

## 施肥对豫南稻-油轮作区甘蓝型油菜 产量和品质的影响

肖荣英<sup>1</sup>, 李银水<sup>2</sup>, 曹世攀<sup>1</sup>, 连子文<sup>1</sup>

(1. 信阳农林学院, 河南 信阳 464000; 2. 中国农业科学院油料作物研究所 / 农业农村部油料作物生物学与遗传育种重点实验室, 湖北 武汉 430062)

**摘要:** 为了研究施肥对油菜产量效果、经济效益和品质效益的影响, 在豫南稻-油轮作地区, 以双低品种和双高品种油菜为研究对象, 农民习惯施肥为对照, 研究了平衡施肥处理 (NPKB), 缺氮 (-N)、缺磷 (-P)、缺钾 (-K) 和缺硼 (-B) 对油菜产量效果、经济效益和品质效益的影响。结果表明, 两个品种平衡施肥处理 (NPKB) 的产量和经济效益均最高, 农民习惯施肥产量和经济效益显著低于平衡施肥处理 (NPKB)。德油 8 号产量降低 29%, 收益减少 1 290 元/hm<sup>2</sup>, 施肥效益降低 25%; 中油 821 产量降低 32%, 收益减少 2 225 元/hm<sup>2</sup>, 施肥经济效益降低 51%。氮、磷、钾、硼任一元素缺乏, 均显著降低油菜产量和经济效益, 双低油菜德油 8 号的产量分别降低了 32%、14%、20%、17%, 施肥经济效益分别减少了 1 544、401、626、1 310 元/hm<sup>2</sup>; 双高油菜中油 821 产量分别降低了 44%、27%、16%、35%, 施肥经济效益分别减少了 2 122、1 151、166、2 471 元/hm<sup>2</sup>; 两个品种平衡施肥处理 (NPKB) 的含油量显著高于其他处理, 硫甙和芥酸含量显著低于其他处理。相同的施肥条件下, 德油 8 号产量比中油 821 高 6.1% ~ 43.4%, 产值增加 365 ~ 1 987 元/hm<sup>2</sup>, 施肥经济效益提高 8% ~ 52%。说明在相同的施肥及栽培条件下, 双低油菜比双高油菜高产高效, 在豫南稻-油轮作区油菜种植中应选择双低油菜品种, 并重视氮、磷、钾、硼的合理配施, 以获得高产高效, 提升油菜籽品质。

**关键词:** 稻-油轮作; 油菜; 产量; 经济效益; 品质

河南省位于长江流域冬油菜种植区, 常年种植面积 33 万 ~ 44 万 hm<sup>2</sup>, 豫南地区油菜种植面积占河南省油菜种植面积的 70% 左右。其中信阳地区是农业部《优势农产品区域布局规划》中长江中游冬油菜种植优势区域之一。其地理位置独特, 位于亚热带向暖温带过渡区, 在油菜生育期的 9 月至次年 5 月的积温 2 550 ~ 2 804℃, 日照时数 1 091 ~ 1 145 h, 降水量 412 ~ 613 mm, 雨热同季, 农业气候资源生产潜力高<sup>[1-2]</sup>, 非常适合种植油菜。在油菜适宜种植区域内, 合理施肥是获得油菜高产的一项非常重要的因素。目前关于油菜的施肥效应研

究已经很多, 已经证明油菜施肥的重要性。总结多年田间试验结果表明, 在全国冬油菜产区, 不同品种的油菜施肥均获得显著增产效果, 只是在营养元素种类不同、地区不同等不同因素条件下, 油菜增产幅度不同<sup>[3-5]</sup>。关于施肥对油菜品质影响的研究, 目前主要分为微量元素和大量元素对油菜品质的影响, 微量元素主要集中在硼、锌、钼对油菜品质的影响, 结果表明微量元素的合理施用能够提高油菜含油量, 降低硫甙、芥酸含量, 具有改善油菜籽品质的作用<sup>[6-8]</sup>; 诸多大量元素氮、磷、钾对油菜品质的影响研究结果表明, 氮肥施用能够提高油菜籽蛋白质含量, 降低油菜籽含油量, 磷、钾肥的施用对油菜籽蛋白质和含油量影响不明显。大量元素对油菜籽品质的影响研究主要集中在对油菜籽蛋白质和含油量方面, 对油菜籽的硫甙、芥酸含量及脂肪酸组分影响研究不多, 综合前人研究表明, 平衡施肥能够改善油菜籽品质<sup>[9-15]</sup>, 但关于品质的研究试验区域范围远远没有施肥的产量效果研究广泛和深入。而针对豫南

