

播种方式及肥料运筹对苦荞产量、品质及肥料利用率的影响

李君保¹ 吴银环^{2,3} 冉文秀¹ 李华明⁴ 冉元龙⁴ 丁梦琦² 张颖韬⁵

(¹ 酉阳土家族苗族自治县农业技术推广站, 409899, 重庆; ² 西南大学农学与生命技术学院, 400715, 重庆;

³ 广西农业科学院蔬菜研究所, 530007, 广西南宁; ⁴ 忠县农业科技推广中心, 404300, 重庆; ⁵ 重庆市农业技术推广总站, 401121, 重庆)

摘要 为探明苦荞适宜的播种方式和施肥配比, 利用酉荞5号苦荞品种为材料, 在2021-2022年春季进行随机区组试验, 设置条播(A1)、穴播(A2)和撒播(A3)3种播种方式, 以及基追比1:1(B1)、2:1(B2)、3:1(B3)、只施基肥(CK1)和不施肥(CK0)5种施肥模式, 研究播种方式及肥料运筹对苦荞产量、品质及肥料利用率的影响。结果表明, 苦荞产量、单株粒数和单株粒重在不同播种方式下均表现为A2>A1>A3, 差异不显著; 施肥处理组均显著高于CK0处理, B2处理最优, 显著高于B1和B3处理, 极显著高于CK1和CK0处理; 不同播种方式及肥料运筹互作下的产量及其构成因素存在极显著差异, A2×B2处理的产量、单株粒数及单株粒重最大。播种方式及肥料运筹对籽粒芦丁含量无显著影响, 以A2×B2处理最高; 不同播种方式下籽粒的其他品质均无显著差异; 不同肥料运筹下的籽粒品质均呈极显著差异, 施肥处理组显著高于CK0处理。田间肥料利用率表现为A2>A1>A3, 无显著差异。不同肥料运筹处理的氮、磷和钾等元素吸收率及肥料利用率存在极显著差异, B2处理最大。综上, 苦荞在A2×B2处理下产量、品质和肥料利用率最优。

关键词 苦荞; 播种方式; 肥料运筹; 肥料利用率; 产量; 品质

苦荞 (*Fagopyrum tataricum*) 属于蓼科 (Polygonaceae) 荞麦属 (*Fagopyrum* Mill.) 一年生双子叶植物^[1]。苦荞的籽粒较小, 种皮也较厚, 其籽粒略微带苦味^[2]。Sharma等^[3]发现野生苦荞主要分布在西藏东部、四川西部以及云南西北部, 因此认为现有的苦荞栽培种也发源于此。苦荞籽粒富含蛋白质、生物类黄酮、纤维素及18种氨基酸等多种成分, 是谷类中唯一集“七大营养要素”于一身的作物^[4]。苦荞营养丰富又具有药用价值, 对糖尿病、高血压和高血脂等病人有辅助治疗作用, 具有食药兼用作物特性^[5]。近年来, 苦荞产品越来越受到人们的喜爱, 市场对苦荞的需求日益增大^[6-8]。因此, 加大对苦荞生产技术的研究以提高其产量及品质, 具有重要的研究意义。

栽培技术对作物产量及品质的提高有重要影响。播种方式是调控作物生长的重要栽培技术^[9-10]; 播种方式包括条播、穴播和撒播等, 不同的播种方式可以改变作物的群体结构, 进而影响其生长发育, 最终影响产量及品质, 作物最适的播种方式受其遗传特性及栽培环境共同影响^[11-12]。苦荞作为一种耐贫瘠作物, 对于边角地和斜坡地等地块均具有良好的适应性, 通常认为不施肥也可使苦荞正常生长, 但不施肥处理的苦荞产量偏低, 大大降低了农

户种植苦荞的热情。研究^[13-14]表明施肥对荞麦生产具有重要的意义, 且肥料单施并不利于荞麦产量的增加, 应提倡多种肥料复合使用。施肥处理的苦荞产量显著高于不施肥处理^[15], 苦荞的产量会随氮、磷和钾肥施用量的增加而呈现先增加后下降的趋势。荞麦在现蕾开花后需要大量的养分, 而此时的土壤养分供应能力较低, 故应施追肥来补充一定的养分, 供荞麦后续的生长^[16]。

本研究设计播种方式及肥料运筹互作试验, 通过分析互作效应对苦荞产量、籽粒品质和肥料利用率的影响, 探明最适合苦荞的播种方式以及与之相匹配的适宜肥料配比, 以期充分发挥播种方式及肥料运筹的增产提效作用, 为实现产量、品质和肥料利用率在更高水平上的协同提高提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2021年2月至2022年6月在重庆市合川区西南大学合川试验基地(30°0'4" N, 106°7'51" E)进行, 该地属亚热带季风气候, 海拔204 m, 年均气温16~23℃, 年降水量800 mm。试验地土质为沙壤土, 2年土壤养分含量见表1。

作者简介: 李君保, 主要从事粮油作物生产和植保研究, E-mail: 156166466@qq.com

张颖韬为通信作者, 主要从事粮油作物生产研究, E-mail: zytqzt2505@126.com

基金项目: 酉阳县2023年荞麦基地建设项目(Yyx20230167); 酉阳县2024年荞麦基地建设项目(Yyx20240058)

收稿日期: 2025-05-08; 修回日期: 2025-06-13; 网络出版日期: 2026-02-09

表 1 试验地土壤基础肥力
Table 1 Basic soil fertility in test site

年份 Year	pH	全氮 Total nitrogen (mg/kg)	全磷 Total phosphorus (mg/kg)	全钾 Total potassium (g/kg)	速效钾 Available potassium (mg/kg)	速效磷 Available phosphorus (mg/kg)	碱解氮 Alkaline hydrolyzable nitrogen (mg/kg)
2021	7.63	632.98	485.43	1.75	165.47	53.87	60.93
2022	7.85	657.22	479.55	1.86	167.35	56.45	61.76

1.2 试验材料

供试材料为酉荞 5 号，为 2020 年秋季新收种子，由重庆市荞麦产业体系创新团队提供，适合在重庆市推广种植。

1.3 试验设计

试验采用随机区组试验设计。设置 3 种播种方式：条播（A1）、穴播（A2）和撒播（A3）；5 种施肥模式：基追比 1:1（B1）、基追比 2:1（B2）、基追比 3:1（B3）、只施基肥不施追肥处理（对照，CK1）及不施肥处理（空白对照，CK0）。试验共 15 个处理，3 次重复，分别于 2021 年 2 月 26 日及 2022 年 2 月 27 日播种，基本苗为 90 万株/hm²，每小区面积为 6.67 m²，每小区 5 行，行长 4.00 m，行距 0.33 m，区组间隔 0.50 m。施用肥料为总养分≥45%的高浓度硫酸钾复合肥（含 N 15%、P₂O₅ 15%和 K₂O 15%），施肥总量为 450 kg/hm²。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量及其构成因素 于成熟期在每个小区取 10 株长势一致且未倒伏的植株，测定单株粒数、单株粒重及籽粒千粒重；待籽粒 70%~80%成熟时按小区单收测产，折合成单位面积产量。

