

凡迪, 魏全全, 肖华贵, 等. 优化肥药模式对贵州喀斯特山区直播冬油菜产量及经济效益的影响[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(3): 194-202.  
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.03.020

## 优化肥药模式对贵州喀斯特山区直播冬油菜产量及经济效益的影响

凡迪<sup>1</sup>, 魏全全<sup>2</sup>, 肖华贵<sup>3</sup>, 饶勇<sup>3</sup>, 杨斌<sup>3</sup>, 冯泽蔚<sup>1</sup>, 冯文豪<sup>1</sup>, 曾涛<sup>1</sup>

1. 贵州省农作物技术推广总站, 贵阳 550001; 2. 贵州省农业科学院土壤肥料研究所, 贵阳 550006;  
3. 贵州省农业科学院油料研究所, 贵阳 550006

**摘要** 为优化贵州喀斯特山区直播冬油菜肥药模式, 于2018—2019年和2019—2020年在贵州省11个冬油菜主产县(市、区)连续2 a开展田间试验, 研究不同肥药模式(T1: 传统肥药模式、T2: 优化肥药模式、T3: 优化肥药模式下不施用化肥和T4: 优化肥药模式下不喷施农药)对直播冬油菜产量及经济效益的影响, 探讨适合贵州喀斯特山区直播冬油菜生产的高产高效肥药技术。结果显示, 与T1相比, T2总养分投入量减少19.9%, 农药投入量减少69.5%。T2模式(直播冬油菜)株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度、角果密度、单株角果数、每角粒数和千粒重均低于T1处理, 2018—2019年T2处理的株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度和角果密度分别比T1处理低9.8%、26.4%、10.9%、10.2%和24.2%, 2019—2020年分别低9.5%、28.3%、12.8%、10.9%、23.9%; 但T2处理有群体优势, 2 a收获密度较T1处理分别显著增加199.0%、194.2%。2 a T2冬油菜产量分别为2 224.4和2 103.3 kg/hm<sup>2</sup>, 较T1分别增加10.1%和3.7%。T2化肥利用效率和农药防治效率2 a分别为2.20、2.14和141.82、106.23 kg/kg, 显著高于T1。T2冬油菜2 a产值和净收益分别为11 121.8、10 516.4和5 286.8、4 681.4元/hm<sup>2</sup>, 较T1分别增加1 020.0、371.6和2 625.0、1 976.6元/hm<sup>2</sup>, 实现节本增收。结果表明, 当前优化肥药模式(T2)能够满足贵州喀斯特山区直播冬油菜生长, 能有效提高冬油菜产量、肥料和农药利用效率及经济效益, 此优化肥药模式可作为贵州喀斯特山区直播冬油菜生产的主推模式进行推广应用。

**关键词** 直播冬油菜; 肥药模式; 喀斯特山区; 产量; 经济效益

**中图分类号** S565.4; S363 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)03-0194-09

冬油菜是贵州省重要的油料作物, 贵州省冬油菜常年种植面积在49.33万hm<sup>2</sup>以上(<http://hgk.guizhou.gov.cn/publish/tj/2019/zk/indexch.htm>), 发展冬油菜生产对维持和促进贵州省粮油安全和经济发展具有重大意义。随着冬油菜产业的发展, 由于连年追求过高的产量和经济效益, 重化肥轻有机肥、过量施用化肥农药等不合理栽培问题愈发严重<sup>[1]</sup>, 使得原本基础地力就很薄弱的喀斯特黄壤质量进一步恶化<sup>[2]</sup>, 并导致冬油菜产量和品质以及土壤养分利用率降低, 严重制约贵州冬油菜产业的可持续发展。因此, 解决冬油菜高产和合理肥药模式的平衡问题, 构建冬油菜高产高效的栽培模式十分重要。目前, 我国在多种作物上开展了高产高效栽培模式的研究并

取得一系列成果。褚光等<sup>[3]</sup>采用“减少播量、培育壮秧, 增密减氮、前氮后移, 轻度干湿交替灌溉”等关键栽培技术, 优化水稻栽培模式, 实现了肥水利用效率的提高, 增加了水稻产量。丁锦峰等<sup>[4]</sup>通过“适量增密、适度减肥、前氮后移、精准施肥”的高效协同栽培模式实现了稻茬小麦高产、氮肥高效。曹玉军等<sup>[5]</sup>研究表明, “增加密度、氮肥减量分次施用, 配套秋季深翻、夏季深松”的高产高效模式, 可以实现春玉米产量和氮效率的同步提高。柳燕兰等<sup>[6]</sup>的研究表明, “全膜覆盖垄沟种植、控制株距、减少密度、减施缓释尿素40%并有机替代”能够实现提高水分和养分利用效率, 实现马铃薯增产和资源高效利用协同发展。同时, 长江流域冬油菜高产栽培技术研究也取得较

收稿日期: 2023-10-20

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0200903); 国家油菜产业技术体系建设专项(CARS-12); 贵州省粮油绿色高产高效技术推广专项(黔农计财[2021]8号); 贵州省粮油绿色高产高效技术推广专项(黔农计财[2022]4号)

