

叶面喷施含钾有机水溶肥对油菜生长发育和产量的影响

陈亚萍¹, 朱孝天¹, 洪标¹, 周茂润¹, 郑超¹, 魏翠英², 周美松², 余燕¹, 张付贵¹, 阚言华³, 周可金^{1*}

(1. 安徽农业大学农学院, 安徽 合肥, 230031;
2. 东至县张溪镇农业技术推广站, 安徽 池州, 247200;
3. 安徽省农业科技教育中心, 安徽 合肥, 230022)

摘要:为油菜生产的提质增效, 探究含钾有机水溶肥对油菜生长发育及产量构成的影响, 以甘蓝型油菜旺城油8号为材料, 采用双因素随机区组设计, 设置3个喷施时期(苗期、花期、苗期+花期)和5个含钾有机水溶肥施用量(0、375、750、1125、1500 g/hm²)处理, 调查油菜产量性状。结果发现, 在苗期或初花期喷施750 g/hm²的含钾有机水溶肥, 油菜的株高、根颈粗、生物量等指标较对照组显著增加, 两个时期均喷施的处理其促进效果更优。在苗期和初花期均喷施750 g/hm²水溶肥, 增加了单株有效角果数和每角粒数, 显著提高油菜产量, 较对照增加39.07%, 产油量增加44.22%。认为可通过在油菜苗期和初花期每公顷各喷施750 g的含钾有机水溶肥, 促进油菜的生长发育, 提高菜籽产量, 增加产油量, 提升经济效益。

关键词:甘蓝型油菜; 钾; 含钾有机水溶肥; 产量; 经济效益

中图分类号: S143.3; S565.4

文献标识码: A

文章编号: 1007-9084(2023)01-0131-07

Effects of foliar spraying potassium-containing organic water-soluble fertilizer on rapeseed growth and yield

CHEN Ya-ping¹, ZHU Xiao-tian¹, HONG Yue¹, ZHOU Mao-run¹, ZHENG Chao¹, WEI Cui-ying²,
ZHOU Mei-song², YU Yan¹, ZHANG Fu-gui¹, KAN Yan-hua³, ZHOU Ke-jin^{1*}

(1. College of Agriculture, Anhui Agricultural University, Hefei 230031, China; 2. Agricultural Technology Extension Station in Zhangxi Town of Dongzhi County, Chizhou 247200, China; 3. Anhui Agricultural Science and Technology Education Center, Hefei 230022, China)

Abstract: To improve the seed yield, foliar spraying of potassium fertilizer was studied to explore the effect of potassium-containing organic water-soluble fertilizer on rapeseed growth and yield. Cultivar Wangchengyou 8 was used as material, with 3 spraying periods (seedling, early bloom stage, seedling + early bloom stage) and 5 potassium-containing organic water-soluble fertilizer application rates (0, 375, 750, 1125, 1500 g) treatments. Two-factor randomized block test was designed. Results showed that, after spraying 750 g potassium-containing organic water-soluble fertilizer at rapeseed seedling or early bloom stage, growth and development indexes (including plant height, root neck thickness, and biomass) were significantly increased. And spraying twice at seedling and early bloom stage had a more significant impact on growth and development than spraying at a single period. Spraying 750 g per hectare at both seedling and early blooming increased the number of effective siliques per plant and seeds number per silique. An increase of 39.07% on seed yield and 44.22% on oil production per hectare were also observed compared with control. By spraying 750 g per hectare at seedling and early blooming stages, plant growth, yield, seed oil, and economic benefits could be significantly increased.

Key words: rapeseed (*Brassica napus* L.); potassium; potassium-containing organic water-soluble fertilizer; yield; economic benefits

收稿日期: 2021-12-06

基金项目: 安徽省现代农业产业技术体系建设专项; 安徽农业大学引进与稳定人才项目(rc312102)

作者简介: 陈亚萍(1996-), 女, 硕士研究生, 从事油菜栽培与养分管理研究, E-mail: chenyping2146@163.com

*通讯作者: 周可金, 男, 博士, 教授, 博导, 安徽省油料作物产业技术体系首席专家, 从事油菜栽培与养分管理研究, E-mail: zhoukej@163.com