1.4.2 籽粒品质 采用分光光度法^[17]测定籽粒芦丁含量。称取 0.5 g 籽粒粉样放入 25 mL 消化管中，用 0.5 mL 纯水浸湿粉样，再加入 2.0 g（硫酸钾：硫酸铜=10:1）混合催化剂和 10.0 mL 浓硫酸，将其摇匀，使用海能 SH420F 型石墨消解仪（山东）消煮，采用两段式加热，先将温度调到 220 ℃加热 20 min，再将温度调到 420 ℃加热 60 min，消煮液变为青绿色即可。待冷却后转移至 50 mL 容量瓶中，用蒸馏水定容，最后用凯氏定氮仪测定籽粒蛋白质含量。参考汪连爱^[18]的方法测定苦荞淀粉含量；采用蒽酮比色法测定总淀粉含量；采用双光束双波长分光光度法测定直链淀粉含量；支链淀粉含量（%）=总淀粉含量（%）-直链淀粉含量（%）。每个处理 3 次重复。

1.4.3 肥料利用率 苦荞籽粒全氮与籽粒蛋白含

量的测定方法一致；参考吴康红^[19]的方法测定植株全氮、全磷和全钾，籽粒全磷和全钾的测定方法与植株一致。计算公式：单位面积氮/磷/钾素吸收率=单位面积籽粒产量×籽粒养分含量+单位面积植株干重×植株养分含量；氮/磷/钾肥利用率（%）=（施肥区植株养分吸收量-不施肥区植株养分吸收量）/施肥量×100。

1.5 数据处理

采用 Excel 2019 进行数据整理及作表，用 Origin 2021 作图，用 SPSS 25.0 进行数据统计分析，采用一般线性模型进行分析，采用 LSD 法检测显著性。

2 结果与分析

2.1 播种方式及肥料运筹对产量及其构成因素的影响

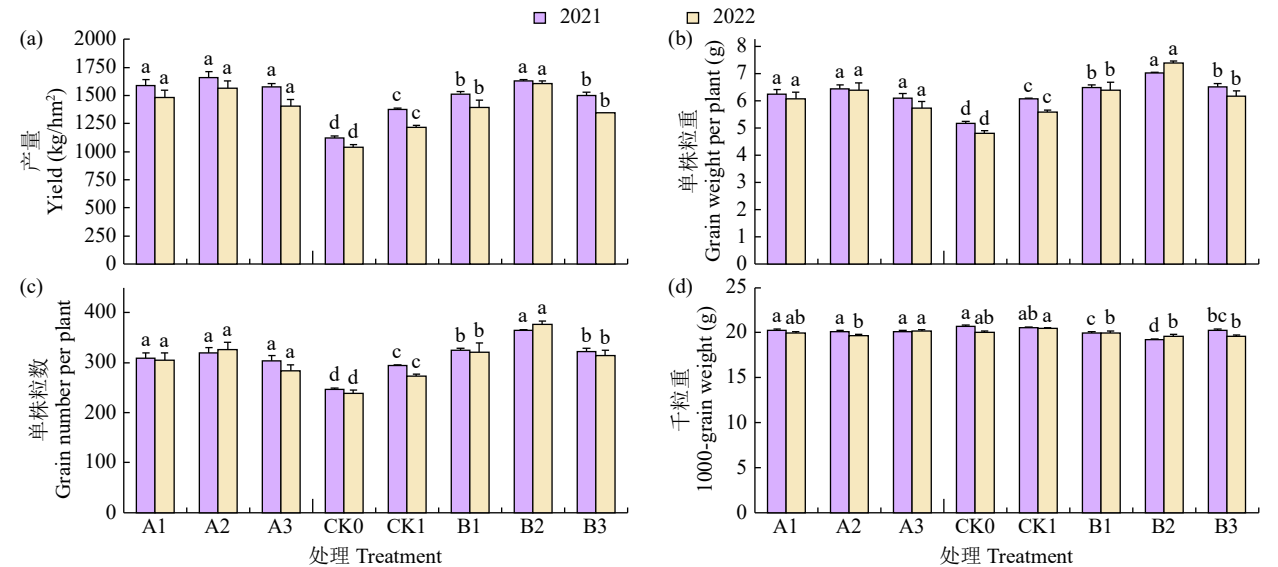
不同播种方式处理下，苦荞产量表现为 A2>A1>A3，除 2022 年各处理的千粒重存在显著差异外，2021 和 2022 年的产量及其构成因素均无显著差异（表 2）。由图 1 可知，A3 处理下 2022 年苦荞的千粒重大于 A1 和 A2 处理。不同肥料运筹下苦荞产量及其构成因素均呈极显著差异。2021 和 2022 年的苦荞产量、单株粒数及单株粒重均以 B2 处理最大，且施追肥的处理均高于 CK1 处理；而苦荞的千粒重在 2021 年最大值出现在 CK0 处理，2022 年最大值出现在 CK1 处理。不同播种方式及肥料运筹互作下苦荞的产量及其构成因素均呈极显著差异；15 个处理间在 2 年试验中产量、单株粒数及单株粒重的最大值均出现在 A2×B2 处理（1848.27 kg/hm²、379.86 粒和 7.29 g），而千粒重最大值为 20.57 g（A1×CK0 处理）。

在肥料配比为 B1、B2 和 CK1 处理下，苦荞的产量、单株粒数及单株粒重均表现为 A2>A1>A3，产量的最大值分别为 1797.25、1848.27 和 1507.13 kg/hm²，较 A1 和 A3 下 B1 处理分别增产 15.66%和 16.29%，较 B2 处理分别增产 2.02%和 2.37%，较 CK1 处理分别增产 3.50%和 6.54%。在

表 2 播种方式及肥料运筹交互对苦荞产量及其构成因素的影响
Table 2 Effects of interaction between sowing methods and fertilizer managements on the yield and its components of tartary buckwheat