收稿日期: 2018-12-29; 录用日期: 2019-03-02

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目“钾肥高效利用与替代技术研究”(201203013); 信阳市科技计划项目; 信阳农林学院种子科学与工程专业教学团队项目 (XTD201603); 信阳农林学院种子科学与工程专业教学改革项目 (ZYZHGG201705)。

作者简介: 肖荣英 (1979-), 女, 河南信阳人, 讲师, 硕士, 主要从事植物营养与现代施肥技术研究。E-mail: xiaorongying@139.com。

这一区域性的油菜施肥的增产效益、经济效益研究很少,关于品质效应的详细研究报道几乎没有。豫南地区有其独特的气候和土壤特点,区域特征比较明显,不能完全照搬已有的研究结果。在已有的研究基础上,细化研究豫南地区油菜的施肥效果,为豫南地区油菜栽培中肥料的合理施用提供理论依据和数据参考,对豫南油菜产业的发展具有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况及材料

试验地位于河南省信阳市潢川县魏岗乡陈寨村,土壤为水稻土,前茬作物水稻。试验地土壤理化性状为:pH值6.7,有机质16.22 g/kg,全氮0.61 g/kg,碱解氮87.5 g/kg,有效磷8.6 mg/kg,速效钾102.3 mg/kg,有效硼0.23 mg/kg。供试油菜为甘蓝型油菜,双低(低硫甙,低芥酸)油菜德油8号,双高(高硫甙,高芥酸)油菜中油821。2015年10月23日移栽,2016年5月8日收获,各小区油菜行、株距保持一致,密度一致为19.5万株/hm<sup>2</sup>。试验小区单打单收,实收测产。

### 1.2 试验设计

试验设6个处理:(1)NPKB(整个生育期养分施用量分别为:N 180 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>、基施硼砂7.5 kg/hm<sup>2</sup>), (2) -N(在处理1基础上不施氮肥), (3) -P(在处理1基础上不施磷肥), (4) -K(在处理1基础上不施钾肥), (5) -B(在处理1基础上不施硼肥), (6)农民习惯(以农民实际施肥量为准,折合养分为N 274.5 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 69 kg/hm<sup>2</sup>,硼砂7.5 kg/hm<sup>2</sup>)。小区面积20 m<sup>2</sup>,3次重复,随机区组排列。

磷肥和钾肥全部基施。氮肥分3次施用,基肥占60%,越冬肥和薹肥分别占20%。

供试肥料为尿素(N 46%),过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%),氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%)。硼肥用硼砂(B 11%)。

### 1.3 试验测定项目及方法

油菜成熟收获前,每小区随机取6株,齐地收割全部地上部,风干,先称地上部总生物重,再分成秸秆、籽粒、荚壳分别称重,小区单收单打,进行计产。土壤理化性状按照土壤农化分析<sup>[16]</sup>中常规方法测定。油菜籽品质指标含油量、蛋白质、总硫甙、芥酸以及油菜籽脂肪酸组分测定根据