油菜(*Brassica napus* L.)是国产食用植物油的第一大来源,每年可提供优质食用植物油约520万吨,占国产食用植物油的47%左右,油菜生产对保障我国食用油供给安全具有重要的战略意义。油菜还是全产业链多功能开发利用程度最高的一种大田作物,除榨油外,还有蔬用、花用、蜜用、饲用、肥用等用途,仅用作高蛋白饲料的菜籽饼每年就有800万吨,因此油菜产业在我国乡村振兴战略中将发挥重要的作用^[1,2]。

钾(K)素是油菜必需的大量元素之一,且油菜需钾量较其它作物更大^[3]。然而,近年来由于高强度的作物种植,导致土壤中的钾素被大量带走,加之降雨导致的土壤流失,使得土壤钾素收支不平衡不断加剧,钾已经成为限制油菜产量提高的关键因子之一^[4,5]。当土壤速效钾含量低于135 mg/kg时,需要通过施用钾肥来实现油菜高产^[6]。缺钾条件下,油菜会出现生育期推迟、生长缓慢、植株矮小、绿叶数少、叶片小、抗性差等症状,还会影响对其它营养的吸收^[7],最终导致籽粒产量下降^[8,9]。可见,在油菜生长发育的关键时期,科学高效地补充钾素,对于有效发挥出油菜的高产潜力具有重要意义^[10]。

叶面施肥是作物补充养分的重要方式之一,尤其是在出现逆境或无法进行土壤施肥时,进行叶面施肥对作物生产具有更重要的意义。另外,叶面肥还具有针对性强、吸收快、效果好和环境污染风险小等特点,使得作物的养分利用率提高,从而对作物的产量有促进作用,因此喷施叶面肥逐渐成为改善植物缺素症状的高效技术^[11]。杨曾平等研究表明,叶面喷施钾肥有利于水稻对氮磷钾养分的吸收和利用^[12],提高水稻的产量。含钾有机水溶肥是将钾素与有机酸螯合而成的一种新型叶面肥,已在多种作物上应用^[13-17],它在补充钾素的同时还能调节作物的生长、提高产量和品质,其中张付莲研究发现,从油菜三叶期开始每10天喷1次含钾有机水溶肥1000倍液,连续3次喷施,增产效果明显^[13]。

为进一步明确含钾有机水溶肥对油菜的增产潜力和使用技术,提出油菜通过叶面施肥的增产技术途径,本论文研究不同时期叶面喷施含钾有机水溶肥对油菜的生长发育、籽粒产量、籽粒品质和经济效益的影响,为指导油菜科学施肥提供理论支持和技术基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

油菜品种为旺城油8号。含钾有机水溶肥为陕西巨川富万钾股份有限公司提供的“富万钾”液态肥,其中含氧化钾174.60 g/kg,有机酮酸301.59 g/kg,硼、锌、硒、硅、钙等微量元素,pH 5~7。

试验于2020-2021年度在安徽省池州市东至县张溪镇(东经117°04',北纬30°16')开展,前茬作物为水稻,水稻收获后,秸秆深翻还田。土壤为砂壤土,pH 5.08,有机质含量为20.93 g/kg,全氮1.42 g/kg,碱解氮121.93 mg/kg,有效磷43.59 mg/kg,速效钾93.59 mg/kg,有效硼0.53 mg/kg。

试验设5个钾肥施用量,分别为每公顷叶面喷施含钾有机水溶肥0(CK)、375、750、1125、1500 g(其氧化钾含量分别为0 g、64.48 g、130.95 g、196.43 g、261.90 g);3个喷施时期,分别为苗期(表示为S,2020年11月28日)、初花期(表示为F,2021年3月4日)、苗期+初花期(表示为SF,用量即为单一时期的两倍,喷施时间同上)。共15个处理,随机区组排列,3次重复,小区面积10 m²。

2020年10月20日采用直播方式播种,播种量为4.5 kg/hm²。各处理喷施方法为准称量含钾有机水溶肥“富万钾”液态肥,每公顷兑水450 L,手持喷雾器均匀喷洒,用等量清水作对照。各处理之间,除叶面喷施含钾有机水溶肥量不同外,其它肥料管理水平一致,整地前每公顷施用45%的复合肥(25-12-8)375 kg、15%硼肥6 kg作为底肥,4-5叶期(2020年11月17日)每公顷追施尿素187.5 kg。其它措施同一般大田管理。