凡迪, E-mail: 410509115@qq.com

通信作者: 曾涛, E-mail: 568371935@qq.com

大进展,王寅等<sup>[7]</sup>研究表明在30万株/hm<sup>2</sup>种植密度、秸秆还田和加强病虫害防治的基础上进行优化施肥,可保障直播冬油菜产量和养分吸收效率的协同提升。贵州喀斯特黄壤区农业种植区气候立体,不同地区气候不同,共分为4个油菜种植区<sup>[8]</sup>,同时地形较为特殊,平原较少,山区丘陵较多,冬油菜机械化操作程度相对较低,不宜直接引入长江中下游冬油菜种植发达地区的高效栽培模式,需科学合理建立满足贵州喀斯特山区的直播冬油菜高产高效种植模式。2018—2020年,在国家化肥农药减施重点研发专项及贵州省粮油绿色高产高效技术推广项目的资助下,贵州省农作物技术推广总站联合贵州省农业科学院油料研究所及各生态区油菜生产大县,持续开展贵州喀斯特山区冬油菜化肥农药减施技术集成与示范工作,在明确稻田油菜、旱地油菜养分需求规律的基础上,结合贵州省农业科学院油料研究所于2018年颁布的《油菜机耕分厢定量直播栽培技术规程》<sup>[9]</sup>,开展了直播氮高效抗逆冬油菜品种筛选<sup>[10]</sup>、种子包衣<sup>[11]</sup>、定量直(机)播<sup>[12]</sup>、秸秆还田与增施有机肥<sup>[13]</sup>、一次性缓控释肥应用<sup>[14]</sup>、诊断追肥和综合除草防虫防病等单项技术研究,形成了“油菜缓

控释肥专用肥应用及有机补充/替代+病虫害绿色高效防控+优化栽培”模式的浅耕分厢定量直播冬油菜化肥农药施用技术模式。为验证该模式的可行性,2018—2020年在贵州省油菜主产区黔中亚区和黔东亚区的11个县(市区)进行了大田试验,探究不同肥药模式对贵州喀斯特山区直播冬油菜生长、产量和经济效益的影响,旨在为贵州喀斯特山区直播冬油菜高产高效肥药模式的推广应用提供理论和实践基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1)油菜品种。水旱轮作是贵州省重要的农作物种植模式,由于油菜-水稻轮作茬口紧,本研究供试冬油菜品种均为通过贵州区域登记的耐渍与养分高效、抗(耐)病性好、适宜机械化收获的中早熟油菜品种,包括黔油早2号(由贵州省农业科学院油料研究所选育)、阳光131(由中国农业科学院油料作物研究所选育)和油研早18(由贵州省农业科学院油菜研究所选育)等,各地区根据具体情况选择相应品种(表1)。

表1 不同地区冬油菜品种及前茬作物

Table 1 Winter rapeseed varieties and previous crops in different regions

地区 Regions	油菜品种 Winter rapeseed varieties	前茬作物 Previous crops	所属贵州油菜种植区 Winter rapeseed planting area of Guizhou
金沙 Jinsha	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	黔中黔东黔北油菜区黔中亚区 Central, eastern, and northern Guizhou winter rapeseed areas central subregion
黔西 Qianxi	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	
播州 Bozhou	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	
西秀 Xixiu	阳光131 Yangguang No.131	水稻 Rice	
绥阳 Suiyang	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	
瓮安 Weng'an	阳光131 Yangguang No.131	水稻 Rice	
平坝 Pingba	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	
开阳 Kaiyang	黔油早2号 Qianyouzao No.2	水稻 Rice	
余庆 Yuqing	油研早18 Youyanzao No.18	水稻 Rice	黔中黔东黔北油菜区黔东亚区 Central, eastern, and northern Guizhou winter rapeseed areas eastern subregion
碧江 Bijiang	油研早18 Youyanzao No.18	水稻 Rice	
黎平 Liping	阳光131 Yangguang No.131	水稻 Rice	

2)肥料。常规复合肥(14-16-15),由贵州西洋肥业有限公司生产;宜施壮油菜专用缓释肥(25-7-8),由湖北宜施壮农业科技有限公司生产;尿素(含N 46%),由贵州赤天化股份有限公司生产。

3)农药。高效氟吡甲禾灵(10.8%)、草除灵(30%)、高效氟氯氰菊酯(10%)、咪鲜胺(45%~50%)、草除灵(30%)、精喹禾灵乳油(8.8%)和多菌

灵可湿性粉剂(25%~60%),市购。

### 1.2 试验设计

田间试验于2018—2019年和2019—2020年分别在贵州省11个冬油菜主产县(市、区)进行,均位于黔中黔东黔北油菜区,其中贵州省贵阳市开阳县,遵义市播州区、绥阳县和余庆县,毕节市黔西市和金沙县,安顺市西秀区和平坝区,黔南州瓮安县,位于黔

中黔东黔北油菜区黔中亚区;铜仁市碧江区和黔东南州黎平县,位于黔中黔东黔北油菜区黔东亚区。试验区土壤均为贵州喀斯特黄壤区。各试验点土壤基础理化性质见表2。

表2 不同地区土壤基础理化性状

Table 2 Physical and chemical properties of soil in the experimental sites

地区 Regions	pH	全氮/(g/kg) Total nitrogen	有机质/(g/kg) Organic matter	有效磷/(mg/kg) Available phosphorus	速效钾/(mg/kg) Available potassium
金沙 Jinsha	5.9	1.20	22.39	13.62	122.8
黔西 Qianxi	6.5	1.21	23.55	13.15	118.3
播州 Bozhou	6.2	1.38	25.08	15.80	127.1
西秀 Xixiu	6.0	1.04	16.37	10.69	100.2
绥阳 Suiyang	6.1	1.25	26.56	12.96	115.9
瓮安 Weng'an	6.2	1.02	15.41	9.89	95.4
平坝 Pingba	6.3	1.46	26.33	16.04	125.7
开阳 Kaiyang	5.9	0.97	15.11	9.94	98.3
余庆 Yuqing	6.0	1.25	24.11	13.64	115.4
碧江 Bijiang	6.1	1.23	23.15	14.21	120.4
黎平 Liping	6.0	1.18	20.98	14.51	119.6