Velasco等<sup>[17]</sup>、甘莉等<sup>[18]</sup>的方法,用近红外法测定(瑞典VECTOR22/N近红外仪)。

施肥效益 = 籽粒产量 × 籽粒价格 - 肥料成本

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对油菜产量的影响

表1结果表明,两个品种油菜氮、磷、钾、硼全施处理的油菜产量显著高于其他处理,养分缺乏显著影响油菜产量。这与其他区域的研究结果一致<sup>[3-5, 9, 14, 19]</sup>。双低油菜品种德油8号的氮、磷、钾、硼缺乏处理的产量分别降低了32%、14%、20%、17%。双高油菜品种中油821的氮、磷、钾、硼缺乏处理的产量分别降低了44%、27%、16%、35%。总体来说,氮对油菜的产量影响是最大的,这与许多研究结果一致<sup>[3-5]</sup>。微量元素硼对油菜产量的影响超过了磷和钾,这可能与豫南地区油菜主要为稻茬油菜,土壤为水稻土,土壤中有效硼含量比较低,同时前茬水稻产量比较高,带走的硼也比较多有关。说明在豫南地区稻茬油菜种植中必须重视硼肥的施用,以保证油菜产量不受影响。

试验结果表明,习惯施肥同样施用了氮、磷、钾、硼,但其产量显著低于NPKB处理,相对于推荐施肥处理,双低油菜德油8号习惯施肥处理产量减少450 kg/hm<sup>2</sup>,产量降低了29%,中油821习惯施肥处理产量减少450 kg/hm<sup>2</sup>,产量降低了32%。习惯施肥中氮、磷、钾用量分别是推荐施肥处理NPKB的152%、77%、58%,硼肥用量相同,习惯施肥中N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O是1:0.25:0.25,NPKB处理N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O为1:0.50:0.67,习惯施肥的氮远高于推荐施肥NPKB处理,磷、钾用量低于推荐施肥NPKB处理。李银水等<sup>[19]</sup>研究指出,有限的氮肥用量时增施氮肥能增加油菜产量,过量氮肥用量时则油菜产量下降。说明习惯施肥中重氮,轻磷、钾肥,氮、磷、钾配比不合理,以及肥料的施用方式、施用时期不合理等因素明显影响油菜产量。推荐施肥能够大幅提高油菜产量,对油菜产量的贡献率高于习惯施肥<sup>[20]</sup>。

相同施肥处理,双低油菜德油8号产量高于双高油菜品种6.1%~43.4%,说明在相同的施肥及栽培条件下,双低油菜具有更高的产量。在生产中,同一生产管理条件下,油菜产量特征由其遗传特性决定,因此,在没有特殊要求时,生产中应推广双低油菜品种的种植。

表1 施肥对油菜产量的影响

油菜种类	处理	籽粒产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	相对值	与 NPKB 相 比减产 (kg/hm <sup>2</sup> )
德油 8 号	NPKB	1 575a	100.0	—
	-N	1 068d	67.8	507
	-P	1 350b	85.7	225
	-K	1 263c	92.9	313
	-B	1 312bc	83.3	263
	习惯	1 125d	71.4	450
	中油 821	NPKB	1 410a	100.0
-N		788e	55.9	623
-P		1 035c	73.4	375
-K		1 190b	91.5	220
-B		915d	64.9	495
习惯		960d	68.1	450

注：同列不同小写字母表示 5% 水平下差异显著，下同。

## 2.2 不同施肥处理对油菜经济效益的影响

提高种植油菜的产值和经济效益主要是通过提高产量来实现，产量也是实现产值的最根本的保障。两个油菜品种氮、磷、钾、硼全施的处理产量显著高于其它处理，产值也是最高的，其施肥效益最高。相对于习惯施肥，德油 8 号习惯施肥的施肥经济效益比 NPKB 施肥处理低 25%，中油 821 习惯施肥的施肥经济效益比 NPKB 施肥处理降低 51%，说明油菜种植中重氮、轻磷、钾肥，不但影响产量和产值，并且降低施肥的经济效益，因此在油菜种植中需要重视平衡施肥的重要性。

与 NPKB 施肥处理相比，德油 8 号的不施氮、不施磷、不施钾、不施硼处理的施肥经济效益分别减少了 1 544、401、626、1 310 元/hm<sup>2</sup>；氮、磷、钾、硼的施肥经济效益表现为 N>B>K>P；中油 821 的不施氮、不施磷、不施钾、不施硼处理的施肥经济效益分别减少了 2 122、1 151、166、2 471 元/hm<sup>2</sup>；氮、磷、钾、硼肥的经济效益表现为 B>N>P>K。大量元素的施肥经济效益在多种作物和各个地区已经得到证明。硼在两个油菜品种中的经济效益均高于磷和钾，说明在土壤有效硼含量低的区域种植油菜施用硼肥不仅提高产量，同时提高施肥经济效益。