年份 Year	处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	单株粒数 Grain number per plant	单株粒重 Grain weight per plant (g)	千粒重 1000-grain weight (g)
2021	A1×CK0	1224.13±3.16h	243.00±1.15g	5.08±0.04g	20.90±0.07a
	A1×CK1	1546.39±4.29ef	294.33±2.03f	6.07±0.06e	20.61±0.24abc
	A1×B1	1673.99±3.76bc	323.75±5.55cd	6.38±0.09cd	19.71±0.52defg
	A1×B2	1836.19±1.91a	363.00±2.89a	7.00±0.11a	19.27±0.28fg
	A1×B3	1652.10±5.63cd	320.11±5.60cd	6.59±0.20bc	20.60±0.05abc
	A2×CK0	1333.50±3.95g	256.00±2.89g	5.44±0.02f	20.75±0.29ab
	A2×CK1	1580.15±4.08cde	297.10±1.76f	6.17±0.05de	20.77±0.08ab
	A2×B1	1754.88±3.48ab	334.50±4.33bc	6.69±0.36b	19.98±0.61cde
	A2×B2	1841.05±4.67a	367.33±2.33a	7.00±0.08a	19.05±0.03g
	A2×B3	1783.69±3.62a	340.83±4.70b	6.80±0.24ab	19.94±0.21cdef
	A3×CK0	1230.18±3.58h	241.33±1.54g	4.96±0.02g	20.54±0.31abc
	A3×CK1	1523.08±4.38f	292.33±2.33f	5.92±0.07e	20.25±0.25abcd
	A3×B1	1675.49±1.89bc	317.50±4.14de	6.38±0.13cd	20.12±0.85bcd
	A3×B2	1837.50±2.12a	361.30±2.10a	7.01±0.17a	19.42±0.31efg
	A3×B3	1612.50±5.18def	304.17±1.30ef	6.14±0.23de	20.21±0.42abcd
2022	A1×CK0	1153.79±3.76fg	232.78±3.48f	4.71±0.17fg	20.24±0.44abcd
	A1×CK1	1365.81±4.75cd	274.45±4.24de	5.57±0.06cd	20.32±0.34abcd
	A1×B1	1433.82±2.21c	290.00±3.51d	5.85±0.16c	20.18±0.31abcd
	A1×B2	1787.30±1.91ab	376.72±4.01ab	7.30±0.16ab	19.37±0.30efg
	A1×B3	1679.27±5.33b	349.67±1.09c	6.85±0.36b	19.63±0.63defg
	A2×CK0	1246.52±5.76ef	257.17±3.02e	5.09±0.25ef	19.78±0.05bcdefg
	A2×CK1	1434.11±5.49c	286.11±3.95d	5.85±0.11c	20.46±0.26abc
	A2×B1	1839.62±0.45a	392.00±4.95a	7.51±0.36a	19.15±0.19g
	A2×B2	1855.49±5.35a	392.39±2.34a	7.57±0.32a	19.31±0.25fg
	A2×B3	1438.23±3.44c	300.33±2.08d	5.87±0.02c	19.55±0.16defg
	A3×CK0	1116.06±2.13g	227.11±5.32f	4.56±0.18g	20.08±0.74abcdef
	A3×CK1	1306.18±3.02de	258.78±1.47e	5.33±0.02de	20.61±0.19a
	A3×B1	1415.47±6.27cd	281.33±3.01de	5.78±0.48cd	20.52±0.62ab
	A3×B2	1773.43±6.95ab	360.17±2.16bc	7.24±0.05ab	20.12±0.71abcde
	A3×B3	1404.40±6.66cd	290.78±2.78d	5.73±0.47cd	19.71±0.12cdefg

不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著，下同。
Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$ level, the same below.



不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著，下同。
Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$ level, the same below.

图 1 播种方式和肥料运筹对苦荞产量及其构成因素的影响
Fig.1 Effects of sowing methods and fertilizer managements on the yield and its components of tartary buckwheat

肥料配比为 B3 处理下，苦荞的产量、单株粒数及单株粒重呈现 A1>A2>A3，产量最大值为 1665.69 kg/hm²，较 A1 和 A3 分别增产 3.40%和 10.42%。在 A1 处理下，苦荞的产量、单株粒数及单株粒重均表现为 B2>B3>B1>CK1>CK0；而在 A2 和 A3 处理下，均表现为 B2>B1>B3>CK1>CK0，3 种播种方式施追肥处理下的产量、单株粒数和千粒重均显著高于 CK1 处理，且施肥处理下的产量均高于 CK0 处理。在肥料配比为 B1 和 B2 处理下，苦荞的千粒重均表现为 A3>A1>A2，B3 处理表现为 A1>A3>A2，CK1 处理表现为 A2>A1>A3。在 A1 和 A2 处理下，苦荞的千粒重均呈现 CK1>B3>B1>B2，而在 A3 处理下呈现 CK1>B1>B3>B2。

综上，A2 及追肥处理主要通过提高苦荞的单株粒数来提高产量，且 B2 处理对产量的提高效果最为显著。

2.2 播种方式及肥料运筹对籽粒品质的影响

除 2022 年的直链淀粉含量外，不同播种方式下苦荞籽粒品质均无显著差异，2022 年的直链淀粉含量最大值为 14.40%，出现在 A2 处理（表 3）。在不同肥料运筹处理下，除 2021 年籽粒芦丁含量无显著差异及 2022 年芦丁含量呈显著差异外，其他指标均呈极显著差异。2022 年籽粒芦丁含量最大值为 1.046 mg/g（B1）；籽粒蛋白质及直链淀粉含量最大值分别为 9.91%和 14.75%，均出现在 B2 处理；籽粒总淀粉含量最大值为 68.48%（B1），而支链淀粉含量最大值为 54.03%（CK1）。不同播种方式及肥料运筹互作下，苦荞籽粒品质除了芦丁含量无显著差异外，其他指标均呈极显著差异。苦荞籽粒蛋白质含量及直链淀粉含量最大值分别为 10.06%和 14.88%，均出现在 A1×B2 处理；而苦荞籽粒总淀粉含量及支链淀粉含量最大值分别为 72.07%和 58.54%，均出现在 A3×CK1 处理（表 4）。

表 3 不同处理对苦荞籽粒品质的影响
Table 3 Effects of different treatments on the quality of tartary buckwheat grains

处理 Treatment	芦丁含量 Rutin content (mg/g)		蛋白质含量 Protein content (%)		总淀粉含量 Total starch content (%)		直链淀粉含量 Amylose content (%)		支链淀粉含量 Amylopectin content (%)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
A1	0.99a	1.02a	9.17a	9.68a	64.10b	63.64a	14.33a	13.87ab	49.31a	49.77a
A2	1.01a	1.02a	9.23a	9.45a	63.49b	62.94a	14.23a	14.40a	48.71a	48.53a
A3	0.99a	1.02a	9.00a	9.25a	68.61a	64.87a	14.29a	13.69b	50.58a	51.18a
CK0	0.98a	0.98b	8.23d	8.54c	57.15b	52.40b	14.00bc	13.24c	38.63b	39.16b
CK1	0.99a	1.00ab	9.01c	9.01b	67.73a	67.98a	13.84c	13.84bc	53.91a	54.14a
B1	1.00a	1.05a	9.41b	9.88a	69.46a	67.49a	14.41ab	14.12ab	53.08a	53.37a
B2	1.01a	1.02ab	9.73a	10.08a	66.20a	66.17a	14.76a	14.73a	51.41a	51.44a
B3	0.98a	1.01ab	9.28b	9.80a	66.46a	65.03a	14.40ab	13.99b	50.62a	51.03a
A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
B	ns	*	**	**	**	**	**	**	**	**
A×B	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**

“*”和“**”分别表示在 P<0.05 和 P<0.01 水平差异显著，“ns”表示无显著差异。
“*” and “**” indicate significant differences at P<0.05 and P<0.01 levels, respectively, “ns” indicates no significant difference.