1.2 性状调查

叶面喷施含钾有机水溶肥两周后(苗期为2020年12月12日,初花期为2021年3月18日)调查取样,每小区随机选取5株代表性植株测定株高、根颈粗、总叶数、绿叶数、SPAD、干物质量等指标。成熟期(2021年5月10日),每小区各选5株代表性植株,考查有效分枝数、单株角果数、每角果粒数、千粒重等指标,同时各小区单收单打,记录小区实际产量。

1.3 油菜籽粒品质的测定

采用瑞典Pertten公司的多功能近红外成分分析仪(DA7200)测量各小区油菜籽粒含油量、蛋白质含量,每个小区重复3次。

1.4 数据处理与分析

利用DPS软件进行统计分析,采用Origin 2018进行绘图,Tukey法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 含钾有机水溶肥对油菜生长发育的影响

由图1可知,在每公顷喷施含钾有机水溶肥375~1500 g范围内,油菜植株干物质积累随喷施浓度的增加呈现先升高再降低的趋势,其中750 g含钾有机水溶肥处理干物质积累量最高,显著高于CK及其它处理。

苗期(S)每公顷喷施750 g含钾有机水溶肥处理的干物质积累在苗期、花期和成熟期分别较CK增加了37.28%、23.11%和13.63%;初花期(F)每公顷喷施750 g含钾有机水溶肥处理的干物质积累在花期和成熟期分别较CK增加了37.08%、17.84%;在苗期和花期(SF)均喷施750 g/hm²含钾有机水溶肥处理的干物质积累,在花期、成熟期分别较CK增加了14.39%、54.97%。比较苗期或花期单一喷施和两个时期均喷施750 g/hm²含钾有机水溶肥处理的油菜生物量积累,表明苗期或花期单一喷施没有显著差异,而两个时期均喷施的处理显著大于单一时期处理(图1)。在S处理每公顷喷施含钾有机水溶肥量为1125 g和1500 g下油菜花期的生物量分别比CK降低了18.65%、13.90%,说明含钾有机水溶肥施用量过高会在一定程度上抑制油菜生物量的积累。

由表1知,油菜苗期叶面喷施含钾有机水溶肥对株高没有显著影响;而对根颈粗的影响显著,随着喷施浓度的增加苗期油菜的根颈粗呈先增加后降低的趋势,每公顷喷施750 g的含钾有机水溶肥油菜的根颈粗为6.36 mm,较CK增加了37.07%。无论是S、F、SF处理在花期和成熟期油菜的株高、根颈粗都随着喷施浓度的增加呈现先升高后降低的趋

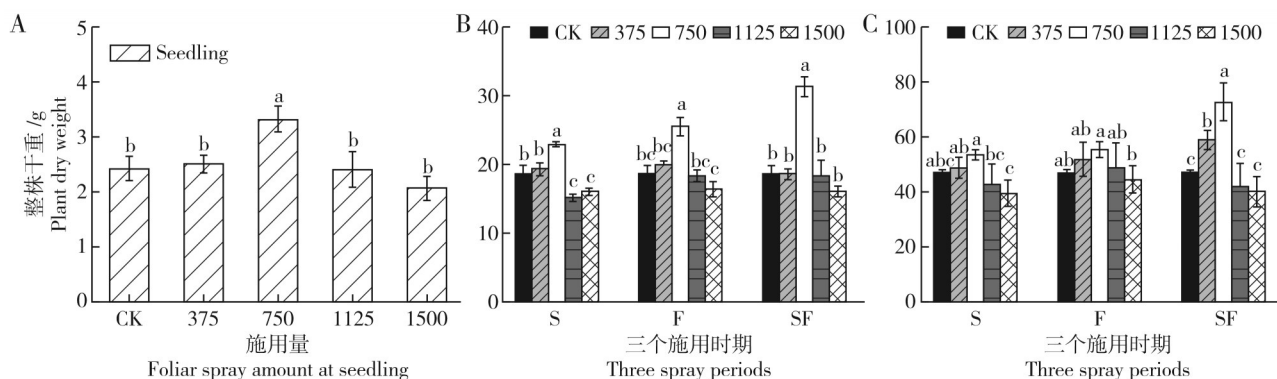
势,且在每公顷喷施量为750 g时达到最大。每公顷喷施量为750 g时,S、F、SF处理的花期株高较CK分别提高6.53%、11.11%、4.25%,成熟期株高较CK分别提高7.45%、13.79%、5.55%,花期根颈粗较CK分别增加15.61%、32.85%、46.44%,成熟期根颈粗较CK分别增加15.24%、34.41%、50.52%,均达到显著水平。由此可见,无论苗期还是花期每公顷喷施量750 g的含钾有机水溶肥均显著促进了油菜根颈的发育,且苗期和花期均喷施显著高于单一时期的效果,有利于提高油菜的抗寒性和抗倒能力。