相同的肥料投入情况下，双低油菜德油 8 号的产值比双高油菜中油 821 高 365 ~ 1 987 元/hm<sup>2</sup>，施肥经济效益提高 8% ~ 52%。

表2 施肥对油菜经济效益的影响 (元/hm<sup>2</sup>)

油菜种类	处理	产值	肥料成本	施肥效益	与 NPKB 相比减收
德油 8 号	NPKB	7 875	2 757	5 118	—
	-N	5 340	1 740	3 600	1 544
	-P	6 750	2 007	4 743	401
	-K	7 313	1 797	4 518	626
	-B	6 562	2 727	3 834	1 310
	习惯	6 560	2 706	3 854	1 290
	中油 821	NPKB	7 050	2 757	4 293
-N		3 938	1 740	2 198	2 122
-P		5 175	2 007	3 168	1 151
-K		6 450	1 797	4 153	166
-B		4 575	2 727	1 848	2 471
习惯		4 800	2 706	2 094	2 225

注：2016 年油菜籽 5.0 元/kg，尿素 2.6 元/kg，过磷酸钙 1.0 元/kg，氯化钾 4.8 元/kg，硼砂 4.0 元/kg。

## 2.3 不同施肥处理对油菜籽粒品质的影响

油菜作为一种油料作物，菜籽油是其籽粒主要加工产品，其大约 80% 的价值是通过榨取菜籽油来体现的，含油量每提高 1%，相当于菜籽增产 2.3% ~ 2.5%<sup>[21]</sup>。因此，通过施肥提高油菜籽含油量，将会大大提高油菜种植的投入产出比和经济效益。相较于习惯施肥，氮、磷、钾、硼全施的两个品种的菜籽含油量均显著高于习惯施肥。德油 8 号的含油量高于习惯施肥 6.6%，中油 821 的含油量高于习惯施肥 14.7%，说明平衡施肥对提高菜籽含油量起到非常重要的作用。两个品种习惯施肥处理的蛋白质含量和 NPKB 处理没有显著差异，并且德油 8 号习惯施肥处理的蛋白质高于 NPKB 处理 4.7%。可能因为习惯施肥的氮肥用量比较高，氮促进蛋白质的形成，使油菜籽粒中蛋白质含量较高。

本试验研究结果表明，氮、磷、钾、硼肥的施用均能提高含油量，德油 8 号的含油量分别提高了 4.7%、10.5%、8.2%、11.0%，中油 821 的含油量分别提高了 4.2%、11.6%、20.4%、4.3%。这与张辉等<sup>[9]</sup>的研究结果一致，而邹娟等<sup>[10]</sup>和武杰等<sup>[11]</sup>研究结果表明，氮对含油量有降低作用，磷、钾、硼对油菜含油量有提升作用，其原因可能是本试验地的土壤碱解氮含量较低，施用氮肥具有较好的效果，同时油菜的生长及其品质的形成除了主要受品种的遗传特性决定，土壤性状、生长环境、栽培管理等因素也会对油菜的品质造成一定的影响。

表 3 结果表明，两个品种的 NPKB 处理的硫酸、芥酸均显著低于习惯施肥，缺素处理中，施

表3 施肥对油菜品质的影响

油菜种类	处理	含油量 (%)	蛋白质 (%)	总硫甙 ( $\mu\text{mol/g}$ )	芥酸 (%)
德油 8 号	NPKB	41.04a	19.97a	15.57de	1.96d
	-N	39.19b	18.67bc	21.04b	4.56a
	-P	37.13dc	18.29c	14.55d	1.89d
	-K	37.78d	19.89ab	13.10e	3.75b
	-B	36.95d	18.04c	22.73a	2.61c
	习惯	38.49bc	20.9a	16.05c	3.59b
中油 821	NPKB	36.93a	23.89ab	87.47f	49.67e
	-N	35.44b	22.70de	106.03e	55.71b
	-P	33.08c	22.03d	112.44c	53.22d
	-K	30.66d	24.56a	108.19d	57.01a
	-B	35.42b	23.19b	114.77b	54.31c
	习惯	32.19c	22.68de	116.12a	57.16a

