

不同灌水量下氮磷钾配施对青稞 产量和品质的影响

徐银萍, 火克仓, 王正凤, 贾延春, 包奇军, 赵 锋, 牛小霞, 张廷红
(甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为探明在不同灌水量下青稞氮磷钾适宜施用量和最佳配比, 研究不同灌水量下氮磷钾配施对青稞产量、品质的影响, 2018—2019年以春性二棱青稞品种陇青1号为指示品种, 在甘肃河西灌区大田栽培条件下采用裂区试验设计, 设置灌水为主区、施肥为副区并采用“3414”设计进行田间试验。对青稞产量及其构成因素及品质进行方差分析的结果表明, 在各灌水处理下, 青稞产量构成因素各项测定指标至少与1个其他指标极显著或显著相关性; 在相同氮磷钾配比下青稞平均产量全生育期灌水2次和全生育期灌水1次较全生育期不灌水分分别显著增产59.5%、52.8%, 灌水2次较全灌水1次增产4.4%; 各灌水处理下, 13个施肥处理较不施肥处理显著增产, 增产率分别为不灌水0.1%~26.2%、灌水1次0.9%~28.3%、灌水2次7.8%~22.7%, 且施肥处理 $N_2P_2K_3$ 、 $N_2P_2K_0$ 和 $N_3P_2K_2$ 产量始终较高; 各灌水处理下, 氮、磷、钾施用量和产量的三元二次回归方程均能反应青稞产量与氮磷钾三要素之间的极显著相关关系。一元二次肥料效应方程下, 青稞最高产量施肥量分别为N 189.11 kg/hm²(全生育期不灌水)、186.75 kg/hm²(全生育期灌水1次)和196.50 kg/hm²(全生育期灌水2次); P_2O_5 61.69 kg/hm²(全生育期不灌水)、48.77 kg/hm²(全生育期灌水1次)和-27.38 kg/hm²(全生育期灌水2次); K_2O 61.11 kg/hm²(全生育期不灌水)、60.60 kg/hm²(全生育期灌水1次)和77.44 kg/hm²(全生育期灌水2次)。整体而言, 青稞籽粒蛋白质含量随着灌水量增加而降低, 籽粒淀粉含量随着灌水量增加而升高。推荐该区春青稞生育期浇水1次, 即于拔节期按1500 m³/hm²灌入。在此水分条件下推荐的N、 P_2O_5 、 K_2O 施用量分别为186.75、48.77、60.60 kg/hm², 此时青稞籽粒产量可达到4355.24 kg/hm²。

关键词: 青稞; 灌水量; 氮磷钾配施; 产量; 品质

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2022)02-0161-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.02.013

Effects of Combined Application of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on the Yield and Quality of Highland Barley under Different Irrigation Capacities

XU Yinping, HUO Kecang, WANG Zhengfeng, JIA Yanchun, BAO Qijun, ZHAO Feng, NIU Xiaoxia, ZHANG Tinghong

(Institute of Industrial Crops and Malting Barley, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: To explore the optimal rate and ratio of nitrogen, phosphorus, and potassium combined application and to study the effects of combined application of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and quality of highland barley under different irrigation capacity, in this study, the spring two-edge highland barley (Longqing 1) was cultivated for field experiments during 2018 to 2019 in the Hexi Irrigation District, Gansu Province, and a split-plot test design was adopted with irrigation treatment as the main plot and fertilization treatment as the split-plot. Analysis of variance was used to analyze the barley yield, its constituents and quality. Results indicated that under each irrigation treatment, at least one of highland barley yield constituent factors was significantly correlated with other variables. Under the same combination ratio of nitrogen, phosphorus and potassium, the average yields of 2 times irrigation (W_2) and 1 times irrigation (W_1) were significantly increased by 59.5% and 52.8%, respectively compared with W_0 , and yield of W_2 was increased by 4.4% compared with that of W_1 . All 13 fertilization treatments under each irrigation treatment showed significant increase in yields compared with the control (no fertilization), yield increase rates for W_0 , W_1 and W_2 were 0.1% to 26.2%, 0.9% to 28.3% and 7.8% to 22.7%, respectively, and yields with the fertilization treatment of $N_2P_2K_3$, $N_2P_2K_0$ and $N_3P_2K_2$ were always higher. Under each irrigation treatment, the ternary quadratic regression equations of fertilization (nitrogen,