表 4 播种方式与肥料运筹互作对苦荞籽粒品质的影响
Table 4 Effects of interaction between sowing methods and fertilizer managements on the quality of tartary buckwheat grains

年份 Year	处理 Treatment	芦丁含量 Rutin content (mg/g)	蛋白质含量 Protein content (%)	总淀粉含量 Total starch content (%)	直链淀粉含量 Amylose content (%)	支链淀粉含量 Amylopectin content (%)
2021	A1×CK0	0.97±0.01ab	8.22±0.12f	50.60±2.28d	13.93±0.71b	35.72±1.35g
	A1×CK1	0.99±0.01ab	9.13±0.35cde	66.28±1.30abc	14.14±0.49ab	51.92±2.58bcd
	A1×B1	0.99±0.04ab	9.43±0.39bcd	71.61±0.25a	14.23±0.13ab	55.41±0.73ab
	A1×B2	1.01±0.04ab	9.71±0.06ab	63.58±0.84bc	14.94±0.17a	48.26±3.85d
	A1×B3	0.99±0.01ab	9.36±0.04bcd	68.45±2.74abc	14.40±0.19ab	55.23±1.83ab
	A2×CK0	1.00±0.02ab	8.35±0.30f	55.25±0.50d	13.69±0.55b	40.47±0.68ef
	A2×CK1	1.01±0.06ab	9.00±0.04de	65.18±1.25abc	14.05±0.56ab	51.41±0.83bcd
	A2×B1	1.02±0.05ab	9.54±0.05bc	69.80±1.63ab	14.43±0.34ab	54.36±2.33ab
	A2×B2	1.05±0.06a	9.95±0.28a	64.93±1.97bc	14.41±0.56ab	53.15±4.03bc
	A2×B3	0.94±0.11b	9.32±0.41bcde	62.28±1.94c	14.56±0.78ab	44.15±0.48e

续表 4 Table 4 (continued)

年份 Year	处理 Treatment	芦丁含量 Rutin content (mg/g)	蛋白质含量 Protein content (%)	总淀粉含量 Total starch content (%)	直链淀粉含量 Amylose content (%)	支链淀粉含量 Amylopectin content (%)
2022	A3×CK0	0.99±0.06ab	8.13±0.14f	65.61±2.45abc	13.68±0.56b	39.71±0.35fg
	A3×CK1	0.97±0.01ab	8.89±0.16e	71.72±0.29a	14.02±0.6ab	58.41±2.78a
	A3×B1	0.99±0.03ab	9.26±0.06cde	66.96±0.86abc	14.57±0.42ab	49.46±2.13cd
	A3×B2	0.98±0.02ab	9.53±0.12bc	70.08±3.62ab	14.93±0.39a	52.81±2.64bcd
	A3×B3	1.01±0.03ab	9.16±0.36cde	68.66±3.04abc	14.26±0.34ab	52.49±4.36bcd
	A1×CK0	0.98±0.01bcd	8.92±0.81efg	49.65±0.40g	13.06±0.42d	36.60±1.11f
	A1×CK1	1.05±0.07abc	9.26±0.40cde	66.07±0.38bcd	13.81±0.75bcd	52.25±3.02bcd
	A1×B1	1.05±0.02ab	9.74±0.04bcd	69.64±2.27ab	13.97±0.93abcd	55.67±0.83ab
	A1×B2	0.99±0.03abcd	10.45±0.04a	63.20±1.11d	14.81±0.42ab	48.39±3.74d
	A1×B3	1.02±0.04abcd	10.05±0.58ab	69.63±1.49ab	13.71±0.22bcd	55.92±1.71ab
	A2×CK0	1.00±0.04abcd	8.26±0.13g	54.15±0.09f	13.36±1.19cd	40.80±1.34ef
	A2×CK1	0.99±0.04abcd	9.06±0.14def	65.46±1.15bcd	13.97±0.13abcd	51.49±1.02bcd
	A2×B1	1.06±0.03a	10.10±0.07ab	68.80±2.00ab	15.02±0.80a	53.78±2.05bc
	A2×B2	1.03±0.06abcd	10.15±0.40ab	67.56±0.32bcd	14.96±0.24a	52.60±3.35bcd
	A2×B3	1.00±0.04abcd	9.69±0.32bcd	58.71±0.55e	14.71±0.22ab	44.00±0.77e
	A3×CK0	0.97±0.02cd	8.45±0.32fg	53.38±0.12fg	13.31±0.01d	40.08±0.21ef
	A3×CK1	0.97±0.02d	8.72±0.58efg	72.42±1.35a	13.75±0.23bcd	58.67±2.39a
	A3×B1	1.02±0.05abcd	9.79±0.13abc	64.03±1.30cd	13.38±0.07cd	50.66±2.4cd
	A3×B2	1.04±0.05abc	9.63±0.27bcd	67.75±2.71bc	14.43±0.31abc	53.31±2.56bc
	A3×B3	1.02±0.03abcd	9.68±0.26bcd	66.75±1.44bcd	13.56±0.85cd	53.19±5.09bc

B1 处理的籽粒蛋白质及直链淀粉含量最大值均出现在 A2 处理，分别为 9.82%和 14.73%，而总淀粉和支链淀粉含量最大值分别为 70.63%和 55.54%，均出现在 A1 处理。B2 处理下籽粒蛋白质含量和直链淀粉含量的最大值均出现在 A1 处理，分别为 10.06%和 14.88%；而总淀粉和支链淀粉含量的最大值分别为 68.92%和 53.06%，均出现在 A3 处理。B3 处理的籽粒蛋白质、总淀粉和支链淀粉含量最大值分别为 9.68%、69.04%和 55.58%，均出现在 A1 处理，而直链淀粉含量最大值为 14.64%（A2 处理）。CK1 处理的籽粒蛋白质含量最大值为 9.20%（A1 处理），直链淀粉含量最大值为 14.01%（A2 处理）；而总淀粉和支链淀粉含量最大值分别为 72.07%和 58.54%，均出现在 A3 处理。

播种方式相同的条件下，施肥处理的籽粒品质均高于 CK0 处理。在 A1 处理下，籽粒蛋白质含量及直链淀粉含量的最大值均出现在 B2 处理，而总淀粉含量的最大值出现在 B1 处理，支链淀粉含量最大值出现在 B3 处理。在 A2 处理下，籽粒蛋白质含量最大值出现在 B2 处理，而总淀粉、直链淀粉及支链淀粉含量最大值均出现在 B1 处理。在 A3 处理下，苦荞籽粒蛋白质及直链淀粉含量最大值均出现在 B2 处理，而总淀粉和支链淀粉含量最大值均出现在 CK1 处理。

综上，不同播种方式下苦荞籽粒品质的无显著

差异；施追肥可以显著提高苦荞的蛋白质及直链淀粉含量，且相较于 CK0 处理，施肥处理下的苦荞籽粒品质均有显著提高。

2.3 播种方式及肥料运筹对肥料利用率的影响

不同播种方式下 2021–2022 年苦荞的氮、磷和钾素吸收率均无显著差异，而不同肥料运筹下均呈极显著差异（图 2，表 5）。2021–2022 年的氮、磷和钾素吸收率最大值均出现在 B2 处理；且 B1、B2 和 B3 处理下的氮、磷和钾素吸收率均高于 CK1 处理。综上，B2 处理能显著提高苦荞的氮、磷和钾吸收率，且施肥处理的吸收率显著高于 CK0 处理。由表 5 可知，不同播种方式及肥料运筹互作下的氮、磷和钾素吸收率均呈极显著差异。氮素吸收率的最大值为 40.18%，出现在处理 A2×B2。磷、钾素吸收率的最大值均出现在 A1×B2 处理，分别为 15.16%和 29.64%。