用硼肥显著降低硫甙和芥酸的含量。而双低油菜德油 8 号施氮降低硫甙和芥酸含量,磷、钾肥则增加了硫甙和芥酸的含量;双高油菜品种中油 821 施用氮、磷、钾均显著降低了硫甙和芥酸的含量。说明任何品种油菜合理施用硼肥对提高油

菜品质都是有益的,而大量元素对不同品种油菜的品质影响不尽相同,因此生产中,需要根据油菜品种进行合理施用氮磷钾肥。对于两个品种油菜,中油 821 的硫甙和芥酸均显著高于德油 8 号,硼肥和大量营养元素的施用不能改变两个品种在品质上的差异,施肥的作用是维持品种的稳定性。

#### 2.4 不同施肥处理对油菜籽粒脂肪酸组分的影响

油菜是世界重要的植物油脂来源,随着科学研究的进步和人们对脂肪酸品质要求的不断提高,脂肪酸品质的改良成为油菜品质改良的重要内容。目前食用上脂肪酸品质改良的目标是高油酸、高亚油酸、低亚麻酸<sup>[22]</sup>。油菜的脂肪酸组分主要由遗传因素决定,但施肥通过养分丰缺影响植物体内酶的合成对脂肪酸组分造成一定的影响。表 4 试验结果表明,两个品种的不同施肥处理对油菜籽粒脂肪酸组分比例有一定的影响,但成分变化没有显著的规律性。德油 8 号的棕榈酸、油酸、亚油酸显著高于中油 821,其差异主要由品种遗传因素决定。

表4 施肥对脂肪酸组分的影响

(%)

油菜品种	处理	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	二十碳烯酸
德油 8 号	NPKB	4.27ab	1.64a	54.98e	22.14b	9.11a	4.80a
	-N	4.24b	1.78a	57.58d	21.82b	9.01abc	4.81a
	-P	4.70a	1.57a	59.94b	23.28a	8.54d	9.88a
	-K	4.21b	1.54ab	52.46f	21.69b	9.14a	3.61a
	-B	4.43ab	1.12c	58.92c	22.23b	8.78bdc	4.43a
	习惯	4.35ab	1.23bc	60.67a	20.38c	8.73dc	4.96a
中油 821	NPKB	2.60b	1.00abc	15.76a	13.25e	9.20ab	10.96c
	-N	2.81ab	1.14a	9.14d	15.91c	9.26ab	13.58ab
	-P	2.96a	0.93b	12.99c	16.58b	9.10b	11.02c
	-K	2.76ab	0.97bc	13.32c	15.04d	9.41a	9.18d
	-B	2.79ab	1.08ab	14.2b	14.76d	9.01b	14.31a
	习惯	3.02a	0.94bc	13.23c	17.47a	9.25ab	12.80b

### 3 结论与讨论

油菜作为世界第二大植物性油脂来源的油料作物,其产量和品质一直备受关注。关于施肥对油菜产量的影响研究结果基本一致,前人众多的研究表明,施肥能够增加油菜产量<sup>[3-5]</sup>。本研究针对豫南区域内油菜施肥的产量效益、经济效益和品质效益进行研究,为本区域内油菜生产提供更有针对性的栽培技术措施提供理论依据。本研究结果表明,两个品种的习惯施肥产量、产值和经济效益

均低于 NPKB 处理,与 NPKB 处理相比德油 8 号的产量降低 29%,收益减少 1 290 元/hm<sup>2</sup>,施肥效益降低 25%;中油 821 的产量降低 32%,收益减少 2 225 元/hm<sup>2</sup>,施肥经济效益降低 51%,习惯施肥影响油菜产量,从而影响油菜的产值和收益。习惯施肥中氮肥用量是推荐施肥处理 NPKB 的 152%,磷、钾用量分别占推荐施肥用量的 77%、58%,其生产效益低于推荐施肥可能与其氮肥用量过高,磷、钾肥不足,养分比例不合理有关。氮肥过量会抑制作物生长<sup>[23]</sup>,过量施用氮肥时油菜产量会下

