 2021, 36(9): 60-66.
- [3] 朱 涛, 张中原, 李金凤, 等. 应用二次回归肥料试验“3414”设计配置多种肥料效应函数功能的研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2004(3): 211-215.
- [4] 邓小雁. 临夏县高寒阴湿区小麦测土配方施肥肥效试验[J]. *甘肃农业科技*, 2015(2): 24-26.
- [5] 杨生虎. 互助县高位水地油菜最佳施肥量的研究[J]. *青海农林科技*, 2008(2): 6-8; 31.
- [6] 徐银萍, 火克仓, 王正凤, 等. 不同灌水量下氮磷钾配施对青稞产量和品质的影响[J]. *寒旱农业科学*, 2022, 1(2): 161-166.
- [7] 许德蓉, 刘广才, 高应平, 等. 旱地冬小麦宽幅匀播光合效应研究[J]. *寒旱农业科学*, 2023, 2(5): 428-431.
- [8] 胡箭卫, 周德录, 尤艳蓉, 等. 黄土高原旱地宽幅匀播冬小麦肥效试验研究[J]. *甘肃农业科技*, 2016(12): 53-55.
- [9] 陈翠贤, 樊胜祖, 刘广才, 等. 宽幅匀播与常规条播春小麦产量和农艺性状比较[J]. *甘肃农业科技*, 2016(1): 36-38.
- [10] 刘树念. 小麦宽幅精播特点及高产栽培技术[J]. *现代农业科技*, 2009(23): 51.
- [11] 孔令英, 赵俊晔, 张 振, 等. 宽幅播种下基本苗密度对小麦旗叶光合特性及叶片和根系衰老的影响[J]. *应用生态学报*, 2023, 34(1): 107-113.
- [12] 王 娜, 樊胜祖, 张好新, 等. 春小麦宽幅匀播氮磷钾肥效试验初报[J]. *甘肃农业科技*, 2016(8): 4-7.
- [13] 李世莹, 王永华, 冯 伟, 等. 宽幅带播对大穗型冬小麦冠层特征及产量的影响[J]. *麦类作物学报*, 2013, 33(2): 320-324.
- [14] 马 鑫, 代兴龙, 王晓婧, 等. 冬小麦高产高效群体的年际间稳产性能[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(12): 3926-3934.
- [15] 李 维, 胡 俊, 李 芳. 藏青2000“3414”田间肥效试验分析[J]. *西藏科技*, 2017(6): 3-4; 18.
- [16] 张 翼, 卡沙木他, 扎西多吉. 德格县一熟区青稞“3414”肥效试验分析[J]. *四川农业科技*, 2019(8): 45-46.
- [17] 土旦次仁. 西藏隆子黑青稞“3414”肥料效应试验[J]. *西藏农业科技*, 2018, 40(2): 28-31.
- [18] 刘得国, 张增艺, 冯承彬, 等. 玉树地区青稞“3414”肥效试验[J]. *中国农技推广*, 2014, 30(3): 36-38.
- [19] 段剑钊, 李世莹, 郭彬彬, 等. 宽幅播种对冬小麦群体质量及产量的影响[J]. *核农学报*, 2015, 29(10): 2013-2019.
- [20] 温 健, 郭振斌, 张常文, 等. 小麦宽幅匀播技术氮、磷、钾施肥效果及推荐施肥量研究[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(18): 17-22.
- [21] 赵秉强, 余松烈, 李凤超, 等. 带状种植小麦带型-群体-产量相关规律研究[J]. *中国农业科学*, 1999(1): 33-39.
- [22] 邓晓奋, 刘广才, 许德蓉, 等. 旱地冬小麦膜侧宽幅匀播增产效应研究[J]. *寒旱农业科学*, 2023, 2(3): 220-222.
- [23] 任 亮, 任稳江, 马明生. 基于“3414”试验的陇中半干旱区马铃薯测土配方施肥指标研究[J]. *土壤通报*, 2023, 54(2): 374-381.