

西藏河谷农区春油菜氮磷钾硼肥效研究

杨 涛^{1,2}, 彭 霄¹, 赖 莹¹, 汤维群¹, 郭世星¹, 拥 嘎², 朱 霞², 吴永成^{1,3*}

(1. 四川农业大学农学院, 四川 成都 611130; 2. 山南市农业技术推广中心, 西藏 山南 856000; 3. 农业农村部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 成都 6111303.)

摘 要: 为探究氮磷钾硼肥对西藏河谷农区春油菜生长的影响, 开展了氮磷钾硼6个不同施肥处理(1、NPKB; 2、PKB; 3、NKB; 4、NPB; 5、NPK; 6 不施肥)对油菜产量、养分利用影响的研究, 结果发现:N、P、K、B 缺乏处理的油菜籽产量均一定程度下降, 分别比氮磷钾硼配施处理下降 2.47%, 1.61%, 11.39%, 1.11%, 不同施肥处理对油菜氮、磷、钾的吸收和积累影响显著。钾肥的农学利用率和肥料贡献率最高, 说明施钾肥对西藏河谷农区油菜增产作用较大, 生产中应更加重视钾肥的合理使用。

关键词: 春油菜; 氮; 磷; 钾; 硼; 施肥效果

中图分类号: S158.2

文献标志码: A

Effect of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Boron Fertilizer on Spring Rapeseed in the River Valley Agricultural Area of Tibetan

YANG Tao^{1,2}, PENG Xiao¹, LAI Ying¹, TANG Weiqun¹, GUO Shixing¹, Yongga², ZHU Xia², WU Yongcheng^{1,3*}

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Sichuan Chengdu 611130, China; 2. Shannan Agricultural Technology Extension Center, Tibet Shannan 856000, China; 3. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Southwest China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Sichuan Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to explore the effect of nitrogen, phosphorus, potassium and boron fertilizers on the growth of spring rapeseed in the Tibetan river valley agricultural area, a study was carried out on the effects of six different fertilization treatments (1, NPKB; 2, PKB; 3, NKB; 4, NPB; 5, NPK; 6. Effect of no fertilization) on yield and nutrient utilization of rapeseed. The results showed that compared with the NPKB, yield of rapeseed treated with N, P, K and B deficiency decreased by 2.47%, 1.61%, 11.39% and 1.11%, respectively, and different fertilization treatments had significant effects on the absorption and accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in rapeseed. The agronomic efficiency and fertilizer contribution rate of potassium fertilizer were the highest, which indicated that potassium fertilizer could increase the yield of rapeseed in the river valley of Tibet, and more attention should be paid to the rational use of potassium fertilizer in the production.

Key Words: spring rapeseed; Nitrogen; Phosphorus; Potassium; Boron; fertilization effect

我国油菜常年播种面积 700 万 hm^2 以上, 年产油 520 万 t, 占国产植物油总产量的 47%, 是第一大国产食用植物油来源^[1]。大力发展油菜生产是有效应对我国大豆进口不确定性、维护国家食用油和饲用蛋白供给安全的重要举措^[2]。据统计, 2019 年西藏油菜播种面积 2.41 万 hm^2 , 约占农作物总

播种面积的 8%^[3]。油菜作为西藏最主要的油料作物, 在为当地提供食用油, 发展区域农业经济、增加农民收入等方面发挥着重要作用。研究表明氮磷钾硼配合施用可明显促进油菜生长, 提高籽粒产量, 增加经济收益^[4-6], 氮磷钾硼肥的增产作用主要体现在促进油菜后期的生长发育, 显著增加分枝数、角果数和单株粒质量^[7]。我国油菜生产因肥力不足导致的产量潜力得不到发挥、施肥不当导致的肥料浪费及施肥经济效益低的现象普遍^[8]。近年来, 油菜科学施肥方面已经开展了大量的氮、磷、钾和硼肥效应田间试验研究, 并推荐了合理施肥量^[9-15], 但相关研究主要集中在长江流域且多为冬