1)2018—2019年。采用大区无重复试验设计,每个大区面积为100 m<sup>2</sup>,设4个处理:T1,传统肥药模式,即根据11个县市实际调查情况结合贵州省农民普遍种植方式和传统栽培措施确定。具体操作:秸秆不还田,油菜移栽密度10.5万株/hm<sup>2</sup>;采用常规复合肥作为基肥,用量为600.0 kg/hm<sup>2</sup>,越冬期追施尿素150.0 kg/hm<sup>2</sup>,蕾薹期追施尿素150 kg/hm<sup>2</sup>(纯养分投入分别为N 222.0 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 90.0 kg/hm<sup>2</sup>);移栽苗7~8叶期时,喷施30%草除灵悬水剂0.90 L/hm<sup>2</sup>和8.8%精喹禾灵乳油0.75 L/hm<sup>2</sup>除草;初花期,用25%多菌灵可湿性粉剂4.50 kg/hm<sup>2</sup>防治菌核病。T2,优化肥药模式,即通过优化施肥施药和秸秆覆盖还田实现化肥农药的科学施用,具体操作:秸秆粉碎还田,抢墒机械浅耕开沟起厢;采用人工或者机械在起好的厢面上定量种肥同播(条播),肥料采用宜施壮油菜专用缓释肥,用量为750.0 kg/hm<sup>2</sup>,油菜播种量为6.0 kg/hm<sup>2</sup>,播种前采用

40%溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂进行种子包衣,越冬期追施尿素60.0 kg/hm<sup>2</sup>(纯养分投入分别为N 214.5 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.5 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 60.0 kg/hm<sup>2</sup>);油菜5~7叶期,用10.8%高效氟吡甲禾灵乳油0.375 L/hm<sup>2</sup>+30%草除灵悬浮剂0.525 L/hm<sup>2</sup>复配喷施茎叶除草;油菜初花期-青菜期用2.5%高效氟氯氰菊酯0.450 L/hm<sup>2</sup>+45%咪鲜胺0.525 L/hm<sup>2</sup>喷雾防治蚜虫和菌核病,与T1相比,优化肥药模式总养分投入量减少19.9%,农药投入量减少69.5%。T3,优化肥药模式下不施用化肥,即不施用任何化肥,其他栽培措施同T2处理。T4,优化肥药模式下不喷施农药,即不喷施任何农药,其他栽培措施同T2处理。具体投入量见表3。

2)2019—2020年。采用大区无重复试验设计,每个大区面积为100 m<sup>2</sup>,设4个处理,所有处理均与2018—2019年处理相同。各处理完全随机排列。

表3 各处理冬油菜化肥和农药投入量

Table 3 Fertilizer and pesticide input of winter rapeseed in each treatment

处理 Treatment	化肥投入量 Fertilizer input			农药投入量 Pesticide input		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	除草剂 Herbicide	杀虫剂 Pesticide	杀菌剂 Fungicide
T1	222.0	96.0	90.0	1.65	0.00	4.500
T2	214.5	52.5	60.0	0.90	0.45	0.525
T3	0.0	0.0	0.0	0.90	0.45	0.525
T4	214.5	52.5	60.0	0.00	0.00	0.000

### 1.3 测定项目

1)冬油菜生长性状及产量构成因子调查。于5月初冬油菜成熟收获前7~10 d,每处理选取生长

一致且有代表性的植株10株,测定株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度和角果密度等生长性状指标,同时调查单株角果数、每角粒数和千粒重等产

量构成因子。其中,密度调查采用1 m<sup>2</sup>样方尺调查。

2)冬油菜产量。冬油菜收获时,各个小区油菜籽实收实打。各个小区油菜籽风干至恒质量,换算含水量,依据各小区油菜籽含水量依次折算各个小区油菜籽产量。计算收获指数、化肥农学效率、农药防治效率、产投比。

采用Excel 2007进行数据统计分析,LSD法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理的冬油菜生长性状

由表4可知,不同处理的冬油菜生长性状存在差异。与T1处理相比,由于种植方式不同,2018—

2019年T2处理的株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度和角果密度分别比T1处理低9.8%、26.4%、10.9%、10.2%、24.2%,2019—2020年分别比T1处理低9.5%、28.3%、12.8%、10.9%、23.9%。而当T2处理下不施用化肥(T3)或者不喷施农药(T4)时,冬油菜生长指标均低于T1处理,且以T3处理最低,2018—2019年T3处理的株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度和角果密度分别仅为138.6 cm、0.79 cm、5.3个、5.43 cm和0.90个/cm,2019—2020年T3处理的株高、茎粗、一次有效分枝数、角果长度和角果密度分别仅为137.3 cm、0.77 cm、5.2个、5.41 cm和0.87个/cm。说明当肥药模式优化后,施用化肥和喷施农药均为必要条件,其中化肥作用大于农药。