与CK相比各处理组油菜苗期、花期叶片的SPAD都随着喷施浓度的增加呈现抛物线趋势,且每公顷喷施量为750 g时出现峰值,随后SPAD值缓慢降低。每公顷喷施750 g含钾有机水溶肥苗期S处理的油菜叶片SPAD值较CK显著增加11.18%,花期时调查S、F、SF处理的叶片SPAD分别较CK显著增加了8.16%、11.09%、17.71%(表1)。表1还表明,苗期喷施不同浓度的含钾有机水溶肥对油菜绿叶数和总叶数较CK没有显著影响,但花期时每公顷喷施750 g含钾有机水溶肥显著增加了单株的绿叶数和总叶数,S、F、SF处理较CK绿叶数增幅显著,分别为42.15%、32.23%、53.37%,总叶数分别显著增加了36.92%、34.54%、66.15%。

2.2 含钾有机水溶肥对油菜经济性状的影响

同一喷施时期下,随着浓度的增加油菜的单株有效角果数、主花序有效角果数和每角粒数均呈现先增加后降低的趋势,且在每公顷喷施量为750 g时单株有效角果数和每角粒数出现峰值,但对油菜的有效分枝数和千粒重没有显著影响。

比较在不同时期每公顷喷施750 g含钾有机水



注:A、B、C分别是喷施后调查时期:A:苗期;B:花期;C:成熟期;柱子上方的小写字母代表Tukey法检验在0.05水平下的差异显著性

Note: A, B, C: investigating periods; A: seedling; B: flowering; C: maturing; Lower-case letters represent significance at 0.05 level by Tukey test

图1 含钾有机水溶肥对油菜3个调查时期生物量的影响

Fig. 1 Effects of potassium-containing organic water-soluble fertilizer on rapeseed biomass in 3 periods

表1 含钾有机水溶肥的喷施对三个发育时期油菜生长的影响

Table 1 Effects of potassium-containing organic water-soluble fertilizer on 3 developmental periods

喷施时期和用量		根颈粗 /mm			株高 /cm			绿叶数		总叶数		SPAD		
		Rhizome diameter			Plant height			Green leaves		Total leaf number				
Spray periods and amounts		S	F	M	S	F	M	S	F	S	F	S	F	
CK		4.64c	10.38cde	11.48ef	24.12a	134.64cdef	138.82cdef	5.2a	24.2c	6.6a	26.0cde	35.42b	47.78efg	
苗期	375	5.09b	10.70cde	12.10de	25.04a	135.96bcde	141.02bcde	5.8a	25.0bc	6.4a	26.6cde	35.07bc	48.76cdefg	
	750	6.36a	12.00bc	13.23cd	25.02a	143.44ab	149.16ab	6.2a	34.4a	7.0a	35.6ab	39.38a	51.68bc	
	S	1125	4.42d	9.47de	10.46f	23.92a	129.91def	134.86def	5.6a	22.6c	6.4a	22.0de	34.50c	47.20fg
	1500	3.92e	8.78e	10.16f	23.44a	127.05f	130.24f	5.8a	21.8c	6.4a	22.2de	32.28d	46.62fg	
初花期	375		11.32cd	13.14cd		138.38bcd	144.10bcd		24.6c		25.0de		50.48bcde	
	750		13.79ab	15.43b		149.60a	157.96a		32.0ab		34.2bc		53.08ab	
	F	1125	10.82cde	12.50de		132.33cdef	138.38cdef		20.6c		23.4de		49.66cdef	
	1500	9.39de	11.28ef		129.58ef	134.64def		19.8c		20.e		47.90defg		
苗期+初花期	375	5.18b	12.31bc	14.27bc	24.73a	134.75cdef	141.46bcde	5.9a	26.6bc	6.5a	29.2bcd	35.16bc	51.06bcd	
	750	6.32a	15.20a	17.28a	25.12a	140.36bc	146.52bc	6.1a	37.6a	6.9a	43.2a	39.74a	56.24a	
	SF	1125	4.55cd	11.87bc	13.17cd	25.08a	130.24def	133.76ef	5.7a	24.4de	6.5a	24.de	34.53bc	46.44g
	1500	3.94e	9.62de	11.45ef	23.66a	126.72f	129.36f	5.6a	22.6de	6.3a	25.4de	32.32d	46.02g	