收稿日期: 2022-08-29

基金项目: 山南市本级财政科研项目“2020年度农业科研专项”。

作者简介: 杨涛(1987-), 男, 助理研究员, 主要从事油菜育种与栽培研究, E-mail: 767813257@qq.com; *为通讯作者: 吴永成(1973-), 教授, 主要从事作物栽培与农业生态研究, E-mail: ycwu2002@163.com。

油菜。西藏油菜以春油菜为主,且土壤条件、气候特点及栽培品种与长江流域差异较大,已开展的施肥研究也主要集中在氮肥单一元素方面^[16-18],未见氮磷钾硼配合施用相关研究。青藏高原作为中国的生态屏障,科学的施肥技术不仅可以有效提升其作物产量,还可以提升肥料利用率,减少不合理施肥造成的污染,对促进当地的农业发展、保护生态环境具有重要意义。为提高西藏油菜施肥的科学性,本试验通过研究不同氮磷钾硼处理对西藏春油菜的影响,旨在为西藏油菜科学施肥提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验地位于西藏自治区山南市乃东区昌珠镇(29°10'11"N, 91°45'53"E),海拔3 600 m,年平均温度为5.8℃,全年无霜期130 d左右,降水量偏少,年均降水量370 mm左右,太阳辐射强度较大,空气相对湿度较小,蒸发强烈^[19]。试验区土壤质地为砂壤土,前茬作物为冬小麦,0~20 cm耕层土壤有机质质量分数为38.34 g/kg、全氮2.22 g/kg、有效磷40.23 mg/kg、速效钾61.00 mg/kg、有效硼5.89 mg/kg,PH值为7.25。

1.2 试验材料与设计

试验品种为“山油4号”,相关氮磷钾硼肥分别为:尿素(N含量46%)、过磷酸钙(P₂O₅含量12%)、氯化钾(K₂O含量60%)、硼砂(B含量15%)。试验于2020年4月9日播种,采用单因素随机区组设计,设置6个施肥处理:①NPKB;②不施氮(PKB);③不施磷(NKB);④不施钾(NPB);⑤不施硼(NPK);⑥不施肥(空白),以处理⑥不施肥(空白)为对照。每处理重复3次,合计18个小区。小区间采用高30 cm,厚30 cm的土埂隔开,防止串肥串水。除缺素处理不施该养分外,其他养分施用量均相同,各养分施用标准为N 120 kg/hm²,P₂O₅ 60 kg/hm²,K₂O 60 kg/hm²,硼砂15 kg/hm²,所有肥料作基肥一次性施入,其他田间管理措施一致。采用人工点播,五叶期间定苗,留苗密度为15万株/hm²。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状考察

成熟期在每个小区非边行随机选取连续10株油菜。测定株高、有效分枝高度、一次有效分枝数、主花序长度、主花序角果数、单株有效角果数、每角粒数、千粒质量等性状。

1.3.2 产量

油菜成熟后,对试验小区进行人工收割,各小区单独收割晾晒后单独脱粒,测定各小区油菜籽粒产量。

1.3.3 干物质积累与养分吸收利用

将每小区成熟期样品按照茎秆、角果壳、籽粒分开处理保存,在105℃下杀青30 min后,置于85℃烘箱烘至恒质量,烘干后称其干质量,测定各部位干物质积累量。将烘干后的样品粉碎混匀后按NY/T 2017—2011^[20]标准测定各部位氮、磷、钾含量。

1.3.4 肥料利用率计算

肥料利用率的计算方法^[21-22]如下:

单株不同器官养分(氮磷钾)积累量=单株不同器官干物质质量×养分(氮磷钾)含量。

群体养分(氮磷钾)含量=单位面积株数(成熟期株数)×单株养分(氮磷钾)积累。

肥料(氮磷钾)农学利用率(agronomic efficiency of applied N, AEN, kg/kg)=[养分(氮磷钾)施用区作物产量—养分(氮磷钾)不施用区作物产量]/养分(氮磷钾)施用量。

肥料(氮磷钾)偏生产力(partial factor productivity of applied N, PFPN, kg/kg),指单位投入的养分(氮磷钾)所能生产的作物籽粒产量,即 $P_{PFPN}=Y/F$,Y为养分(氮磷钾)施用区的籽粒产量,F为养分(氮磷钾)施用量。