降<sup>[19]</sup>。同时鲁剑巍等<sup>[20]</sup>研究指出,相对于习惯施肥,推荐施肥能够大幅提高油菜产量,对油菜产量的贡献率高于习惯施肥,因此在油菜生产中科学合理的施肥是油菜高产高效的保障。

在油菜生产中平衡施肥不但能够提高产量,而且增加施肥的经济效益。双低油菜品种德油8号的氮、磷、钾、硼缺素处理的产量分别降低了32%、14%、20%、17%,施肥经济效益分别减少了1544、401、626、1310元/hm<sup>2</sup>;产量影响表现为N>K>B>P,施肥的经济效益表现为N>B>K>P;双高油菜品种中油821的氮、磷、钾、硼缺素处理的产量分别降低了44%、27%、16%、35%,施肥经济效益分别减少了2095、1125、141、2471元/hm<sup>2</sup>;产量影响表现为N>P>B>K,施肥经济效益表现为B>N>P>K,氮对油菜产量和经济效益的影响均最大,与前人研究结果一致<sup>[5]</sup>。硼对产量和施肥经济效益的影响超过磷和钾,这可能与本试验区域土壤有效硼含量低有关,说明在缺硼地区施用硼肥的重要性,不但能够提高产量,同时能够增加施肥的经济效益。本研究结果表明,施肥能够增加油菜产量,并且在试验区域内硼肥的增产效果超过磷、钾肥,说明在土壤有效硼含量不足的土壤上施用硼肥的必要性。

种植油菜的主要目的是获得菜籽油,在油菜较高产量的基础上提高油菜含油量是增加油菜种植收益的关键途径之一。菜籽油的主要脂肪酸组分油酸、亚油酸、亚麻酸、芥酸以及饱和脂肪酸硬脂酸和棕榈酸等在营养品质、医药品质和加工品质上有着重要的作用<sup>[22, 24]</sup>,油菜品质改良的目标是高含油量和脂肪酸组分特征优化,其主要是通过培育优势品种实现的。薛建明等<sup>[25]</sup>、陈钢等<sup>[26]</sup>和王利红等<sup>[8]</sup>研究了微量元素对油菜脂肪酸组分的影响,研究指出微量元素可以通过改善脂肪酸组分配比从而改善油菜籽粒品质。而关于大量元素对油菜脂肪酸组分影响研究结论不太一致,杨玉爱等<sup>[27]</sup>研究认为,施用硼、钾肥有降低芥酸的趋势;徐光壁等<sup>[28]</sup>研究则指出钾肥施用对芥酸含量没有影响;而鲁剑巍<sup>[29]</sup>研究结果表明施用钾增加油菜芥酸含量。本研究结果表明,NPKB配合施用提高油菜籽粒含油量,硼肥施用降低油菜籽粒硫甙和芥酸含量。大量元素对两个品种油菜籽粒品质影响则表现不同,双低油菜德油8号增施氮肥降低硫甙和芥酸含量,增施磷、钾肥则增加了硫甙和芥酸的含量;双高油菜品种中油821施用氮、磷、钾则表现为均降低了硫甙和芥酸的含量。所

有处理中双低品种德油8号的硫甙和芥酸均显著低于双高品种中油821,说明平衡施肥能够一定程度上改善油菜籽品质,但不能改变品种间的差异。施肥对两个品种油菜籽脂肪酸组分的影响没有明显的规律性,两个品种间的脂肪酸组分特征差异明显,说明施肥等栽培手段是在维持品种特征稳定性的基础上更好的发挥品种优势特征。