在相同肥料运筹时，B1 和 B2 处理下的氮素吸收率表现为 A2>A1>A3，最大值分别为 40.18%和 36.54%；B3 和 CK1 处理的氮素吸收率表现为 A1>A2>A3，最大值分别为 34.64%和 29.33%；B1 和 CK1 处理的磷素吸收率表现为 A2>A1>A3，最大值分别为 12.95%和 10.20%；B2 和 B3 处理的磷素吸收率表现为 A1>A2>A3，最大值分别为 15.16%和 12.95%。B1 处理的钾素吸收率表现为 A2>A1>A3，最大值为 27.38%。B2 处理的钾素

吸收率表现为 A1>A2>A3，最大值为 29.64%。

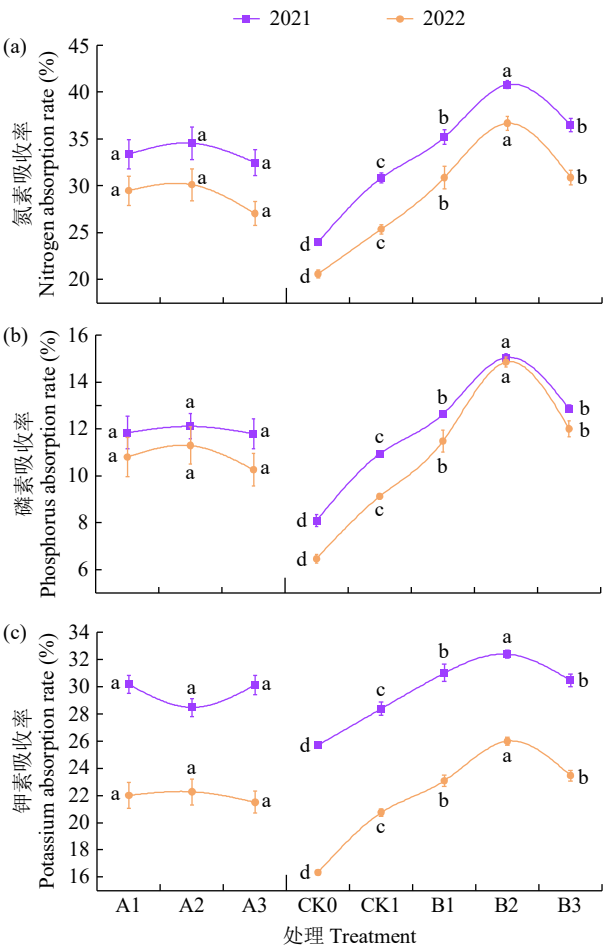


图2 播种方式和肥料运筹对苦荞氮、磷、钾吸收率的影响
Fig.2 Effects of sowing methods and fertilizer managements on the fertilizer absorption rate of tartary buckwheat

B3 和 CK1 处理的钾素吸收率表现为 A1>A3>A2，最大值分别为 27.65%和 24.88%。在相同播种方式时，施追肥处理的氮、磷和钾吸收率均显著高于 CK1 处理。在 A1 处理下，氮素、磷素及钾素吸收率均呈 B2>B3>B1>CK1。在 A2 处理下，氮素、磷素及钾素吸收率均呈 B2>B1>B3>CK1。在 A3 处理下，氮素和磷素吸收率均呈 B2>B3>B1>CK1，而钾素吸收率为 B2>B1>B3>CK1。

综上，A1 和 A2 处理下苦荞的氮、磷和钾吸收率均高于 A3 处理，但差异不显著；不同肥料运筹处理对吸收率存在极显著影响，施肥处理的吸收率均高于 CK0 处理，B2 处理最高。

不同播种方式下 2021–2022 年的氮、磷和钾肥利用率均无显著差异（表 6），而不同肥料运筹处理则存在极显著差异；2021–2022 年的氮、磷和钾肥利用率最大值均出现在 B2 处理，B1、B2 和 B3 处理下的氮、磷和钾肥利用率均高于 CK1 处理（图 3）。综上，B2 处理能显著提高苦荞的肥料利用率。不同播种方式及肥料运筹交互下氮、磷和钾肥利用率均存在极显著差异。氮肥（39.28%）和钾肥（17.62%）利用率的最大值均出现在 A2×B2 处理。磷肥利用率的最大值（18.83%）出现在 A1×B2 处理。

在相同肥料运筹下，B1 和 B2 处理的氮肥利用率为 A2>A1>A3，最大值分别为 31.20%和 39.28%。B3 和 CK1 处理的氮肥利用率为 A1>A2

表 5 播种方式和肥料运筹交互对苦荞氮、磷、钾素吸收率的影响
Table 5 Effects of interaction between sowing methods and fertilizer managements on the fertilizer absorption rate of tartary buckwheat

处理 Treatment	氮素吸收率 Nitrogen absorption rate		磷素吸收率 Phosphorus absorption rate		钾素吸收率 Potassium absorption rate	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
A1×CK0	23.11±0.15h	21.32±0.98g	7.47±0.37e	5.91±0.13h	25.99±0.47f	16.41±0.32h
A1×CK1	32.78±0.33f	25.88±0.79e	11.03±0.19c	9.26±0.43f	29.61±0.49de	20.14±0.78g
A1×B1	34.74±1.08de	28.95±0.61c	12.60±0.46b	10.71±0.59e	30.87±1.60bcd	23.32±0.72cd
A1×B2	40.54±0.27ab	37.64±0.45a	15.35±0.15a	14.97±0.33ab	33.08±1.21a	26.19±0.48a
A1×B3	35.64±0.67d	33.63±0.91b	12.74±0.36b	13.15±0.78c	31.35±0.99abcd	23.94±1.93bc
A2×CK0	24.46±0.66h	20.54±0.52g	8.84±0.66d	6.98±0.46g	24.97±0.42f	16.16±0.76h
A2×CK1	29.75±0.56g	26.42±0.20de	11.12±0.35c	9.27±0.33f	26.67±0.99f	21.38±0.48efg
A2×B1	37.64±0.84c	35.43±1.03b	12.71±0.54b	13.19±0.78c	29.52±0.32de	23.84±1.67bc
A2×B2	42.10±0.40a	38.25±0.97a	14.62±0.74a	15.34±0.74a	31.58±0.34abc	26.51±1.26a
A2×B3	38.75±1.19bc	29.94±0.55c	13.26±0.41b	11.66±0.08d	29.64±1.35de	23.48±0.84cd
A3×CK0	24.42±0.35h	19.94±0.64g	7.95±0.57e	6.50±0.18gh	26.15±0.36f	16.43±0.67h
A3×CK1	29.98±0.11g	23.84±0.70f	10.67±0.17c	8.82±0.24f	28.88±0.26e	20.69±0.65fg
A3×B1	33.17±0.29ef	28.29±0.48cd	12.59±0.29b	10.53±0.51e	32.65±2.14ab	22.10±0.46def
A3×B2	39.70±0.76b	34.07±0.14b	15.16±0.23a	14.23±0.14ab	32.54±0.35ab	25.30±0.20ab
A3×B3	35.07±0.53de	29.08±0.60c	12.60±0.44b	11.22±0.76de	30.42±1.57cde	22.98±0.58cde