注:S:苗期;F:花期;M:成熟期;数据后的小写字母代表Tukey法检验在0.05水平下的差异显著性

Note: S: seedling stage; F: flowering stage; M: maturing stage; Lower-case letters represent significance at 0.05 level by Tukey test

溶肥对油菜经济性状的影响发现,主花序有效角果数、单株有效角果数、每角粒数和小区产量均呈现SF>F>S的趋势,且SF处理单株有效角果数和小区产量均显著高于F和S处理。SF处理的主花序有效角果数、单株有效角果数、每角果粒数分别较CK显著增加了24.71%、58.95%、24.80%。S、F、SF处理较CK增产10.86%、17.36%、39.07%,其中SF处理产量最高,达到2427.5 kg/hm²。本研究结果还发

现,含钾有机水溶肥施用量过高会在一定程度上抑制油菜的产量,在SF处理下每公顷施用1125 g和1500 g叶面肥时小区产量分别较CK降低了2.32%和16.64%(表2)。

分析叶面喷施含钾有机水溶肥对油菜籽粒的品质和产油量的影响,结果显示苗期和花期(SF)每公顷均喷施750 g含钾有机水溶肥,油菜籽粒的蛋白质、含油量及产油量值最高,较CK分别显著增加了

表2 含钾有机水溶肥对成熟期油菜经济性状及产量构成因子的影响

Table 2 Effects of potassium-containing organic water-soluble fertilizer on yield related traits in rapeseed maturation period

喷施时期和用量 Spray periods and amounts		单株有效分枝数 Effective branch	主花序有效角果 Effective main inflorescence	单株有效角果 Silique per plant	千粒重 /g TSW	每角粒数 Seeds per silique	小区实产 /(kg /10 m ²) Cell production	折合产量 /(kg/hm ²) Equivalent output
CK		5.2a	51.0bcd	148.6bcde	3.70a	21.37cde	1.75defg	1745.5defg
S	375	5.6a	51.4bcd	153.6bcde	3.79a	22.37bcd	1.87cdef	1870.0cdef
	750	6.4a	55.8abc	168.6bcd	3.78a	24.00abc	1.94cd	1935.0cd
	1125	5.4a	49.2bcd	144.6bcde	3.79a	20.76de	1.80def	1800.0def
	1500	4.8a	46.6cd	127.4de	3.71a	19.17e	1.53gh	1533.0gh
F	375	5.6a	53.8abc	168.8bcd	3.80a	22.84bcd	1.93cd	1932.5cd
	750	6.2a	57.4ab	186.2b	3.81a	24.77ab	2.05bc	2048.5bc
	1125	5.4a	52.4bcd	165.6bcd	3.80a	21.51cde	1.89cde	1890.0cde
	1500	5.2a	47.4bcd	142.2cde	3.78a	20.58de	1.65fgh	1652.5fgh
SF	375	6.0a	55.8abc	185.2bc	3.73a	24.3abc	2.21ab	2212.5ab
	750	6.2a	63.6a	236.2a	3.82a	26.67a	2.43a	2427.5a
	1125	4.8a	47.4bcd	129.2de	3.69a	21.93bcde	1.71efg	1705.0efg
	1500	5.2a	42.6d	110.4e	3.67a	20.40de	1.46h	1455.0h