相同的施肥条件下,两品种的产量、产值和经济效益有着明显的区别,双低油菜德油8号比双高油菜品种中油821产量高6.1%~43.4%,产值提高365~1987元/hm<sup>2</sup>,施肥经济效益提高8%~52%。说明在相同的施肥及栽培条件下,双低油菜具有更高的产量。在生产中,同一生产管理条件下,油菜产量特征由其遗传特性决定,因此,在没有特殊要求时,生产中应推广双低油菜品种的种植。

#### 参考文献:

- [1] 赵辉,李恒兴,彭保宏,等. 信阳油菜农业气候资源与产量形成的关系研究[J]. 河南科学, 2008, 26(7): 795-797.
- [2] 吴明作,李明臣,王林忠,等. 河南省豫南地区气候生产潜力的分析[J]. 河南科学, 2007, 25(1): 77-80.
- [3] 刘秀秀,鲁剑巍,王寅,等. 氮磷钾肥施用对油菜产量及养分吸收利用的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(4): 483-488.
- [4] 李慧,马常宝,鲁剑巍,等. 中国不同区域油菜氮磷钾肥增产效果[J]. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1837-1847.
- [5] 邹娟,鲁剑巍,陈防,等. 氮磷钾肥施用对长江流域油菜产量及经济效益的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 87-92.
- [6] 杨美,石磊,徐芳森,等. 不同硼水平对双低油菜华双4号产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(6): 1118-1122.
- [7] 陈钢,年夫照,徐芳森,等. 硼、钼营养对甘蓝型油菜产量和品质影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 243-247.
- [8] 王利红,徐芳森,王运华. 硼钼锌配合对甘蓝型油菜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 318-323.
- [9] 张辉,朱德进,黄卉,等. 不同施肥处理对油菜产量及品质的影响[J]. 土壤, 2012, 44(6): 966-971.
- [10] 邹娟,鲁剑巍,李银水,等. 氮、磷、钾、硼肥对甘蓝型油菜籽品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 961-968.
- [11] 武杰,李宝珍,谌利,等. 不同施肥水平对甘蓝型黄籽油菜含油量的效应研究[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(4): 59-62.
- [12] 肖庆生,夏志涛,周灿金,等. 氮磷钾肥对迟直播油菜产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(2): 263-269.
- [13] 张子龙,王瑞,李加纳,等. 密度和氮素与甘蓝型黄籽油菜主要品质的关系[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2006, 28(3): 349-352.

- [14] 吴永成, 陈天才, 彭海浪, 等. 施氮量和种植密度对迟直播油菜产量、品质及氮肥利用率的影响 [J]. 西南农业学报, 2012, 25 (4): 1320-1325.
- [15] 李志玉, 胡琼, 廖星, 等. 优质油菜中油杂 8 号施用氮磷硼肥的产量和品质效应 [J]. 中国油料作物学报, 2005, 27 (4): 59-63.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [17] Velasco L, Becker H. Estimating the fatty acid composition of the oil in intact-seed rapeseed (*Brassica napus* L.) by near-infrared reflectance spectroscopy [J]. *Euphytica*, 1998, 101: 221-230.
- [18] 甘莉, 孙秀丽, 金良, 等. NIRS 定量分析油菜种子含油量、蛋白质含量数学模型的创建 [J]. 中国农业科学, 2003, 36 (12): 1609-1613.
- [19] 李银水, 鲁剑巍, 廖星, 等. 氮肥用量对油菜产量及氮素利用效率的影响 [J]. 中国油料作物学报, 2011, 33 (4): 379-383.
- [20] 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.
- [21] 王汉中. 中国油菜品种改良的中长期发展战略 [J]. 中国油料作物学报, 2004, 6 (3): 98-101.
- [22] 邹贤梦, 官春云, 李梅. 油菜脂肪酸品质改良的研究进展 [J]. 作物研究, 2003, 17 (3): 152-158.
- [23] 鲁剑巍. 中国油菜生产的高产高效氮素管理 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (18): 3504-3505.
- [24] 李殿荣, 陈文杰, 于修焯, 等. 双低菜籽油的保健作用与高含油量优质油菜育种及高效益思考 [J]. 中国油料作物学报, 2016, 38 (6): 850-854.
- [25] 薛建明, 杨玉爱, 叶正钱. 硼对不同油菜品种生长发育及产量和品质的影响 [J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21 (1): 66-71.
- [26] 陈钢, 年夫照, 王运华, 等. 硼、钼营养对甘蓝型油菜脂肪酸组分的影响 [J]. 中国油料作物学报, 2004, 26 (2): 69-71.
- [27] 杨玉爱, 徐和昆, 叶正钱, 等. 硼、氮、钾营养水平对油菜吸收硼、籽粒品质及产量的影响 [J]. 中国农业科学, 1989, 22 (1): 44-51.
- [28] 徐光壁, 高国文, 卞月华. 钾肥对低芥酸油菜产量和品质的影响 [J]. 土壤肥料, 1994, (4): 28-30.
- [29] 鲁剑巍. 油菜对钾的反应及钾肥有效施用配套技术的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 1999.