表 6 播种方式和肥料运筹互作对苦荞肥料利用率的影响
Table 6 Effects of interaction between sowing methods and fertilizer managements on the fertilizer utilization efficiency of tartary buckwheat

处理 Treatment	氮肥利用率		磷肥利用率		钾肥利用率	
	Nitrogen fertilizer utilization rate		Phosphorus fertilizer utilization rate		Potassium fertilizer utilization rate	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
A1×CK1	21.48±0.73fg	10.12±1.75g	7.91±0.42f	7.45±0.95f	6.69±0.91def	8.29±1.74g
A1×B1	25.84±2.39def	16.94±1.36ef	11.40±1.02bcd	10.68±1.30e	9.03±2.97bcde	15.35±1.60cde
A1×B2	38.72±0.60a	36.25±0.99ab	17.51±0.32a	20.14±0.74a	13.13±2.24a	21.74±1.07a
A1×B3	27.83±1.48cde	27.35±2.01c	11.72±0.80bc	16.09±1.72c	9.91±1.84abcd	16.74±4.29bc
A2×CK1	11.76±1.24h	13.06±0.44fg	5.06±0.77g	5.09±0.73g	3.15±1.83f	11.60±1.08efg
A2×B1	29.30±1.85cd	33.09±2.28b	8.60±1.19ef	13.80±1.73d	8.42±0.59bcde	17.07±3.72bc
A2×B2	39.21±0.89a	39.34±2.15a	12.83±1.64b	18.58±1.64ab	12.25±0.64ab	22.99±2.80a
A2×B3	31.76±2.65bc	20.88±1.22de	9.81±0.91de	10.40±0.18e	8.65±2.50bcde	16.26±1.88bcd
A3×CK1	12.36±0.25h	10.16±1.56g	6.06±0.38g	5.17±0.54g	5.05±0.49ef	9.46±1.45fg
A3×B1	19.46±0.66g	20.05±1.06de	10.32±0.65cd	8.96±1.13ef	12.03±3.97ab	12.59±1.03def
A3×B2	33.96±1.67b	32.91±0.30b	16.04±0.51a	17.19±0.32bc	11.83±0.65abc	19.71±0.44ab
A3×B3	23.66±1.18efg	21.81±1.34d	10.34±0.97cd	10.48±1.70e	7.90±2.90cde	14.55±1.29cde

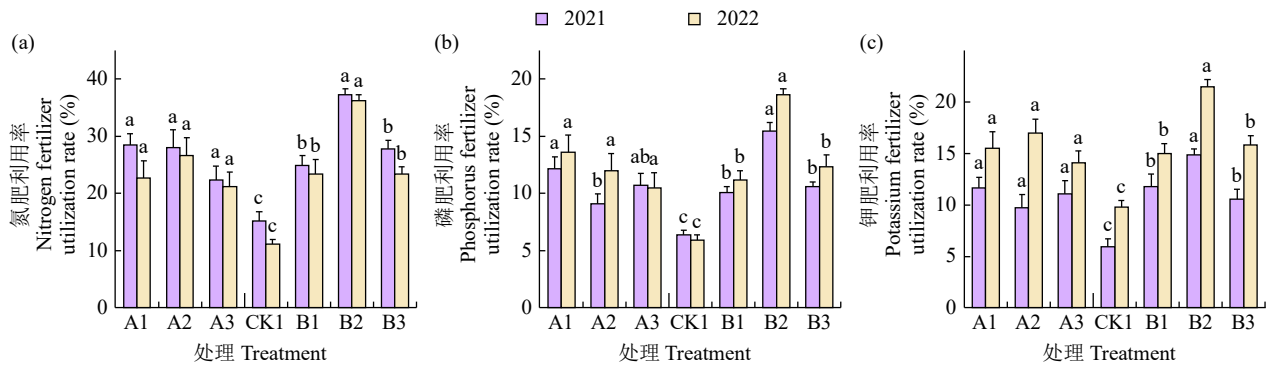


图 3 播种方式和肥料运筹对苦荞肥料利用率的影响
Fig.3 Effects of sowing methods and fertilizer managements on fertilizer utilization efficiency of tartary buckwheat

>A3，最大值分别为 27.59%和 15.80%。B1 处理的磷肥利用率为 A2>A1>A3，最大值为 11.20%。B2、B3 和 CK1 处理的磷肥利用率为 A1>A3>A2，最大值分别为 18.83%、13.91%和 7.68%。B1 处理的钾肥利用率为 A2>A3>A1，最大值为 12.75%。B2 处理的钾肥利用率为 A2>A1>A3，最大值为 17.62%。B3 和 CK1 处理的钾肥利用率为 A1>A2>A3，最大值分别为 13.33%和 7.49%。在 A1 处理下，氮、磷和钾肥利用率均呈现 B2>B3>B1>CK1。在 A2 处理下，氮、磷和钾肥利用率均呈现 B2>B1>B3>CK1。在 A3 处理下，氮肥和磷肥利用率均呈现 B2>B3>B1>CK1，而钾肥利用率为 B2>B1>B3>CK1。

综上，不同播种方式处理下，氮肥和钾肥利用率均表现为 A1 和 A2 处理略高于 A3 处理；施追肥处理下的肥料利用率均显著高于 CK1 处理，说明施追肥对提高苦荞肥料利用率的效果显著。

3 讨论

3.1 播种方式及肥料运筹对产量的影响

苦荞产量受单株粒数、单株粒重及千粒重的影响。本研究中 A2 处理下苦荞的产量最高，这与吴邦谟^[20]研究播种方式和氮肥追施对冬小麦生育特性、产量及品质影响的结果一致。杨军学等^[21]研究播种方式及密度互作对糜子群体冠层和产量的影响，发现穴播较传统条播能够形成更加优质的冠层结构，从而提高产量。周传猛等^[22]研究播种方式对水稻的影响，发现播种方式会影响有效穗数等产量构成因素，从而影响产量。本研究表明，A2 处理改善了苦荞的群体结构，保证了干物质的转运量，同时也保证了成熟期干物质的积累，从而提高了产量。段玉婷等^[23]研究表明合理的肥料运筹能够提高水稻的结实率，从而提高单株粒数以达到高产。刘博等^[24]发现适量增施磷肥

可缓解大豆苗期弱光胁迫对磷素与干物质积累的影响, 促进产量增加。本研究结果显示, 3 种基追肥配比能够促进苦荞籽粒灌浆, 从而提高籽粒的单株粒数和单株粒重, 以达到高产; 且 A2×B2 处理下的增产效果最明显, 2021 年产量达到 1837.50 kg/hm², 2022 年产量达到 1855.49 kg/hm², 表明 A2 较 A1 和 A3 处理更适合苦荞的生长。但是人工穴播在田间实际操作中较条播更难实施, 耗费的人力较大, 因此在荞麦播种中常选择条播。