收稿日期: 2022-08-25

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1600105); 甘肃省林业和草原科技创新项目(LCKJCX202206); 甘肃省农业科学院博士基金项目(2022GAAS62)。

作者简介: 徐银萍(1978—), 女, 甘肃民勤人, 副研究员, 主要从事大麦青稞新品种选育与高效栽培技术研究工作。Email: xuyinping7810@163.com。

通信作者: 张廷红(1967—), 女, 甘肃靖远人, 副研究员, 主要从事大麦青稞新品种选育与高效栽培技术研究工作。Email: 514014460@qq.com。

phosphorus, and potassium) amount and highland barley yield were statistically significant. According to the quadratic equation with one unknown variable between highland barley yield and fertilization amount, the corresponding fertilization amount for the optimal highland barley yield were shown as N: 189.11 kg/ha (W_0), 186.75 kg/ha (W_1) and 196.5 kg/ha (W_2), P_2O_5 : 61.69 kg/ha (W_0), 48.77 kg/ha (W_1) and -27.38 kg/ha (W_2), K_2O : 61.11 kg/ha (W_0), 60.60 kg/ha (W_1) and 77.44 kg/ha (W_2). Overall, the protein content of highland barley grains decreased with the increase of irrigation capacity, while the starch content of grain increased with the increase of irrigation capacity. For the spring highland barley production of the studied area, it is recommended to irrigate 1 time at the elongating stage at the capacity of 1 500 m³/ha, under this particular irrigation capacity, it is ideal to fertilize N, P_2O_5 and K_2O at rates of 186.75, 483.77 and 60.60 kg/ha, respectively which could reach a grain yield of 4 355.24 kg/ha.

Key words: Highland barley; Irrigation capacity; Nitrogen, Phosphorus and Potassium combined application; Yield; Quality

青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.) 属于禾本科大麦属植物, 是一种古老的栽培作物^[1]。在我国, 它是藏区最重要的特色农作物之一^[2-3], 其种植区域位于海拔 2 400 ~ 4 500 m 的高原地区, 充当着 50% 藏区群众的口粮^[4]。青稞具有“三高两低”(高蛋白、高可溶性纤维元素、高维生素和低脂肪、低糖)的营养构成^[5], 并含有较丰富的矿质元素, 是谷类作物中的佳品。此外, 青稞秸秆还可作为优质饲草, 其籽粒是酿造业和食品加工的重要原材料^[6]。近年来, 随着青稞的价值逐渐被发掘, 青稞制品受到了广大消费者的青睐, 青稞的需求量也逐年增加。目前, 在水稻、小麦、玉米等作物上针对不同作物在不同种植区域已经基本形成了其优质、高产、绿色高效种植的水肥管理技术模式^[7]。青稞虽然也有悠久的栽培历史, 但受自然条件和人为等因素的限制, 其生产始终处于落后状态。仍然存在化肥施用缺乏科学性, 不能根据土壤肥力、作物营养特性、肥料性质、气候条件等因素进行合理施肥等问题, 不但增加了生产成本^[8], 而且还致使青稞产量低、品质差, 肥料利用率低, 严重制约着青稞生产的高效绿色发展^[9]。为此, 我们为了探究灌区不同水分条件下氮磷钾配施对青稞产量、产量构成因素、关键品质的影响, 以期找到青稞丰产、优质、高效的水肥优化配置技术模式, 为指导青稞产业健康持续、绿色高效发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2018—2019 连续 2 a 在甘肃省农业科学院武威市凉州区黄羊镇麦类综合试验站进行。该区属于大陆性温带干旱半干旱气候区, 位于甘肃省河西走廊东部, 年日照时数为 2 360 ~ 2 920 h, 平均海拔 1 766 m, 无霜期 135 ~ 150 d, 年平均气温 6.5 °C, 年平均降水量 210 mm, 年蒸发量