肥料(氮磷钾)贡献率(N fertilizer contribution rate, NCR, %)= [养分(氮磷钾)施用区产量—养分(氮磷钾)不施用区产量]/养分(氮磷钾)施用区产量×100。

肥料(氮磷钾)表观利用率(apparent recovery efficiency of applied N, REN, %)= [养分(氮磷钾)施用区的养分吸收量—养分(氮磷钾)不施用区的养分吸收量]/养分(氮磷钾)施用量×100。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel软件处理数据,DPS7.05版软件进行统计分析,用最小显著差异(LSD)多重比较。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾硼肥对籽粒产量的影响

由表1可知N,P,K,B养分缺肥处理的籽粒产量分别为2 571.1,2 593.9,2 336.1,2 607.0 kg/hm²,均

低于NPKB全素处理且高于空白对照,各处理间仅NPKB全素处理与对照达到显著水平,表明NPKB配合施用能显著提高油菜产量。而相较NPKB全素处理,不施K处理产量降低最多,不施N处理次之,之后为不施P和不施B处理。

表1 氮磷钾硼对产量的影响

| 处理 | 磷素积累量/(kg·hm ⁻²) | | | | |
|--------|------------------------------|---------|----------|---------|--|
| | 茎秆 | 果壳 | 籽粒 | 合计 | |
| NPKB | 1.24a | 2.44a | 15.82a | 19.50a | |
| PKB | 1.15a | 1.44bc | 14.68ab | 17.27ab | |
| NKB | 0.87a | 1.03c | 13.02abc | 14.92bc | |
| NPB | 1.13a | 2.06ab | 11.96bc | 15.16bc | |
| NPK | 1.23a | 1.46abc | 15.60a | 18.29ab | |
| 空白(CK) | 0.81a | 1.20bc | 10.91c | 12.91c | |

注:表中不同小写字母分别表示差异达显著($p<0.05$)水平。下同。

2.2 氮磷钾的吸收和分配

不同施肥处理对茎秆、果壳、籽粒和整株的氮素积累量有显著影响。茎秆、果壳和籽粒的氮素积累量均在NPKB处理下最高,空白处理下最低,说明施肥有利于各部位氮素的积累。NPKB处理籽粒中氮素积累量显著高于NKB处理和NPB处理,说明不施P和不施K会影响籽粒氮素的积累。NPKB处理整株的氮素积累量显著高于其他缺素处理,说明施用N,P,K,B均可以促进油菜植株的氮素积累量(表2)。

表2 氮磷钾硼施用对氮素积累的影响

| 处理 | 氮素积累量/(kg·hm ⁻²) | | | |
|--------|------------------------------|---------|----------|----------|
| | 茎秆 | 果壳 | 籽粒 | 合计 |
| NPKB | 25.04a | 24.62a | 85.02a | 134.68a |
| PKB | 18.04bc | 18.87ab | 75.21ab | 112.12b |
| NKB | 17.58bc | 18.21ab | 65.72bcd | 101.51bc |
| NPB | 22.28ab | 19.09ab | 61.27cd | 102.64bc |
| NPK | 19.59abc | 17.20ab | 73.74abc | 110.53b |
| 空白(CK) | 15.08c | 14.56b | 56.10d | 85.74c |

不同施肥处理对果壳、籽粒和整株的磷素积累量有显著影响。茎秆、果壳和籽粒的磷素积累量均在NPKB处理下最高,空白处理下最低,说明施肥有利于各部位磷素的积累。NPKB处理籽粒中氮素积累量显著高于NPB处理,说明不施K会影响籽

粒磷素的积累。NPKB处理整株的磷素积累量显著高于NKB处理和NPB处理,说明不施用P,K肥会影响油菜植株的磷素积累量(表3)。

表3 氮磷钾硼肥施用对磷素积累的影响

| 处理 | 磷素积累量/(kg·hm ⁻²) | | | |
|--------|------------------------------|---------|----------|---------|
| | 茎秆 | 果壳 | 籽粒 | 合计 |
| NPKB | 1.24a | 2.44a | 15.82a | 19.50a |
| PKB | 1.15a | 1.44bc | 14.68ab | 17.27ab |
| NKB | 0.87a | 1.03c | 13.02abc | 14.92bc |
| NPB | 1.13a | 2.06ab | 11.96bc | 15.16bc |
| NPK | 1.23a | 1.46abc | 15.60a | 18.29ab |
| 空白(CK) | 0.81a | 1.20bc | 10.91c | 12.91c |