3.2 播种方式及肥料运筹对籽粒品质影响

随着生活水平的提高, 人们对各方面的品质要求也在提高, 籽粒品质逐步成为当代研究的热点。苦荞的品质主要看其籽粒芦丁、蛋白质和淀粉含量。前人^[10,25]研究发现播种方式会影响小麦籽粒蛋白质含量, 且对冬小麦穴播处理较宽幅播和条播更利于籽粒中蛋白质的积累; 董飞等^[26]研究表明, 播种方式对冬小麦籽粒蛋白质含量表现为条播>撒播。本研究结果表明, 播种方式对苦荞籽粒蛋白质含量的影响不显著, 且 A2 相较于 A3 处理其籽粒蛋白质含量较高, 这与祁皓天等^[10]和董飞等^[26]的结果一致。总淀粉包含直链淀粉和支链淀粉, 播种方式对其的影响可能存在差异。朱新开等^[27]研究表明, 不同播种方式处理下小麦籽粒直链淀粉含量为稻田撒播处理最大, 而支链淀粉和总淀粉含量最大值在稻田套播处理。本研究表明, 在不同播种方式处理下, 总淀粉、直链和支链淀粉含量均无显著差异, 这一结果与祁皓天等^[10]的结果一致。本研究发现, 苦荞籽粒的总淀粉含量及支链淀粉含量最大值均出现在 A3 处理, 而直链淀粉含量的最大值出现在 A1 和 A2 处理, 这与朱新开等^[27]的研究结果相反, 可能是因为供试材料或种植条件差异, 小麦在稻田下生长与本试验地的土质不同, 需要进一步研究。

前人^[19,28-29]研究表明, 各追施氮肥处理对冬小麦籽粒蛋白质含量的影响无显著差异, 这可能与小麦的生态环境有关。Wieser^[30]研究表明, 追施氮肥提高了冬小麦的籽粒蛋白质含量、湿面筋含量及稳定时间等。本研究表明, 在荞麦孕蕾期施追肥对苦荞籽粒的蛋白质含量存在极显著影响, 说明施追肥可提高苦荞的籽粒蛋白质含量, 这与 Wieser^[30]的研究结果一致。本研究结果显示, 不同肥料运筹处理下, 苦荞的总淀粉、直链淀粉和支链

淀粉含量均呈极显著差异, 这说明施追肥利于苦荞的光合作用, 通过影响灌浆特性提高籽粒品质。

3.3 播种方式及肥料运筹对肥料利用率的影响

肥料利用率是指当季作物吸收营养元素的数量与施肥营养元素总量的百分比。影响肥料利用率的因素很多, 常见的有施肥种类、施肥量、施肥时期、土壤性质、种植密度和耕作方式等^[31-33]。前人对肥料利用率的研究较多, 刘运景等^[34]研究表明, 将常规的条播改为宽幅播种能增加小麦的氮肥利用率; 初金鹏等^[35]研究发现宽幅播种较常规条播处理的氮肥利用率提高了 15.4%; 前人^[36]研究表明, 播种方式及施氮量互作能够显著影响小麦的氮肥利用效率和氮素吸收率。本试验结果表明, 在肥料配比相同的条件下, A2 处理的苦荞肥料吸收率及肥料利用率均高于 A1 和 A3 处理, 这与刘运景等^[34]的结果一致; 但播种方式对苦荞的肥料利用率无显著影响, 这与刘曼玉^[36]的研究结果存在差异, 可能是由于播种方式对小麦和荞麦的影响存在差异, 需进一步研究。Nguyen 等^[37]研究指出, 适当比例的氮、磷和钾肥配施可显著提高木薯植株的氮、磷、钾含量和产量。林忠成等^[38]研究认为当基肥比例较高时, 水稻的群体碳氮代谢比较协调, 可有效提高产量和氮肥利用率。前人^[39]研究指出合理分配氮肥比例能提高水稻吸氮量和氮素利用率。林义月等^[40]研究表明在同一施氮量下, 氮肥运筹 N2 处理 (3:4:3) 可显著提高水稻产量和氮素利用率。本研究结果显示, 在施肥量相同的条件下, 肥料运筹 B2 处理 (2:1) 能够极显著地提高肥料吸收率和利用率, 与林忠成等^[38]和林义月等^[40]的研究结果一致。本试验结果表明肥料是苦荞生长发育的关键, 在苦荞栽培中需要施用适量的肥料, 且在苦荞生育中期需要对其进行肥料追施, 以此来补充后续生长所需要的养分。因此, 选择适合的播种方式及肥料运筹方式是荞麦达到高产优质的关键, 且该试验结果可为重庆地区苦荞的栽培提供理论参考。

4 结论

在相同施肥条件下, A2 处理的苦荞产量最高 (1610.72 kg/hm²), 分别比 A1 和 A3 处理增产 4.91% 和 8.14%。在相同播种方式条件下, B2 处理的产量最高 (1821.83 kg/hm²), 比 CK1 处理增产

24.84%，且各施追肥处理的产量均显著高于 CK1 处理；播种方式及肥料运筹均是通过影响单株粒数增产。不同播种方式对籽粒品质的影响无显著差异，但肥料运筹处理可显著影响籽粒品质，且施肥处理的籽粒品质显著高于 CK0 处理。A2 处理的肥料利用率略高于 A1 和 A3 处理，肥料运筹处理对肥料利用率存在极显著影响，以 B2 处理的苦荞肥料利用率最高。