2 019 mm。试验地土质为灌漠土, 试验前多点采集 0 ~ 20 cm 耕层土样, 常规方法进行测试, 土壤全氮 0.78 g/kg、全磷 0.93 g/kg、全钾 1.26 mg/kg、碱解氮 83.52 g/kg、有效磷 11.33 mg/kg、速效钾 186.71 mg/kg、有机质 25.46 g/kg、pH 8.27。

1.2 供试材料

指示品种为甘肃省农业科学院选育的春性食用保健型青稞新品种陇青 1 号。供试肥料为尿素(含 N 46%)、磷酸二胺(含 P_2O_5 46%、N 18%)、氯化钾(含 K_2O 24%)。

1.3 试验设计

试验采用裂区设计, 主区为灌水处理分别设置 3 个水平, W_0 为全生育期不灌水; W_1 为全生育期灌水 1 次, 于青稞拔节期(5 月 5 日)灌水 1 500 m³/hm²; W_2 为全生育期灌水 2 次, 分别于青稞拔节期(5 月 5 日)和扬花期(6 月 20 日)各灌水 1 500 m³/hm²。施肥处理为副区, 采用“3414”设计, 共 14 个处理(表 1)。小区面积 12.5 m² (2.5 m × 5.0 m), 行距 0.25 m, 种植 10 行, 每行播种 560 粒, 于 3 月 16 日(2018 年)和 3 月 18 日(2019 年)人工开沟撒播, 3 次重复。肥料作为底肥一次性均匀施入对应小区, 灌水量由水表统一计量, 小区间在深 50 cm 处理透明塑料薄膜以防渗水串肥, 其他统一田间管理。该地区青稞生育期在 4 ~ 7 月, 生育期年均降水量为 40 mm 左右。

1.4 测定项目与方法

收获前 2 d 从每小区随机拔取 20 株青稞, 量取株高、穗长, 调查单株有效分蘖即分蘖数。人工脱粒后统计单株粒数、穗粒数。自然干燥后测定单株粒重、千粒重和小区产量, 计算增产率。

青稞籽粒蛋白质和淀粉含量采用瑞典 FOSS 公司生产的 1241 近红外快速品质分析仪测定。

1.5 数据统计方法

数据为 2018 年和 2019 年 2 a 测定数据的平均

表 1 试验各处理编码及各因素施肥水平^①

试验编号	处理	施肥水平			施N量 (kg/hm ²)	施P ₂ O ₅ 量 (kg/hm ²)	施K ₂ O量 (kg/hm ²)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	2	2	0	106	24
3	N ₁ P ₂ K ₂	1	2	2	75	106	24
4	N ₂ P ₀ K ₂	2	0	2	150	0	24
5	N ₂ P ₁ K ₂	2	1	2	150	53	24
6	N ₂ P ₂ K ₂	2	2	2	150	106	24
7	N ₂ P ₃ K ₂	2	3	2	150	159	24
8	N ₂ P ₂ K ₀	2	2	0	150	106	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	2	2	1	150	106	12
10	N ₂ P ₂ K ₃	2	2	3	150	106	36
11	N ₃ P ₂ K ₂	3	2	2	225	106	24
12	N ₁ P ₁ K ₂	1	1	2	75	53	24
13	N ₁ P ₂ K ₁	1	2	1	75	106	12
14	N ₂ P ₁ K ₁	1	1	1	150	53	12