表4 不同处理冬油菜收获期植株性状

Table 4 Growth characters of winter rapeseed of different treatments

处理 Treatment	株高/cm Plant height		茎粗/cm Rootstock diameter		一次有效分枝数 1 st branch		角果长度/cm Pod length		角果密度/(个/cm) Pod density	
	2018— 2019	2019— 2020	2018— 2019	2019— 2020	2018— 2019	2019— 2020	2018— 2019	2019— 2020	2018— 2019	2019— 2020
T1	190.8a	191.5a	1.63a	1.66a	9.1a	9.4a	7.63a	7.72a	1.53a	1.55a
T2	172.1b	173.3b	1.20b	1.19b	8.1b	8.2b	6.85ab	6.88b	1.16b	1.18b
T3	138.6c	137.3c	0.79c	0.77c	5.3c	5.2c	5.43b	5.41b	0.90c	0.87c
T4	170.2b	171.0b	1.08b	1.10b	7.8b	7.7b	6.57ab	6.55b	1.11b	1.08b

注:表中同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。Note: Different lowercase letters within the same column indicate significant differences ( $P<0.05$ ). The same as below.

### 2.2 不同处理的冬油菜产量

由表5可见,优化肥药模式能提高冬油菜产量。2018—2019年,与T1处理相比,T2处理冬油菜平均产量达到2 224.4 kg/hm<sup>2</sup>,增加10.1%;收获指数为0.339,增加3.3%;表明通过优化化肥和农药的施用,11个冬油菜主产县市区冬油菜产量均呈显著增加趋势,高于传统肥药模式。而当T2处理下不施用化肥(T3)或者不喷施农药(T4)时,冬油菜产量和收获指数均显著低于T2处理,且以T3处理最低,平均产量和收获指数分别仅为1 506.4 kg/hm<sup>2</sup>和0.322,说明优化肥药模式不施用化肥或不喷施农药,均不能达到冬油菜产量要求,其中化肥作用显著大于农药。与T1处理相比,T3和T4处理的冬油菜产量分别降低25.4%、3.1%。与2018—2019年试验结果相似,2019—2020年,与T1处理相比,T2处理冬油菜产量达到2 103.3 kg/hm<sup>2</sup>,增加3.7%;收获指数为0.342,增加3.3%,表明当化肥和农药优化施用后,冬油菜产

量和收获指数均优于传统肥药模式。

### 2.3 不同处理的冬油菜产量性状

直播冬油菜产量取决于种植密度、单株角果数、每角粒数和千粒重,而种植方式是直接影响种植密度、单株角果数、每角粒数和千粒重的重要因素。由表6可知,由于T2处理冬油菜为直播种植方式,2 a单株角果数、每角粒数和千粒重均显著低于T1处理,其中2018—2019年分别降低39.6%、24.0%、6.6%,2019—2020年分别降低38.8%、20.6%、6.6%,但是由于优化了化肥和农药,保证了冬油菜成活率,2 a平均密度分别达到31.4万株/hm<sup>2</sup>和30.9万株/hm<sup>2</sup>,比T1处理显著增加199.0%和194.2%,产量高于T1处理。而当T2处理下不施用化肥(T3处理)或者不喷施农药(T4处理)时,冬油菜产量性状下降,2018—2019年T3处理冬油菜密度、单株角果数、每角粒数和千粒重分别为21.2万株/hm<sup>2</sup>、76.0个、15.3个和3.01 g;2019—2020年分别为20.8万株/hm<sup>2</sup>、75.1个、14.7个和2.98 g。

表5 试验区不同处理冬油菜产量

Table 5 Yield of winter rapeseed of different treatments in different regions

kg/hm<sup>2</sup>

试验点 Regions	T1		T2		T3		T4	
	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020
金沙 Jinsha	2 212.5	2 287.5	2 239.5	2 347.5	1 479.0	1 358.1	2 158.5	2 100.3
黔西 Qianxi	2 248.5	2 352.0	2 307.0	2 413.5	1 720.5	1 708.3	2 112.0	2 085.4
播州 Bozhou	2 373.0	2 365.5	2 457.0	2 424.0	1 516.5	1 482.7	2 238.0	2 158.9
西秀 Xixiu	1 684.5	2 224.5	2 202.0	2 284.5	1 476.0	1 414.2	1 657.5	1 786.3
绥阳 Suiyang	2 179.5	1 887.0	2 287.5	1 953.0	1 773.0	1 448.5	2 133.0	1 759.7
瓮安 Weng'an	1 513.5	1 483.5	1 686.0	1 564.5	1 435.5	1 253.1	1 485.0	1 401.7
平坝 Pingba	2 382.0	2 481.0	2 682.0	2 544.0	1 488.0	1 412.7	2 238.0	2 300.2
开阳 Kaiyang	1 647.0	1 689.0	1 791.0	1 795.5	1 233.0	1 114.2	1 581.0	1 598.7
余庆 Yuqing	2 038.5	1 852.5	2 373.0	1 929.0	1 627.5	1 571.4	1 965.0	1 911.4
碧江 Bijiang	2 067.0	1 924.5	2 215.5	2 022.0	1 564.5	1 479.8	2 058.0	1 985.3
黎平 Liping	1 878.0	1 771.5	2 227.5	1 858.5	1 257.0	1 188.9	1 917.0	1 857.2
平均 Mean	2 020.4ab	2 029.0a	2 224.4a	2 103.3a	1 506.4c	1 402.9b	1 958.5b	1 904.1a
产量较T1增加 Increase compared with T1	—	—	204.0	74.3	-514.0	-626.1	-61.9	-124.9
收获指数 Harvest index	0.328	0.331	0.339	0.342	0.322	0.319	0.325	0.323

注:表中平均值后不同小写字母表示试验点产量差异显著( $P<0.05$ )。下同。Note: Different lowercase letters after means indicate significant differences between regions( $P<0.05$ ).