注:数据后的小写字母代表Tukey法检验在0.05水平下的差异显著性

Note: Lower-case letters represent significance at 0.05 level by Tukey test

9.31%、3.70%、44.22%,其它处理水平则较CK无显著差异(表3)。

2.3 含钾有机水溶肥对油菜经济效益的影响

如表4所示,施用不同量含钾有机水溶肥的成

本投入和效益存在差异。在施用时期相同条件下,各处理的经济效益和CK相比呈显著变化,在每公顷施用含钾有机水溶肥750 g时,经济收益最高,S、F、SF处理的纯收入较CK分别增加855.15元/hm²、

表3 含钾有机水溶肥喷施对成熟期油菜籽粒品质和产油量的影响

Table 3 Seed quality and oil production in rapeseed maturing stage after potassium-containing organic water-soluble fertilizer spray

喷施时期和用量 Spray periods and amounts		蛋白质含量 /%	含油量 /%	产油量 /(kg/hm ²)
		Protein content	Oil content	Oil production
CK		19.02bc	38.87b	678.48b
S	375	19.14bc	39.33ab	735.47ab
	750	19.55b	39.51ab	764.52ab
	1125	18.99bc	38.93b	700.74b
	1500	18.45bc	39.00b	597.87b
F	375	19.15bc	39.79ab	768.94ab
	750	19.35bc	39.89ab	817.15ab
	1125	19.04bc	38.90b	735.21b
	1500	19.05bc	38.87b	642.33b
SF	375	19.20bc	39.64ab	877.04ab
	750	20.79a	40.31a	978.50a
	1125	19.02bc	38.91b	663.42b
	1500	18.34c	38.96b	566.87b

注:数据后的小写字母代表Tukey法检验在0.05水平下的差异显著性

Note: Lower-case letters represent significance at 0.05 level by Tukey test

表4 含钾有机水溶肥对油菜经济效益的影响

Table 4 Effect of potassium-containing organic water-soluble fertilizer on economic benefit of rapeseed production

喷施时期和用量 Spray periods and amounts	菜籽产量 /(kg/hm ²) Rapeseed yield	菜籽单价 /(yuan/kg) Unit price of rapeseed	产值 /(yuan/hm ²) Output	成本投入 /(yuan/hm ²) Input	产投比 Input-output ratio	经济效益 /(yuan/hm ²) Economic benefits
CK	1745.5	5.7	9949.35	4500.0	2.21	5449.35h
S	375	5.7	10 659.00	4612.5	2.31	6046.50f
	750	5.7	11 029.50	4725.0	2.33	6304.50e
	1125	5.7	10 260.00	4837.5	2.12	5422.50i
	1500	5.7	8738.10	4950.0	1.77	3788.10l
F	375	5.7	11 015.25	4612.5	2.39	6402.75d
	750	5.7	11 676.45	4725.0	2.47	6951.45c
	1125	5.7	10 773.00	4837.5	2.23	5935.50g
	1500	5.7	9419.25	4950.0	1.90	4469.25j
SF	375	5.7	12 611.25	4725.0	2.67	7886.25b
	750	5.7	13 836.75	4950.0	2.80	8886.75a
	1125	5.7	9718.50	6175.0	1.57	4543.50k
	1500	5.7	8293.50	6400.0	1.30	2893.50m

注:表中由于各处理田间管理一致,此处只考虑含钾有机水溶肥的成本,除去含钾水溶肥成本,投入费用每公顷在4500元,其中复合肥3400元/t、商品硼肥1500元/t、尿素2600/t;数据后的小写字母代表Tukey法检验在0.05水平下的差异显著性

Note: Only the cost of organic water-soluble fertilizer potassium-containing is considered, because of the consistent in field management of each treatment, excluding the cost of potassium-containing water-soluble fertilizer, the basic input is 4500 yuan per hectare, including 3400 yuan per ton of compound boron fertilizer, 1,500 yuan per ton of borax fertilizer, and 2600 yuan per ton of urea; Lower-case letters represent significance at 0.05 level by Tukey test

1502.10 元/hm²、3437.40 元/hm², 增幅分别为 10.12%、17.78%、40.68%, 均达显著差异。各处理的产投比为 1.30:1~2.80:1, 其中 SF 处理每公顷喷施含钾有机水溶肥 750 g 产投比最高, 达 2.80:1; 每公顷喷施含钾有机水溶肥 1500 g 处理的产投比最低, 仅为 1.30:1。在从经济效益的角度可知, 含钾有机水溶肥的施用量需要控制在一定范围才能获得较高的经济收入。