不同施肥处理对茎秆、果壳、籽粒和整株的磷素积累量有显著影响。NPKB处理籽粒中钾素积累量显著高于NPB处理和NPK处理,说明不施K和不施B会影响籽粒钾素的积累。NPKB处理整株的钾素积累量显著高于NPB处理和NPK处理,说明不施用K,B肥会影响油菜植株的钾素积累量(表4)。

表4 氮磷钾硼肥施用对钾素积累的影响

| 处理 | 钾素积累量/(kg·hm ⁻²) | | | |
|--------|------------------------------|---------|---------|----------|
| | 茎秆 | 果壳 | 籽粒 | 合计 |
| NPKB | 10.79abc | 35.09a | 29.22a | 75.08a |
| PKB | 12.04ab | 26.86ab | 25.46ab | 64.37abc |
| NKB | 14.88a | 34.24a | 25.23ab | 74.36ab |
| NPB | 10.42abc | 21.14b | 21.69b | 53.25c |
| NPK | 9.33bc | 24.22ab | 23.12b | 56.67bc |
| 空白(CK) | 7.19c | 21.00b | 19.67b | 47.86c |

2.3 氮磷钾硼肥的养分利用效率

不同养分利用效率结果如表5所示,氮、磷、钾、硼肥的农学利用率分别为0.54,0.71,5.00,1.95 kg/kg,说明施用钾肥具有较高的籽粒增产量,而氮肥、磷肥和硼肥相对较低。硼肥偏生产力为175.75 kg/kg,高于氮、磷、钾肥。氮、磷、钾的肥料表观利用率方面钾肥利用率最高,达36.39%,磷肥表观利用率最低,为7.62%。氮、磷、钾、硼都是油菜生长不可缺少的营养元素,各种元素对油菜的生长和产量都有不同的作用和影响,而试验中各养分肥料贡献率由高到低依次为:K,N,P,B,说明试验点钾肥对山油4号产量影响最大,氮肥次之,磷肥、硼肥最后。

表5 氮磷钾硼肥的养分效率

| 养分类型 | 农学利用率 AEN/(kg·kg ⁻¹) | 偏生产力 PFPN/ (kg·kg ⁻¹) | 肥料表观 利用率 REN/% | 肥料贡 献率 NCR/% |
|------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| N | 0.54 | 21.97 | 18.80 | 1.64 |
| P | 0.71 | 43.94 | 7.62 | 0.82 |
| K | 5.00 | 43.94 | 36.39 | 11.15 |
| B | 1.95 | 175.75 | — | 0.01 |

3 讨论

本研究结果表明,氮、磷、钾、硼对油菜的产量均有促进作用,这与大部分研究^[4-6]结果一致,但不同研究中各元素对产量影响作用的大小却存在差异。结果的不同可能与试验区土壤条件、施肥方式、试验品种、田间密度等因素有关,而相关的研究也证明了这一推测。其中陈二影等^[23]、徐霞等^[24]、李文龙等^[25]的研究发现不同地力水平条件下不同肥料的适宜用量和增产作用大小不同,说明施肥效果与土壤地力条件相关;张勇等^[26]、王飞等^[27]、王富荣等^[28]研究发现肥料在不同生长期按照不同比例施用对产量和肥料利用率存在一定影响,说明施肥方式会影响施肥效果;张浩等^[29]、刘晓伟等^[30]、杨露^[31]、万何平等^[32]的研究发现不同品种对氮、钾、硼等元素的吸收利用存在差异,说明品种会影响肥料的吸收利用;朱珊等^[33]、王强^[34]的研究发现不同密度水平下油菜施肥水平和养分效率存在差异,说明种植密度也会影响肥料的吸收利用。不同施肥处理下油菜对各养分的吸收积累存在显著差异,说明施肥会影响油菜对养分的吸收,且各养分之间还存在着互作效应。本研究中钾肥对产量影响最大,且钾肥利用率最高,达36.39%,说明西藏油菜施肥应重视钾肥的增产作用。而通过调查发现,西藏大部分农户油菜种植中施肥以氮肥为主,磷肥为辅,钾肥、硼肥少用或基本不用,这也直接导致生产中钾的缺乏。试验中各养分肥料的利用率和贡献率并不高,这主要因为西藏农田主要以河谷冲积出的沙地为主,自身的保水保肥性较差,而施肥习惯性地将近大部分肥料作为基肥一次性施入,降低了肥料的吸收利用率。相同施肥量条件下增加施肥次数有利于提高肥料利用率和减少化肥用量^[35-36],说明开展肥料运筹研究对提高西藏肥料吸收利用效率同样具有重要意义。