① 0 水平指不施肥, 2 水平指当地推荐施肥量, 1 水平=2 水平×0.5, 3 水平=2 水平×1.5 为过量施肥水平。

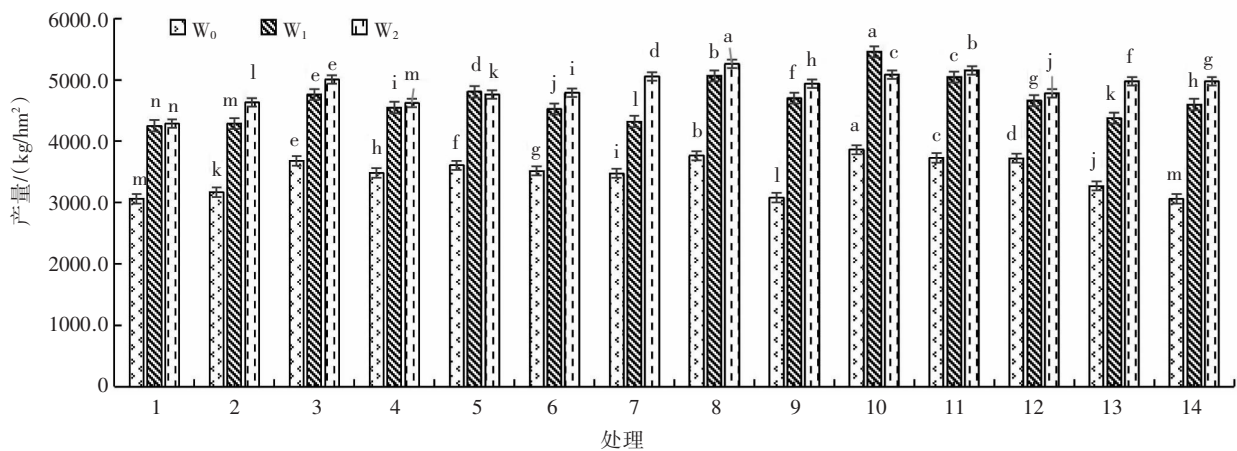


图 1 不同灌水量下不同施肥处理的产量比较

值, 用 Microsoft Excel 2013 软件进行数据统计作图, 采用 SPSS18.0 统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同水肥配置下的青稞产量比较

由图 1 可见, 灌水量对青稞产量具有明显影响, 在相同氮磷钾配比下, 除施肥处理 5 和处理 10 表现出 W₁ 产量略大于 W₂ 以外, 其余施肥处理的产量均表现为 W₂ > W₁ > W₀。平均产量 W₂、W₁ 较 W₀ 分别显著增产 59.5%、52.8%, W₂ 较 W₁ 增产 4.4%。方差分析表明, 在 W₀、W₁ 和 W₂ 处理下, 所有施肥处理间产量差异均达到显著水平 (P < 0.5), 较对照 (施肥处理 1) 增产率为 0.1% ~ 26.2%、0.9% ~ 28.3%、7.8% ~ 22.7%。此外, 从图 1 中还可以看出, 在 W₀、W₁ 和 W₂ 处理下, 施肥处理 10、8 和 11 的产量位于前 3 位, 而施肥处理 1 和

处理 2 产量较低。

2.2 不同水肥配置下青稞产量及其构成因素之间的相关性

通过分析 W₀、W₁ 和 W₂ 处理下青稞产量及其构成因素之间的相关性发现, 各测定指标至少与 1 个其他指标呈极显著或显著相关, 说明各指标之间在一定程度上存在一定程度的相关性 (表 2)。在 W₀ 处理下, 产量与穗长呈极显著正相关, 与株高呈显著正相关, 与分蘖数、单株粒数、单株粒重、穗粒数、千粒重呈不显著正相关, 相关性从大到小依次为穗长、株高、千粒重、单株粒数、单株粒重、分蘖数、穗粒数; 在 W₁ 处理下, 产量与千粒重呈极显著正相关, 与单株粒重、穗粒数呈显著正相关, 与分蘖数、株高、穗长、单株粒数呈不显著正相关, 相关性从大到小依次为千粒重、穗粒数、单