表6 不同处理冬油菜产量构成因子

Table 6 Yield of components of different treatments

处理 Treatment	密度/(万株/hm <sup>2</sup> ) Plant density		单株角果数 Pods per plant		每角粒数 Seeds per plant		千粒重/g 1 000-seed weight	
	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020
T1	10.5c	10.5c	271.3a	273.9a	25.8a	26.1a	3.33a	3.35a
T2	31.4a	30.9a	163.8b	167.5b	19.6b	20.7b	3.11b	3.13b
T3	21.2b	20.8b	76.0b	75.1c	15.3c	14.7c	3.01c	2.98c
T4	29.7a	29.5b	151.9b	146.4b	18.0b	17.9b	3.08b	3.06b

## 2.4 不同处理化肥和农药的利用率

由表7可知,优化肥药模式通过集成和优化化肥与农药施用方法,在化肥和农药减施的情况下,可以提高化肥农学效率和农药防治效果。2018—2019年,T2处理化肥农学效率为2.20 kg/kg,较T1处理显著增加74.6%。在农药防治效率方面,T2处理农药防治效率为141.82 kg/kg,比T1处理高13.08倍;2019—2020年,T2处理化肥农学效率为2.14 kg/kg,较T1处理显著增加39.6%。在农药防治效率方面,T2处理农药防治效率为106.23 kg/kg,显著高于T1处理。以上结果表明,优化肥药模式通过优化肥料和农药的施用,提高了化肥和农药的利用效率,进而

表7 不同处理冬油菜化肥和农药的利用效率

Table 7 Utilization efficiency of chemical fertilizer and pesticide of winter rapeseed

under different treatments kg/kg

处理 Treatment	化肥农学效率 Agronomic efficiency of fertilizer		农药防治效率 Pesticide control efficiency	
	2018—2019	2019—2020	2018—2019	2019—2020
T1	1.26b	1.53b	10.07b	20.30b
T2	2.20a	2.14a	141.82a	106.23a

增加了冬油菜产量。

## 2.5 不同处理冬油菜的经济效益

进一步分析冬油菜经济效益(表8),优化肥药模

式能有效减少化肥和农药的投入成本,增加冬油菜经济效益。T2处理总成本投入为5 835元/hm<sup>2</sup>,较T1处理低21.6%,主要是由于T2处理冬油菜种植方式为直播,节省了移栽劳动力;同时T2处理优化了化肥和农药施用量和施用次数。T2处理由于优化和集成化肥和农药的施用方法,在化肥和农药减施的情况下,冬油菜产量和产值较T1处理均有增加的趋势,

2a产值分别为11 121.8和10 516.4元/hm<sup>2</sup>,分别平均增加1 020和371.6元/hm<sup>2</sup>。T2处理2a冬油菜平均净收益分别为5 286.8和4 681.4元/hm<sup>2</sup>,分别高于T1处理2 625.0和1 976.6元/hm<sup>2</sup>,实现了节本增收。T2处理2a平均产投比分别为1.906和1.802,分别高于T1处理40.3%和32.1%。

表8 不同处理冬油菜经济效益分析

Table 8 Economic benefit analysis of winter rapeseed of different treatments

元/hm<sup>2</sup>

时间 Time	处理 Treatment	成本 Cost					油菜籽 总产值 Total output value	净收益 Net benefit	节本增收 Income increase	产投比 Output/ input ratio
		种子 Seed	肥料 Fertilizer	农药 Pesticide	其他 Others	合计 Total				
2018—2019	T1	150	3 000	540	3 750	7 440	10 101.8	2 661.8	—	1.358
	T2	600	2 625	360	2 250	5 835	11 121.8	5 286.8	2 625.0	1.906
2019—2020	T1	150	3 000	540	3 750	7 440	10 144.8	2 704.8	—	1.364
	T2	600	2 625	360	2 250	5 835	10 516.4	4 681.4	1 976.6	1.802

注:油菜籽总产值=籽粒产量×籽粒价格;净收益=油菜籽总产值—成本总投入。2018—2019年各区域平均油菜籽收购价格为5.0元/kg,14-16-15复合肥4.0元/kg,25-7-8油菜专用肥3.5元/kg,尿素2.0元/kg,种子100元/kg,其他成本主要包括机械整地和机械收获。2019—2020年各区域平均油菜籽收购价格为5.0元/kg,14-16-15复合肥4.0元/kg,25-7-8油菜专用肥3.5元/kg,尿素2.0元/kg,种子100元/kg,其他成本主要包括机械整地和机械收获。Note: Total output value of rapeseed=Grain yield×grain price; Net income=Total output value of rapeseed—total cost input. From 2018 to 2019, the average purchase price of rapeseed in each region was 5.0 yuan/kg, 14-16-15 compound fertilizer was 4.0 yuan/kg, 25-7-8 rape special fertilizer was 3.5 yuan/kg, urea was 2.0 yuan/kg, and seed was 100 yuan/kg. Other costs mainly included mechanical land preparation and mechanical harvesting. From 2019 to 2020, the average purchase price of rapeseed in each region is 5.0 yuan/kg, 14-16-15 compound fertilizer is 4.0 yuan/kg, 25-7-8 rape special fertilizer is 3.5 yuan/kg, urea is 2.0 yuan/kg, and seed is 100 yuan/kg. Other costs mainly include mechanical land preparation and mechanical harvesting.