参考文献

- [1] Zhou M L, Ivan K, Galina S, et al. Buckwheat germplasm in the world. London: Academic Press, 2018.
- [2] 唐宇, 邵继荣, 周美亮. 中国荞麦属植物分类学的修订. 植物遗传资源学报, 2019, 20(3): 646-653.
- [3] Sharma S K, Ramesh A, Sharma M P, et al. Microbial community structure and diversity as indicators for evaluating soil quality. Biodiversity Biofuels Agroforestry and Conservation Agriculture, Sustainable Agriculture Reviews, 2011, 5: 317-358.
- [4] Guo X N, Yao H Y. Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins. Food Chemistry, 2006, 98(1): 90-94.
- [5] Ding M Q, Wu Y M, Wei L, et al. Progress of research on buckwheat forage and its application in the livestock and poultry industries. Pratacultural Science, 2018, 35(1): 176-185.
- [6] 向达兵, 彭镰心, 赵钢, 等. 荞麦栽培研究进展. 作物杂志, 2013(3): 1-6.
- [7] Zhao G, Zhao J L, Peng L X, et al. Effects of yeast polysaccharide on growth and flavonoid accumulation in *Fagopyrum tataricum* sprout cultures. Molecules, 2012, 17(10): 11335-11345.
- [8] Zuo G M, Tan B, Wang J H, et al. Evaluation and utilization of nutrient function components in tartary buckwheat rice and tartary buckwheat powder processing. Food Science, 2009, 30(14): 183-187.
- [9] 谢耀丽, 张德奇, 李向东, 等. 豫南两养区近 15 年小麦生产能力提升原因分析与技术对策——以西平县为例. 中国农学通报, 2013, 29(18): 32-37.
- [10] 祁皓天, 董永利, 李川, 等. 播种方式和播量对冬小麦‘西农 20’产量及品质的影响. 西北农业学报, 2021, 30(1): 32-40.
- [11] 丁锦峰, 游蕊, 丁永刚, 等. 基于不同栽培模式的小麦强、弱勢粒灌浆特性研究. 麦类作物学报, 2020, 40(10): 1206-1214.
- [12] 毛妍婷, 雷宝坤, 陈安强, 等. 不同免耕覆盖栽培模式下耕层土壤水热变化对小麦产量的影响. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1553-1558.
- [13] 张广峰, 陈喜明, 韩云丽, 等. 增施氮肥对晋荞麦 2 号产量和品质的影响. 黑龙江农业科学, 2022(10): 33-37.
- [14] 李桂强, 何平, 张春平, 等. 药用金荞麦“3414”施肥效应研究. 中药材, 2011, 32(2): 171-175.
- [15] 向达兵, 杨玲玲, 李静, 等. 施肥对苦荞麦产量、经济效益及肥效的影响. 河南农业科学, 2015, 44(4): 83-87.
- [16] 胡启山. 荞麦需肥少 施肥贵在巧. 科学种养, 2011(1): 15.
- [17] 吕丹. 苦荞种质资源产量性状和籽粒黄酮含量与 SSR 标记的关联分析. 贵阳: 贵州师范大学, 2020.
- [18] 汪连爱. 双光束双波长分光光度计测定稻米中直链淀粉的方法. 粮食与饲料工业, 1999(3): 47-48.
- [19] 吴康红. 硅磷配施对甜荞倒伏性能及产量的影响. 重庆: 西南大学, 2020.
- [20] 吴邦谟. 不同播种方式和氮肥追施对冬小麦生育特性及产量品质的影响. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [21] 杨军学, 罗世武, 程炳文, 等. 播种方式与密度互作对糜子群体冠层及产量的影响. 江苏农业科学, 2022, 50(24): 65-73.
- [22] 周传猛, 梁琳, 李科冰, 等. 播种方式对米粉加工专用型杂交稻品种农艺性状及产量的影响. 中国种业, 2022(4): 82-85.
- [23] 段玉婷, 祝海竣, 刘乾峰, 等. 肥料运筹对双季杂交稻干物质积累及产量形成的影响. 分子植物育种. (2022-10-31)[2025-05-08]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20221030.2005.008>.
- [24] 刘博, 卫玲, 肖俊红, 等. 肥料运筹对大豆产量及生长的影响. 华北农学报, 2018, 33(增 1): 195-200.
- [25] 王玉娇, 常旭虹, 王德梅, 等. 播种方式对不同品种小麦产量和品质的影响. 作物杂志, 2023(1): 122-128.
- [26] 董飞, 闫秋艳, 张敏敏, 等. 追氮量对不同粒色小麦籽粒产量、品质及硒吸收的影响. 中国农业大学学报, 2022, 27(8): 13-23.
- [27] 朱新开, 郭凯泉, 郭文善, 等. 播种方式对强筋小麦籽粒品质和产量的影响. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2009, 30(2): 59-63.
- [28] Pomeranz Y, Peterson C J, Marttern P J. Hardness of winter wheat grown under widely different climatic conditions. Cereal Chemistry, 1985, 62(6): 463-467.
- [29] Peterson C J, Graybosch R A, Baenziger P S, et al. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. Crop Science, 1992, 32: 98-103.
- [30] Wieser H. Chemistry of gluten proteins. Food Microbiology, 2007, 24(2): 115-119.
- [31] 朱元刚, 初金鹏, 张秀, 等. 不同播期冬小麦氮素出籽效率与氮素利用及转运的相关性. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1151-1160.
- [32] Dai X L, Wang Y C, Dong X C, et al. Delayed sowing can increase lodging resistance while maintaining grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat. The Crop Journal, 2017, 5(6): 541-552.
- [33] Davarpanah R, Ahmadi S H. Modeling the effects of irrigation management scenarios on winter wheat yield and water use indicators in response to climate variations and water delivery systems. Journal of Hydrology, 2021, 598: 126269.
- [34] 刘运景, 郑飞娜, 张秀, 等. 宽幅播种对强筋小麦籽粒产量、品质和氮素吸收利用的影响. 作物学报, 2022, 48(3): 716-725.
- [35] 初金鹏, 朱文美, 尹立俊, 等. 宽幅播种对冬小麦‘泰农 18’产量和氮素利用率的影响. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2517-2524.
- [36] 刘曼玉. 播种方式与施氮量互作对冬小麦产量和氮素吸收利用的调控. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- [37] Nguyen H, Schoenau J J, Nguyen D, et al. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in north Vietnam. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(3): 425-442.
- [38] 林忠成, 李士明, 吴福观, 等. 基肥与穗肥氮比例对双季稻产量和碳氮比的影响. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 269-275.
- [39] Peng S B, Buresha R J, Huang J L. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China. Field Crops Research, 2006, 96(1): 37-47.
- [40] 林义月, 李阳, 汪本福, 等. 氮肥运筹对机直播水稻产量、品质及氮素利用率的影响. 华中农业大学学报, 2023, 42(2): 93-98.

Effects of Sowing Methods and Fertilizer Management on Yield, Quality, and Fertilizer Utilization Efficiency of Tartary Buckwheat

Li Junbao¹, Wu Yinhuan^{2,3}, Ran Wenxiu¹, Li Huaming⁴,
Ran Yuanlong⁴, Ding Mengqi², Zhang Yingtao⁵

(¹Youyang Agricultural Technology Extension Station, Chongqing 409899, China;

²College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

³Vegetable Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China;

⁴Zhongxian Agricultural Science and Technology Extension Center, Chongqing 404300, China;

⁵Chongqing Municipal Agricultural Technology Extension Station, Chongqing 401121, China)

Abstract To explore the optimal sowing methods and fertilization ratios for tartary buckwheat, a randomized block experiment was conducted in the spring of 2021 and 2022 using the variety Youqiao 5. Three sowing methods including strip sowing (A1), hole sowing (A2), and broadcast sowing (A3), and five fertilization modes including basal-to-topdressing ratios of 1:1 (B1), 2:1 (B2), 3:1 (B3), basal fertilizer only (CK1), and no fertilizer (CK0) were set up to study the effects of sowing methods and fertilizer management on the yield, quality, and fertilizer utilization efficiency of tartary buckwheat. The results showed that under different sowing methods, yield, grain number per plant, and grain weight per plant followed the order of A2 > A1 > A3, with no significant differences. All fertilizer treatments significantly outperformed the CK0 treatment, with the B2 treatment being the optimal, showing significantly higher values than B1 and B3, and highly significantly higher than CK1 and CK0. Highly significant differences were observed in yield and its components under the interaction of sowing methods and fertilizer management, with the A2×B2 treatment achieving the highest yield, grain number per plant, and grain weight per plant. Sowing methods and fertilizer management had no significant effects on grain rutin content, with the A2×B2 treatment being the highest. There were no significant differences in other grain qualities across different sowing methods. However, grain quality showed extremely significant differences under different fertilizer management modes, with fertilizer treatments significantly higher than the CK0 treatment. Field fertilizer utilization efficiency followed the order A2 > A1 > A3, with no significant differences. Highly significant differences were found in the uptake rates of elements such as nitrogen, phosphorus, and potassium, as well as fertilizer utilization efficiency among different fertilizer management treatments, with the B2 treatment showing the highest values. In conclusion, tartary buckwheat achieved optimal yield, quality, and fertilizer utilization efficiency under the A2×B2 treatment.

Key words Tartary buckwheat; Sowing method; Fertilizer management; Fertilizer utilization efficiency; Yield; Quality