表 2 不同灌水处理下青稞产量及其构成因素之间的相关系数

灌水	指标	分蘖数	株高	穗长	单株粒数	单株粒重	穗粒数	千粒重	产量
W ₀	分蘖数								
	株高	0.521*							
	穗长	0.444	0.785**						
	单株粒数	0.669**	0.756**	0.735**					
	单株粒重	0.498*	0.398	0.421	0.703**				
	穗粒数	0.117	0.356	0.092	0.172	0.197			
	千粒重	0.647**	0.794**	0.654**	0.869**	0.699**	0.052		
	产量	0.225	0.496*	0.674**	0.437	0.329	0.077	0.443	
W ₁	分蘖数								
	株高	0.290							
	穗长	0.375	0.757**						
	单株粒数	0.031	0.176	0.455					
	单株粒重	0.342	0.453	0.638**	0.608*				
	穗粒数	0.292	0.071	0.109	0.128	0.153			
	千粒重	0.367	0.339	0.423	0.241	0.810**	0.366		
	产量	0.254	0.211	0.391	0.294	0.592*	0.592*	0.664**	
W ₂	分蘖数								
	株高	0.180							
	穗长	0.080	0.674**						
	单株粒数	0.808**	0.615**	0.552**					
	单株粒重	0.408	0.376	0.731**	0.704**				
	穗粒数	0.207	0.684**	0.710**	0.376	0.522**			
	千粒重	0.180	0.217	0.394	0.030	0.666**	0.282		
	产量	0.074	0.692**	0.521*	0.551*	0.278	0.378	0.018	

表 3 不同灌水处理下青稞三元二次肥料效应拟合方程

灌水处理	三元二次拟合方程	F值	F _{0.01}
W ₀	$y=3\ 060.75-444.90N+183.94P+366.49K-5.92N^2-26.04P^2+172.27K^2+310.52NP-16.26NK-371.42PK$	18.46	14
W ₁	$y=4\ 249.98+111.73N+505.06P-499.12K+10.99N^2-174.34P^2+286.45K^2+63.48NP-32.03NK-88.03PK$	17.79	14
W ₂	$y=4\ 304.44+307.42N+359.54P-182.28K-22.71N^2-45.01P^2+70.87K^2-28.53NP-31.69NK-14.23PK$	19.21	15

株粒重、穗长、单株粒数、分蘖数、株高；在 W₂ 处理下，产量与株高呈极显著正相关，与穗长和单株粒数呈显著正相关，与分蘖数、单株粒重、穗粒数、千粒重呈不显著正相关，相关性从大到小依次为株高、单株粒数、穗长、穗粒数、单株粒重、分蘖数、千粒重。

2.3 不同水肥配置下青稞三元二次肥料效应方程拟合结果分析

将不同灌水处理下青稞氮、磷、钾施用量(分别用 N、P、K 表示)和产量(Y)进行三元二次方程回归分析，建立了三元二次方程(表 3)，回归方程均达到极显著水平，说明三元二次肥料效应方程能反应青稞产量与氮磷钾三要素之间的极显著相关关系。

2.4 不同水肥配置下青稞一元二次方程拟合结果分析

分别选用不同灌水处理下施肥处理 2、3、6

和 11 求得以 P₂K₂ 水平为基础的氮肥效应方程，选用施肥处理 4、5、6 和 7 求得以 N₂K₂ 水平为基础的磷肥效应方程，选用施肥处理 6、8、9 和 10 求得以 N₂P₂ 水平为基础的钾肥效应方程，建立的单因素一元二次肥料效应方程模型为 $Y=a+bx+cx^2$ (表 4)，由此算出在不同灌水处理下青稞最高产量施肥量分别为 N: 189.11(W₀)、186.75 kg/hm²(W₁)和 196.50 kg/hm²(W₂)；P₂O₅: 61.69 kg/hm²(W₀)、48.77 kg/hm²(W₁) 和 -27.38 kg/hm²(W₂)；K₂O: 61.11 kg/hm²(W₀)、60.60 kg/hm²(W₁) 和 77.44 kg/hm²(W₂)。

2.5 不同水肥配置对青稞关键品质的影响

整体而言青稞平均籽粒蛋白质含量随着灌水量的增加而降低，平均淀粉含量随着灌水量的增加而升高，蛋白质含量平均值由 149 g/kg 降低到 141 g/kg；淀粉含量平均值由 566 g/kg 升高到 572 g/kg。在 W₀ 处理下，不同施肥处理之间蛋白质含