### 3 讨论

贵州省是我国唯一没有平原支撑的省份,大型机械推广较难,导致冬油菜种植仍然以人工为主,同时由于劳动力向城市转移,造成冬油菜栽培模式由传统育苗移栽向直播方向转变,因此如何使直播冬油菜获得高产成为贵州喀斯特山区冬油菜良性发展的关键;同时由于贵州省夏季作物秸秆资源丰富<sup>[15]</sup>,通常会被焚烧处理,如不能科学合理利用,不仅造成资源浪费,还对环境造成污染。贵州气候立体,不同地区气候不同,油菜生长环境也不同,共分为4个油菜种植区域<sup>[7]</sup>,由于黔中黔东黔北油菜区为贵州油菜生长的适宜区,是贵州油菜籽发展的重点产区,因此,本研究在该区域11个冬油菜主产县市区进行了大田试验。值得注意的是,本试验均布置在水旱轮作区,由于油菜-水稻轮作茬口紧,本试验所选品种均为中早熟油菜品种,未能体现优化肥药模式对中晚熟油菜品种的影响,因此,在未来的研究中应注重油菜品种的选择。另外,本研究主要集中在黔中黔

东黔北油菜区,并未涉及黔南油菜区、黔西北油菜区和黔西油菜区,主要原因是黔南油菜区和黔西北油菜区生态环境属油菜生长的次适宜区,油菜种植面积较小,单产较低;黔西油菜区冬季气温低,霜冻危害严重,影响油菜的正常生长发育,不宜发展秋播油菜,但可利用夏秋有利条件,开展杂交油菜的亲本繁殖和制种鉴定,因此,在未来的研究中应将本优化肥药模式推广至黔南油菜区、黔北油菜区和黔西油菜区并加以验证。

合理施用化肥和农药是冬油菜绿色高效、高产稳产的重要保障因素<sup>[16-18]</sup>。本试验条件下,与T1处理相比,T3和T4处理的冬油菜产量分别降低25.4%和3.1%,说明化肥和农药仍是影响冬油菜产量形成的关键因子,其中化肥最重要。当秸秆还田以及优化施用化肥和农药后,总养分投入量减少19.9%,农药投入量减少69.5%,2a T2处理冬油菜平均产量分别达到2 224.4 kg/hm<sup>2</sup>和2 103.3 kg/hm<sup>2</sup>,高于T1处理10.1%和3.7%,达到稳产或略微增产的目的,同时节本增收2 625.0元/hm<sup>2</sup>和1 976.6元/hm<sup>2</sup>,实现节

本增效,说明通过科学合理地调整化肥和农药的施用,可以达到冬油菜增产稳产的目标。但本研究冬油菜产量也略低于长江中下游地区<sup>[7,19-20]</sup>,可能是由于地形(喀斯特山区)和气候(光照、气候等)差异的原因导致。因此,在以后的研究中,应注重地形和气候因素对冬油菜产量和养分资源利用影响的研究。本研究中发现,11县市区的冬油菜产量不尽相同,优化肥药模式处理中油菜产量最高为平坝区(2 682.0 kg/hm<sup>2</sup>),最低为瓮安县,仅为1 686.0 kg/hm<sup>2</sup>,相差996.0 kg/hm<sup>2</sup>,可能是由于不同地区的基础地力不同造成的,基础地力较高的试验点冬油菜产量较高;同时相同地区不同年份的冬油菜产量差异不大,说明气候因素引起的差异不大。值得注意的是,T4处理冬油菜产量较T1处理仅减产3.1%,这可能是由于贵州地区特有的喀斯特山区气候导致冬油菜病虫害发病率较轻有关,相对而言,由于喀斯特山区油菜病虫害灾害发生较轻,对油菜籽产量影响较小。优化肥药模式可以使冬油菜增产稳产,达到减肥增效的目的,同时冬油菜高产高效栽培模式是多项技术共同集成的综合管理模式,如何使各项技术发挥最大优势,应进一步深入研究冬油菜高产高效栽培技术,最终实现冬油菜产量与资源高效利用的协同发展,形成理论体系并为贵州喀斯特山区冬油菜产业的发展提供理论和实践基础。

本试验通过集成“油菜缓控释肥专用肥应用及有机补充/替代+病虫害绿色高效防控+优化栽培”贵州喀斯特山区冬油菜优化肥药模式,减少了化肥和农药施用量,提高了资源利用效率,具有减肥减药增效的效果,同时能保证直播冬油菜稳产增产,节本增效,实现贵州喀斯特山区冬油菜轻简化种植,具有较大的应用推广潜力。