3 结论与讨论

油菜缺钾会严重影响其生长发育, 导致减产^[18-21], 及时补充钾肥可有效缓解缺钾症状, 促进油菜增产增收^[10, 21-26]。传统补充钾肥的途径多通过土壤追施的方式进行, 偶有叶面喷施无机钾肥, 本研究探索叶面喷施含钾有机水溶肥对缓解油菜缺钾症的效果, 发现苗期和花期每公顷各喷施 750 g 的含钾有机水溶肥提高了油菜的单株有效角果数、每角果粒数, 从而使得小区产量、产油量较 CK 分别增加了 682 kg/hm²、300.05 kg/hm², 对油菜的增产效果显著。并且苗期和花期叶面喷施含钾有机水溶肥, 可与苗期茎叶除草和花期菌核病防治联合作业, 不增加人工成本, 大大提高了作业效率。

前人研究也表明在缺钾条件下, 养分供应不足, 油菜的生物量显著下降, 从而限制了其光合作用, 影响籽粒产量^[9, 18, 20, 27]。在本研究中苗期和花期每公顷各叶面喷施 750 g 的含钾有机水溶肥显著提高了油菜苗期和花期叶片的 SPAD 值, 且花期的绿叶数和总叶数也显著增加, 从而延缓油菜后期叶片衰老。推测叶片喷施含钾有机水溶肥可通过增加油菜的叶片数和叶绿素含量, 有效提升油菜的光合效率, 从而促进油菜的生长发育和产量提升。

本研究还发现, 随着含钾有机水溶肥喷施量的增加, 油菜的生物量或产量先增加后降低, 呈抛物线趋势变化, 当叶面喷施每公顷超过 750 g 的含钾有机水溶肥时, 其生物量或产量明显下降。而邵文胜等^[10, 21]研究表明适宜施用钾肥对油菜生物量或产量有促进作用, 但超过适宜施用量后对其产量不会出现抑制现象。本研究中叶面施用含钾有机水溶肥量过高时在一定程度上会抑制油菜的生长, 这与阿加拉铁等^[28]研究表明的植物激素对水稻生长效应相似, 推测该含钾有机水溶肥成分中可能含有植物生长调节物质, 从而促进作物合成营养物质, 使得其生物量或产量得以提高, 而施用量过高后, 便对植物生长产生抑制作用, 但这还需要进一步的试验

验证。

叶面施肥是作物施肥的重要方式之一, 是对土壤施肥不足的有效补充。本研究初步得出, 在苗期和花期每公顷均叶面喷施 750 g 的含钾有机水溶肥, 显著促进了油菜的生长发育, 并通过提高单株角果数和每角粒数增加油菜籽粒产量, 其产量、产油量、经济收益分别较 CK 分别显著提高了 39.07%、44.22% 和 40.68%。其研究结果对指导油菜科学施肥具有重要意义。

参考文献:

- [1] 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. DOI: 10.7505/j.issn.1007-9084.2019.04.001.
- [2] 丛日环, 张智, 郑磊, 等. 基于 GIS 的长江中游油菜种植区土壤养分及 pH 状况[J]. 土壤学报, 2016, 53(5): 1213-1224. DOI: 10.11766/trxb201602170634.
- [3] 肖荣英. 油菜钾素营养研究进展[J]. 园艺与种苗, 2011, 31(2): 98-101. DOI: 10.3969/j.issn.2095-0896.2011.02.033.
- [4] 武际, 郭熙盛, 李孝勇, 等. 连续施用磷钾肥对油菜产量及养分吸收的影响[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(2): 180-183. DOI: 10.3321/j.issn: 1007-9084.2006.02.015.
- [5] 刘秀秀, 鲁剑巍, 王寅, 等. 缺钾对油菜主序产量性状的影响及施钾效果[J]. 土壤, 2014, 46(5): 875-880. DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2014.05.017.
- [6] Ren T, Lu J W, Li H, et al. Potassium-fertilizer management in winter oilseed-rape production in China[J]. J Plant Nutr Soil Sci, 2013, 176(3): 429-440. DOI: 10.1002/jpln.201200257.
- [7] 冀保毅, 潘鹏亮, 肖荣英, 等. 氮磷钾硼缺乏对稻茬油菜生长和养分吸收的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 78-81. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2017.24.019.
- [8] 鲁剑巍, 陈防, 刘冬碧, 等. 施钾水平对油菜生长发育的影响[J]. 湖北农业科学, 2000, 39(4): 39-42. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2000.04.020.
- [9] 刘冬碧, 陈防, 鲁剑巍, 等. 油菜干物质积累和养分钾、磷、硫吸收特点及施钾的影响[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 48-51, 56. DOI: 10.3321/j.issn: 1007-9084.2001.02.012.
- [10] 邵文胜, 周雄, 何德志, 等. 钾肥用量对稻-油轮作物产量及钾素利用的影响[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(3): 38-41. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2020.03.008.
- [11] 王少鹏, 洪煜丞, 黄福先, 等. 叶面肥发展现状综述[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 96-98. DOI:

- 10.13989/j.cnki.0517-6611.2015.04.032.
- [12] 杨曾平, 聂军, 谢坚, 等. 叶面喷施钾肥对缺钾稻田晚稻产量及钾肥利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(27): 7-13.
- [13] 张付莲. 富万钾、先锋、神绿三种叶面肥在油菜上的肥效试验[J]. 蔬菜, 2014(8): 32-32, 33. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8336.2014.08.011.
- [14] 王欣欣, 胡新, 邵晓梅, 等. 玉米叶面肥筛选试验[J]. 现代化农业, 2019(2): 14-15. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0254.2019.02.009.
- [15] 陈晓玉. 几种有机微肥在芒果上的施用效果[J]. 农技服务, 2011, 28(10): 1430.
- [16] 潘忠武. 陕西巨川富万钾ALA液体肥料效应研究[J]. 农技服务, 2008, 25(10): 56. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8421.2008.10.047.
- [17] 洪彩誌. 作物喷施新型钾肥增产增收效果好[J]. 福建农业, 2008(9): 21.
- [18] 张辉, 马洪波, 朱德进, 等. 不同施肥处理对油菜生物量累积、分配及养分吸收的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 1042-1048.
- [19] 潘勇辉, 陆志峰, 鲁剑巍, 等. 缺钾对越冬期油菜光合特性和叶绿体超微结构的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(5): 688-693. DOI: 10.7505/j.issn.1007-9084.2015.05.015.
- [20] 陆志峰, 任涛, 鲁剑巍, 等. 缺钾油菜叶片光合速率下降的主导因子及其机理[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 122-131. DOI: 10.11674/zw-yf.14407.
- [21] 李静, 闫金垚, 胡文诗, 等. 氮钾配施对油菜产量及氮素利用的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(6): 941-948. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2019.84146.
- [22] 胡敏, 鲁剑巍, 廖世鹏, 等. 不同含钾物料对冬油菜产量及钾素吸收的效应[J]. 中国土壤与肥料, 2016(2): 126-129, 148. DOI: 10.11838/sfsc.20160223.
- [23] Amanullah, Hassan M, Malhi S S. Seed yield and yield components response of rape (*B. napus*) versus mustard (*B. juncea*) to sulfur and potassium fertilizer application in northwest Pakistan[J]. J Plant Nutr, 2011, 34(8): 1164-1174. DOI: 10.1080/01904167.2011.558159.
- [24] 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. DOI: 10.11674/zw-yf.14430.
- [25] 张洋洋, 鲁剑巍, 邹娟, 等. 冬油菜施钾的增产效果和肥料利用率研究[J]. 中国土壤与肥料, 2013(5): 51-55. DOI: 10.11838/sfsc.20130510.
- [26] 曹伟. 氮磷钾硼肥对甘蓝型油菜产量和品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [27] Hu W S, Lu Z F, Meng F J, et al. Potassium fertilization reduces silique canopy temperature variation in *Brassica napus* to enhance seed yield[J]. Ind Crops Prod, 2021, 168: 113604. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113604.
- [28] 阿加拉铁, 薛大伟, 李仕贵, 等. 植物激素与水稻产量的关系[J]. 中国稻米, 2006, 12(5): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8082.2006.05.001.
- (责任编辑: 胡志勇)