表 4 不同灌水处理下青稞产量一元二次肥料效应拟合结果

灌水	肥料	效应方程	R^2	最高产量施肥量 (kg/hm ²)	最高产量 (kg/hm ²)
W ₀	N	$y=3\ 220.53+376.53N+74.67N^2$	0.15	189.11	3 695.23
	P ₂ O ₅	$y=3\ 496.00+113.33P-41.33P^2$	0.03	61.69	3 573.69
	K ₂ O	$y=3\ 705.07+698.93K+257.33K^2$	0.40	61.11	3 230.48
W ₁	N	$y=4\ 364.40+164.40N+12.67N^2$	0.14	186.75	3 830.92
	P ₂ O ₅	$y=4\ 577.87+248.53P-114.67P^2$	0.50	48.77	4 712.54
	K ₂ O	$y=5\ 112.87-877.13K+325.67K^2$	0.75	60.60	4 522.26
W ₂	N	$y=4\ 687.73+141.07N-1.33N^2$	0.17	196.50	4 188.95
	P ₂ O ₅	$y=4\ 636.17+38.93P+32.00P^2$	0.82	-27.38	4 624.43
	K ₂ O	$y=5\ 272.27-527.73K+153.33K^2$	0.91	77.44	4 818.19

表 5 不同水肥处理的青稞关键品质

编号	处理	籽粒蛋白质含量/(g/kg)			籽粒淀粉含量/(g/kg)		
		W ₀	W ₁	W ₂	W ₀	W ₁	W ₂
1	N ₀ P ₀ K ₀	132 a	139 b	126 b	581 a	576 a	586 a
2	N ₀ P ₂ K ₂	133 a	141 b	127 b	569 a	572 a	587 a
3	N ₁ P ₂ K ₂	158 a	151 ab	137 ab	557 a	564 a	579 a
4	N ₂ P ₀ K ₂	153 a	152 ab	144 ab	562 a	562 a	569 a
5	N ₂ P ₁ K ₂	153 a	150 ab	146 ab	559 a	572 a	567 a
6	N ₂ P ₂ K ₂	145 a	144 ab	144 ab	569 a	572 a	568 a
7	N ₂ P ₃ K ₂	147 a	147 ab	152 a	573 a	573 a	567 a
8	N ₂ P ₂ K ₀	153 a	156 a	148 ab	561 a	560 a	565 a
9	N ₂ P ₂ K ₁	153 a	150 ab	148 ab	563 a	566 a	572 a
10	N ₂ P ₂ K ₃	134 a	149 ab	146 ab	565 a	565 a	567 a
11	N ₃ P ₂ K ₂	151 a	144 ab	150 a	567 a	569 a	563 a
12	N ₁ P ₁ K ₂	144 a	146 ab	136 ab	569 a	569 a	576 a
13	N ₁ P ₂ K ₁	140 a	139 b	136 ab	567 a	582 a	572 a
14	N ₂ P ₁ K ₁	148 a	142 ab	140 ab	566 a	575 a	569 a
平均		149	147	141	566	570	572

量差异不显著, 为 132 ~ 158 g/kg; 在 W₁ 处理下, 蛋白质含量为 139 ~ 156 g/kg, 除施肥处理 8 分别显著高于施肥处理 1、2 和 13 外, 其余施肥处理之间差异均不显著; 在 W₂ 处理下, 蛋白质含量为 126 ~ 152 g/kg, 施肥处理 7 和处理 11 显著高于处理 1 和处理 2, 其余处理之间差异均不显著。在 W₀、W₁、W₂ 处理下, 青稞籽粒淀粉含量差异均不显著, 分别为 557 ~ 581 g/kg、560 ~ 582 g/kg 和 563 ~ 587 g/kg(表 5)。