## 参考文献References

- [1] 鲁剑巍,任涛,李小坤,等.我国冬油菜养分精准调控策略与高效施肥技术体系[J].华中农业大学学报,2023,42(6):18-25.LU J W, REN T, LI X K, et al.Strategy of precisely controlling nutrient and system of efficient fertilization technology for winter rapeseed in China[J].Journal of Huazhong Agricultural University, 2023, 42(6): 18-25 (in Chinese with English abstract).
- [2] 苟久兰,魏全全,张萌,等.适应贵州黄壤生长的高氮绿肥品种筛选[J].种子,2019,38(10):127-131.GOU J L, WEI Q Q, ZHANG M, et al.Screening of high-nitrogen plant varieties to fertilizers adapted to growing in yellow soil of Guizhou[J]. Seed, 2019, 38(10): 127-131 (in Chinese with English abstract).
- [3] 褚光,徐冉,陈松,等.优化栽培模式对水稻根-冠生长特性、水氮利用效率和产量的影响[J].中国水稻科学,2021,35(6):586-594.CHU G, XU R, CHEN S, et al.Effects of improved crop management on growth characteristic of root and shoot, water and nitrogen use efficiency, and grain yield in rice [J].Chinese journal of rice science, 2021, 35(6): 586-594 (in Chinese with English abstract).
- [4] 丁锦峰,徐东忆,丁永刚,等.栽培模式对稻茬小麦籽粒产量、氮素吸收利用和群体质量的影响[J].中国农业科学,2023,56(4):619-634.DING J F, XU D Y, DING Y G, et al.Effects of cultivation patterns on grain yield, nitrogen uptake and utilization, and population quality of wheat under rice-wheat rotation [J].Scientia agricultura sinica, 2023, 56(4): 619-634 (in Chinese with English abstract).
- [5] 曹玉军,姚凡云,吕艳杰,等.综合农艺措施实现东北玉米生产和环境效益及土壤肥力的同步提升[J].植物营养与肥料学报,2023,29(1):18-30.CAO Y J, YAO F Y, LÜ Y J, et al. Integrated agronomic measures increase maize production, environmental efficiency, and soil fertility in Northeast China [J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2023, 29(1): 18-30 (in Chinese with English abstract).
- [6] 柳燕兰,郭贤仕,张绪成,等.密度和施肥对旱地马铃薯干物质积累、产量和水肥利用的影响[J].作物学报,2021,47(2):320-331.LIU Y L, GUO X S, ZHANG X C, et al.Effects of planting density and fertilization on dry matter accumulation, yield and water-fertilizer utilization of dryland potato [J].Acta agronomica sinica, 2021, 47(2): 320-331 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王寅,李雅颖,鲁剑巍,等.栽培模式对直播油菜生长、产量和养分吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):597-607.WANG Y, LI Y Y, LU J W, et al.Effects of cultivation pattern on growth, seed yield, nutrient uptake and utilization of direct-sowing oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of plant nutrition and fertilizer, 2013, 19(3): 597-607 (in Chinese with English abstract).
- [8] 侯国佐.贵州油菜[M].贵阳:贵州科技出版社,2008.HOU G Z. Rapeseed of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2008(in Chinese).
- [9] 贵州省市场监督管理局.油菜机耕分厢定量直播栽培技术规程:DB52/T 1269-2018[S].贵阳:贵州省市场监督管理局,2018.Guizhou Provincial Market Supervision Administration. Technical regulation of cultivation of oil rape mechne-ploughed points compartment by direct seeding: DB52/T 1269-2018[S]. Guiyang: Guizhou Provincial Market Supervision Administration, 2018(in Chinese).
- [10] 魏全全,饶勇,张萌,等.适应贵州黄壤生长的氮高效油菜品种筛选[J].中国油料作物学报,2021,43(6):982-995.WEI Q Q, RAO Y, ZHANG M, et al.Screening of nitrogen efficient

- winter rapeseed varieties for growing in yellow soil in Guizhou Province[J]. Chinese journal of oil crop sciences, 2021, 43(6): 982-995 (in Chinese with English abstract).
- [11] 胡玲,高英,李华,等. 硼肥和包衣剂对冬油菜性状和产量效益的影响[J]. 农技服务, 2021, 38(6): 30-32. HU L, GAO Y, LI H, et al. Effects of boron fertilizer and coating agent on characters and yield benefit of winter rape[J]. Agricultural technology service, 2021, 38(6): 30-32 (in Chinese).
- [12] 魏全全,高英,苟久兰,等. 播种量和播种方式对冬油菜养分吸收利用及产量的影响[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(8): 182-191. WEI Q Q, GAO Y, GOU J L, et al. Effects of different sowing rates and sowing methods on the nutrient absorption, utilization and yield of winter rapeseed in yellow soil [J]. Journal of agricultural science and technology, 2022, 24(8): 182-191 (in Chinese with English abstract).
- [13] WEI Q Q, GOU J L, ZHANG M, et al. Nitrogen reduction combined with organic materials can stabilize crop yield and soil nutrients in winter rapeseed and maize rotation in yellow soil[J/OL]. Sustainability, 2022, 14(12): 7183 [2023-10-20]. <https://doi.org/10.3390/su14127183>.
- [14] 陈德珍,李奎,徐志丹,等. 甘蓝型冬油菜施用不同专用缓释肥的性状和产量效益差异[J]. 农技服务, 2021, 38(2): 27-29. CHEN D Z, LI K, XU Z D, et al. Characteristics and yield benefit differences of winter rapeseed with different special slow-release fertilizers[J]. Agricultural technology service, 2021, 38(2): 27-29 (in Chinese).
- [15] 张雅蓉,李渝,蒋大明,等. 贵州主要农作物秸秆资源分布及综合利用现状[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(8): 262-267. ZHANG Y R, LI Y, JIANG T M, et al. Distribution and comprehensive utilization of straw resources of main crops in Guizhou [J]. Guizhou agricultural sciences, 2015, 43(8): 262-267 (in Chinese with English abstract).
- [16] 鲁剑巍,任涛,丛日环,等. 我国油菜施肥状况及施肥技术研究展望[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(5): 712-720. LU J W, REN T, CONG R H, et al. Prospects of research on fertilization status and technology of rapeseed in China [J]. Chinese journal of oil crop sciences, 2018, 40(5): 712-720 (in Chinese with English abstract).
- [17] 鲁剑巍,王积军,任涛. 开展油菜减肥减药技术研究促进油菜产业高产高效绿色发展[J]. 中国农技推广, 2019, 35(S1): 182-183. LU J W, WANG J J, REN T. Carry out the research on weight loss and drug reduction technology of rapeseed to promote the high yield, high efficiency and green development of rapeseed industry [J]. China agricultural technology extension, 2019, 35(S1): 182-183 (in Chinese).
- [18] 王寅,汪洋,鲁剑巍,等. 直播和移栽冬油菜生长和产量形成对氮磷钾肥的响应差异[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 132-142. WANG Y, WANG Y, LU J W, et al. Response differences in growth and yield formation of direct-sown and transplanted winter oilseed rape to N, P and K fertilization [J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2016, 22(1): 132-142 (in Chinese with English abstract).
- [19] 方娅婷,任涛,张顺涛,等. 氮磷钾肥对旱地和水田油菜产量及养分利用的影响差异[J]. 作物学报, 2023, 49(3): 772-783. FANG Y T, REN T, ZHANG S T, et al. Different effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on oilseed rape yield and nutrient utilization between continuous upland and paddy-upland rotations [J]. Acta agronomica sinica, 2023, 49(3): 772-783 (in Chinese with English abstract).
- [20] 王昆昆,刘秋霞,朱芸,等. 稻草覆盖还田对直播冬油菜生长及养分积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(6): 1047-1055. WANG K K, LIU Q X, ZHU Y, et al. Effects of straw mulching on growth and nutrients accumulation of direct-sown winter oilseed rape [J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2019, 25(6): 1047-1055 (in Chinese with English abstract).