### Effects of fertilization on yield and quality of *brassica napus* in the rice-rapeseed rotation system in the southern Henan province

XIAO Rong-ying<sup>1</sup>, LI Yin-shui<sup>2</sup>, CAO Shi-pan<sup>1</sup>, LIAN Zi-wen<sup>1</sup> (1. Xinyang College of Agricultural and Forestry University, Henan Xinyang 464000; 2. Oil Crops Research Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Biology & Genetic Improvement of Oil Crops Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan Hubei 430062)

**Abstract:** To study the effect of different fertilizer treatments on yield, profit and quality of rapeseed, field experiment was conducted in the southern part of Henan with double low rapeseed and double high rapeseed variety as the experimental material. Six fertilizer treatments were designed, i.e. farmers' fertilizer practice treatment, balanced fertilizer treatment (NPKB), nitrogen deficiency treatment (-N), phosphorus deficiency treatment (-P), potassium deficiency treatment (-K), boron deficiency treatment (-B). The results showed that the deficiency of N, P, K and B significantly affected rapeseed yield and profit. Yield and profit of farmers' fertilizer practice treatment were significantly lower than that of balanced fertilizer treatment (NPKB). For double-low rapeseed DE oil no. 8 varieties, the yield, profit, the fertilizer benefit were reduced by 29%, 1 290 Yuan/hm<sup>2</sup>, and 25% respectively. And for the double low rapeseed of Zhongyou 821, the yield, profit, the fertilizer benefit were reduced by 32%, 2 225 Yuan/hm<sup>2</sup>, and 51% respectively. Compared with the NPKB treatment, the lack of any element of nitrogen (-N), phosphorus (-P), potassium (-K) and boron (-B) significantly reduced the yield and economic benefits of rapeseed. The yield of double-low rapeseed DE oil no. 8 varieties was reduced by 32%, 14%, 20% and 17%, respectively. The economic benefits of fertilization were reduced by 1 544, 401, 626 and 1 310 Yuan/hm<sup>2</sup>, respectively. The yield of double-high rapeseed Zhongyou 821 was reduced by 44%, 27%, 16% and 35% respectively, and the economic benefits of fertilization were reduced by 2 122, 1 151, 166 and 2 471 Yuan/hm<sup>2</sup> respectively. Seed oil content of the two cultivars increased under NPKB treatment compared with others treatments. Contrarily, the contents of erucic acid and glucosinolate in seed were significantly decreased under NPKB compared with those treatments. Under the same fertilization conditions, the yield of DE oil no. 8 was 6.1% ~ 43.4% higher than Zhongyou 821, the income was increased by 365 ~ 1 987 yuan/hm<sup>2</sup>, and the economic benefit of fertilization was increased by 8% ~ 52%. The results showed that under the same fertilization and cultivation conditions, double low rapeseed was more productive and efficient than the double high rapeseed. It was concluded that double low rapeseed varieties should be selected in rapeseed cultivation, and the combination of N, P, K, and B fertilizers significantly increased both rapeseed yield, use efficiency and quality, and should be crucial for the production of rapeseed in the southern of Henan Province.

**Key words:** rice-rapeseed rotation; rapeseed; yield; profit; quality