3 讨论与结论

“3414”试验方案采用回归最优设计, 处理少、效率高, 可建立三元二次、二元二次和一元二次肥料效应回归方程模拟氮、磷、钾的最佳施用量^[10]。近些年来许多研究者针对半夏、马铃薯、油菜、水稻、玉米等农作物开展了“3414”配方施肥实验^[11-15], 研究确立了以上作物达到高产最佳氮磷钾适宜施用量。墨志坚等^[16]利用“3414”测土配方试验提出了云南香格里拉地区生产上可推广应用的青稞产量最高、效益最佳时的施肥量; 胡俊

等^[17]和李雪^[18]分别在西藏拉萨市和曲水县研究, 氮磷钾配施对春青稞产量的影响, 并且通过“3414”回归最优设计模型推荐拉萨地区春青稞施肥量 N 为 137.7 kg/hm²、P₂O₅ 为 51.6 kg/hm² 和 K₂O 为 85.38 kg/hm², 曲水县 N 为 116.25 kg/hm²、P₂O₅ 为 37.35 kg/hm² 和 K₂O 为 63.75 kg/hm²。本文研究了甘肃武威灌区不同水分条件下氮磷钾配施对春青稞产量的影响, 通过一元二次肥料效应方程拟合, 该区春青稞全生育期在完全依靠自然降水的情况下产量达到 3 499.8 kg/hm² 时 N、P₂O₅ 和 K₂O 的施用量分别为 189.11 kg/hm²、61.69 kg/hm² 和 61.11 kg/hm²; 当春青稞全生育期仅灌 1 次水产量达到 4 355.24 kg/hm² 时, N、P₂O₅ 和 K₂O 施用量分别为 186.75 kg/hm²、48.77 kg/hm² 和 60.60 kg/hm²; 当春青稞全生育期灌水 2 次产量达到 4 543.86 kg/hm² 时, N、P₂O₅ 和 K₂O 的施用量分别为 196.50 kg/hm²、-27.38 kg/hm² 和 77.44 kg/hm²。同时, 所有施肥处理的平均产量在全生育期灌水 1 次和灌水 2 次的情况下较全生育期不灌水增产率均 >

50%，但全生育期灌水 2 次较灌水 1 次增产率为 4.4%。此外，本研究中 3 种水分条件下施肥处理 $N_2P_2K_3$ 、 $N_2P_2K_0$ 和 $N_3P_2K_2$ 产量始终位于前 3，而施肥处理 $N_0P_0K_0$ 和 $N_0P_2K_2$ 的产量始终较低，这是因为施肥 $N_0P_0K_0$ 为不施肥， $N_0P_2K_2$ 为不施氮。可见，灌水和氮肥对青稞产量的形成至关重要。综合青稞产量和水资源高效利用等因素，推荐该区春青稞全生育期灌水 1 次，即于拔节期按 $1\ 500\ m^3/hm^2$ 灌入。在此水分条件下推荐的 N、 P_2O_5 、 K_2O 施用量分别为 186.75、48.77、60.60 kg/hm^2 ，此时青稞籽粒产量可达到 4 355.24 kg/hm^2 。

施肥是传统农业生产中最重要的农艺措施之一，不仅可以提供植物生长所需的养分，促进植物生长，还会对作物品质起到调节作用。许多研究表明通过使用氮肥可以调节大麦籽粒蛋白质含量。徐银萍等^[19-20]、孙炳玲等^[21]和徐寿军等^[22]研究发现，大麦籽粒蛋白质含量随着施氮量的增加其显著提高；包奇军等^[23]的研究结果表明，在施用一定量化肥的基础上增施生物肥可提高大麦籽粒蛋白质和淀粉含量；董玉波等^[24]的研究结果显示，氮磷配施对提高大麦籽粒淀粉含量、降低蛋白质含量具有显著调节作用。本研究结果表明：在拔节期灌水 $1\ 500\ m^3/hm^2$ 和在拔节期、扬花期各灌水 $1\ 500\ m^3/hm^2$ 处理下可实现以水促肥的目的，氮肥尤为明显，氮肥水平在 150 ~ 225 kg/hm^2 时可显著提高青稞籽粒蛋白质含量。