## Effects of optimizing models of fertilizer and pesticide on yield and economic benefits of winter rapeseed with direct seeding in Karst mountainous areas of Guizhou Province

FAN Di<sup>1</sup>, WEI Quanquan<sup>2</sup>, XIAO Huagui<sup>3</sup>, RAO Yong<sup>3</sup>, YANG Bin<sup>3</sup>,  
FENG Zewei<sup>1</sup>, FENG Wenhao<sup>1</sup>, ZENG Tao<sup>1</sup>

1. Guizhou Provincial Agricultural Technology Extension Station, Guiyang 550001, China;

2. Institute of Soil and Fertilizer, Guizhou Academy of Agricultural Science, Guiyang 550006, China;

3. Institute of Oil Crops, Guizhou Academy of Agricultural Science, Guiyang 550006, China

**Abstract** Field experiments were conducted in 11 major winter rapeseed producing counties (cities, districts) in Guizhou Province for two consecutive years from 2018 to 2019 and 2019 to 2020 to optimize

the models of fertilizer and pesticide for winter rapeseed with direct seeding in Karst mountainous areas of Guizhou Province. The effects of different models of fertilizer and pesticide including the traditional model of fertilizer and pesticide (T1), the optimized model of fertilizer and pesticide (T2), no fertilizer application under the optimized model of fertilizer and pesticide (T3), and no pesticide spraying under the optimized model of fertilizer and pesticide (T4) on the yield and economic benefits of winter rapeseed with direct seeding were studied. The techniques with high-yield and efficient fertilizer and pesticide suitable for winter rapeseed with direct seeding in Karst mountainous areas of Guizhou Province were explored. The results showed that the total nutrient input of T2 decreased by 19.9% and the pesticide input decreased by 69.5% compared with that of T1. The plant height, stem diameter, effective number of branches per shoot, pod length, pod density of winter rapeseed with direct seeding under T2 was lower than that under T1, with a decrease of 9.8%, 26.4%, 10.9%, 10.2%, 24.2% from 2018 to 2019, and 9.5%, 28.3%, 12.8%, 10.9% and 23.9%, from 2019 to 2020. T2 had an advantage of population with a significant increase in harvest density of 199.0% and 194.2% in two consecutive years compared to T1. In two consecutive years, the yield of winter rapeseed under T2 was 2 224.4 kg/hm<sup>2</sup> and 2 103.3 kg/hm<sup>2</sup>, increasing by 204.0 kg/hm<sup>2</sup> and 74.3 kg/hm<sup>2</sup> compared to that under T1. The utilization efficiency of fertilizer and control efficiency of pesticide under T2 was 2.20 kg/kg, 2.14 kg/kg and 141.82 kg/kg, 106.23 kg/kg, significantly higher than that under T1. The total output value and net benefit of winter rapeseed in two consecutive years under T2 was 11 121.8 yuan/hm<sup>2</sup>, 10 516.4 yuan/hm<sup>2</sup> and 5 286.8 yuan/hm<sup>2</sup>, 4 681.4 yuan/hm<sup>2</sup>, an increase of 1 020.0 yuan/hm<sup>2</sup>, 371.6 yuan/hm<sup>2</sup>, 26 285.0 yuan/hm<sup>2</sup> and 1 976.6 yuan/hm compared to that under T1, achieving cost savings and income increase. It is indicated that the optimized model of fertilizer and pesticide (T2) can meet the requirements for the growth of winter rapeseed with direct seeding in Karst mountainous areas of Guizhou Province, effectively improving the yield, the utilization efficiency of fertilizer and pesticide, and the economic benefits of winter rapeseed. This optimized model of fertilizer and pesticide (T2) can be promoted and applied as the main promotion model for the production of winter rapeseed with direct seeding in Karst mountainous areas of Guizhou Province.

**Keywords** winter rapeseed with direct seeding; the models of fertilizer and pesticide; Karst mountainous areas; yield; economic benefits

(责任编辑:张志钰)