4 结论

N,P,K,B 缺素处理的油菜籽产量均一定程度下降,分别比 NPKB 配施处理下降 2.47%,1.61%,11.39%,1.11%,不同施肥处理对油菜 N,P,K 的吸收和积累影响显著。钾肥的农学利用率和肥料贡献率最高,说明施钾肥对西藏河谷农区油菜增产作用较大,生产中应更加重视钾肥的合理使用。

参考文献:

- [1] 王瑞元. 中国食用植物油加工业的现状与发展趋势[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(3): 4-9.
- [2] 刘成, 冯中朝, 肖唐华, 等. 我国油菜产业发展现状、潜力及对策[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(4): 485-489.
- [3] 西藏自治区统计局 国家统计局西藏调查总队. 2019年西藏自治区国民经济和社会发展统计公报——2020年4月[N]. 西藏日报(汉), 2020-04-10(4).
- [4] BRENNAN R F, BOLLAND M D A. Effect of Fertiliser Phosphorus and Nitrogen on the Concentrations of Oil and Protein in Grain and the Grain Yield of Canola (Brassica Napus L.) Grown in South-Western Australia [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2007, 47(8): 984.
- [5] 韩上, 武际, 吴新民, 等. 安徽省直播冬油菜氮磷钾硼肥施用效果研究[J]. 中国土壤与肥料, 2015(1): 38-43.
- [6] 田正书, 赵凯琴, 李根泽, 等. 云南省主要油菜产区施肥现状调查与分析[J]. 西南农业学报, 2019, 32(7): 1586-1593.
- [7] 李志玉, 胡琼, 廖星, 等. 优质油菜中油杂8号施用氮磷钾肥的产量和品质效应[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(4): 59-63.
- [8] 王寅, 鲁剑巍. 中国冬油菜栽培方式变迁与相应的养分管理策略[J]. 中国农业科学, 2015, 48(15): 2952-2966.
- [9] 陈丁红, 胡国成, 俞光荣, 等. 油菜浙油50氮磷钾配比试验[J]. 浙江农业科学, 2013, 54(12): 1579-1581.
- [10] 石敏, 周元福, 唐云, 等. 油菜氮磷钾最佳施肥量及肥料利用率研究[J]. 耕作与栽培, 2013(2): 11-12, 16.
- [11] 邓力超, 薛灿辉, 范连益. 氮磷钾化肥与有机肥不同配比对油菜生长及产量、品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(5): 31-34.
- [12] 李明福, 李玉萍, 陈克龙, 等. 测土配方施肥对玉溪油菜生长与效益的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(3): 65-68.
- [13] 曾宇, 雷雅丽, 李京, 等. 氮、磷、钾用量与种植密度对油菜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 146-153.
- [14] 刘晓伟, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用[J]. 中国农业科学, 2011, 44(23): 4823-4832.
- [15] 邹娟, 鲁剑巍, 陈防, 等. 长江流域油菜氮磷钾肥料利用率现状研究[J]. 作物学报, 2011, 37(4): 729-734.
- [16] 李施蒙, 袁玉婷, 尼玛次仁, 等. 播期、播种量及施氮量对直播油菜大地95产量及农艺性状的影响[J]. 广东农业科学, 2020, 47(7): 1-8.