参考文献：

- [1] 孟凡磊, 强小林, 余奎军, 等. 西藏主要农区青稞品种的遗传多样性分析[J]. 作物学报, 2007(11): 1910-1914.
- [2] 吴昆仑, 赵媛, 迟德钊. 青稞 *Wx* 基因多态性与直链淀粉含量的关系[J]. 作物学报, 2012, 38(1): 71-79.
- [3] 程明, 李志强, 姜闯道, 等. 青稞的光合特性及光破坏防御机制[J]. 作物学报, 2008(10): 1805-1811.
- [4] 党斌, 杨希娟, 刘海棠. 青稞加工利用现状分析[J]. 粮食加工, 2009, 28(3): 69-71.
- [5] 张华瑜, 潘永东, 柳小宁, 等. 利用近红外谷物分析仪快速检测青稞粗蛋白质含量研究[J]. 甘肃农业科技, 2020(1): 33-36.
- [6] 孟亚雄, 孟伟林, 王化俊, 等. 青稞遗传多样性及其农艺性状与 SSR 标记的关联分析[J]. 作物学报, 2016, 42(2): 180-189.
- [7] 梅红, 徐云, 木德伟, 等. 青稞高产栽培技术研究初报[J]. 大麦科学, 2004(1): 10-13.
- [8] 刘翠花. 西藏青稞主产区土壤肥力现状及施肥对策[J]. 西藏科技, 2004(12): 9-13.
- [9] 李云祥, 陈殿民. 甘南高寒地区青稞氮磷肥配施效应及效益研究[J]. 土壤通报, 1998, 29(1): 23-25.
- [10] 孙义祥, 郭跃升, 于舜章, 等. 应用“3414”试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 197-203.
- [11] 崔晓星, 魏英勤, 刘鑫欣, 等. “3414”设计研究氮磷钾施肥量对半夏产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010(15): 267-271.
- [12] 王发文. 冬早马铃薯 3414 肥料试验[J]. 农民致富之友, 2017(2): 44; 132.
- [13] 杨慧. 油菜“3414”肥料试验总结[J]. 农技服务, 2015, 32(7): 110-111.
- [14] 魏祥, 高鹏, 何文, 等. 水稻“3414”肥效试验初报[J]. 现代农业科技, 2011(12): 57; 60.
- [15] 王辉, 张文忠, 张俊鹏. 渭北旱塬区春玉米肥料效应田间试验初探[J]. 陕西农业科学, 2009, 55(1): 6-8.
- [16] 墨志坚, 杨照新. 青稞 3414 测土配方施肥试验[J]. 云南农业, 2016(10): 48-51.
- [17] 胡俊, 陈初红, 尼玛卓拉, 等. 2010 年拉萨市春青稞“3414”肥料效应试验报告[J]. 西藏农业科技, 2013, 35(2): 20-22.
- [18] 李雪. 2012 年曲水县春青稞“3414”肥料试验分析[J]. 西藏科技, 2015(11): 7-9.
- [19] 徐银萍. 不同氮磷水平对啤酒大麦产量和品质及氮肥农学效率的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016(11): 77-82.
- [20] 徐银萍, 潘永东, 包奇军, 等. 灌水与肥密配置对甘啤 7 号大麦产量和蛋白质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015, 5(5): 99-103.
- [21] 孙炳玲, 韩顺斌. 不同施肥水平对啤酒大麦产量和蛋白质含量的影响[J]. 耕作与栽培, 2008(4): 38-39.
- [22] 徐寿军, 刘志萍, 张凤英, 等. 氮肥水平对冬大麦产量、品质和氮肥利用效率的影响及其相关分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2012, 33(1): 66-71.
- [23] 包奇军, 潘永东, 张华瑜, 等. 增施生物肥对啤酒大麦产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(2): 147-152.
- [24] 董玉波, 高鹤清, 李柱, 等. 不同氮磷配施对啤酒大麦产量和品质的影响[J]. 大麦与谷类科学, 1988(4): 27-31.