

# 钾肥种类和施钾时期对油葵产量及品质的影响

曾 骏<sup>1,2</sup>, 郭天文<sup>1,2</sup>, 张平良<sup>1,2</sup>, 李书田<sup>3</sup>, 董 博<sup>1,2</sup>, 刘晓伟<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070;  
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 10081)

**摘 要:**为分析钾肥种类和施钾时期对油葵产量以及品质的影响,选取油葵杂交品种陇葵杂3号,采用2因素3水平(2个钾肥种类:氯化钾(F1)、硫酸钾(F2));3个施钾时期:全部种前基施(T1)、50%基施+50%现蕾期追施(T2)、25%基施+50%现蕾期追施+25%花期追施(T3))随机区组试验设计,于2014–2016年在甘肃省景泰条山农场进行田间试验。结果表明:KCl和K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>这两个钾肥品种的盘径、千粒重、粗脂肪含量、产油量、亚麻酸含量间没有明显的差异。与施用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>相比,施用KCl的产量在2014年显著增加,F1T2的产量较F2T2增加了4.96%,F1T3较F2T3增加了4.06%。出仁率、油酸含量在2015年和2016年显著增加,F1T1的出仁率较F2T1在2015年和2016年分别增加了1.50%、2.99%,F1T2的出仁率较F2T2在2015年和2016年分别增加了1.76%、19.7%;2015年F1T2的油酸含量较F2T2增加了5.92%;2016年F1T3的油酸含量较F2T3增加了9.09%。粗蛋白含量在2014年和2016年显著降低,F2T3的粗蛋白含量较F1T3在2014年和2016年分别增加了9.95%、8.87%。粗蛋白产量在2016年显著降低,F2T3的粗蛋白产量在2016年较F1T3增加9.29%。亚油酸含量在2015年和2016年显著降低,F1T3的亚油酸含量较F2T3在2015年和2016年分别增加了3.17%和3.03%。施钾时期对油葵的盘径、亚麻酸含量没有显著影响,但对油葵的千粒重、出仁率、产量、蛋白质含量、蛋白质产量、粗脂肪含量、产油量、油酸、亚油酸影响显著。钾肥的最佳施用时期为基施。油葵产量与盘径、千粒重、出仁率均有显著的正相关关系,油酸和亚油酸之间存在负相关关系。

**关键词:**油葵;KCl;K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;施钾时期;产量;产量构成;品质

**中图分类号:**S565.5;S143.3 **文献标志码:**A

## Effects of potassium fertilizer type and application time on yield and quality of oil sunflower

ZENG Jun<sup>1,2</sup>, GUO Tian-wen<sup>1,2</sup>, ZHANG Ping-liang<sup>1,2</sup>, LI Shu-tian<sup>3</sup>, DONG Bo<sup>1,2</sup>, LIU Xiao-wei<sup>1,2</sup>

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Dryland Agriculture Institute, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Key Laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region, Lanzhou, Gansu 730070, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** To analyze the effect of potassium (K) fertilizer types and application time on the yield and quality of oil sunflower, a field experiment was conducted in 2014–2016 using oil sunflower hybrid, longkui No. 3 in Jing-tai. The experiment included two factor randomized block design with 6 treatments and 3 replications (Potassium chloride (F1) and potassium sulfate (F2); 100% basal application (T1), 50% base fertilizer+50% bud stage (T2), 25% base+50% bud stage+25% flowering period (T3)). The results showed that there was no significant difference between KCl and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> treatments in disc diameter, thousand kernel weight, crude fat, oil production and linolenic acid content. Compared with K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl increased the yield significantly in 2014. The F1T2 increased the yield by 4.96% compared with F2T2, and F1T3 increased the yield by 4.06% compared with F2T3. The Shelling percentage and oleic acid content increased significantly in 2015 and 2016, the Shelling percentage of F1T1 increased by 1.50% and 2.99% compared with F2T1 in 2015 and 2016, and that of F1T2 increased by

收稿日期:2018-07-16

修回日期:2019-08-08

**基金项目:**国家科技支撑计划中低产田改良项目(2012BAD05B03);甘肃省农业科学院科技创新专项计划(2017GAAS28);IPNI 中国合作项目(IPNI-2014-CHN-MP01)

**作者简介:**曾骏(1983–),男,甘肃华池人,助理研究员,主要从事植物营养与土壤肥料研究。E-mail:281256549@qq.com

**通信作者:**郭天文(1963–),男,山西山阴县人,研究员,主要从事旱作农业、植物营养与土壤肥料研究。E-mail:guotw@gsagr.ac.cn

1.76% and 19.7%, respectively, compared with F2T2 in 2015 and 2016; the oleic acid content of F1T2 increased by 5.92% compared with F2T2 in 2015; and the oleic acid content of F1T3 increased by 9.09% compared with F2T3 in 2016. The crude protein content of F2T3 decreased significantly in 2014 and 2016; the crude protein content of F2T3 increased by 9.95% and 8.87%, respectively, compared with F1T3 in 2014 and 2016. The crude protein yield decreased significantly in 2016 and the crude protein production decreased significantly in 2016. The crude protein production of F2T3 increased by 9.29% compared with that of F1T3 in 2016. The linoleic acid content decreased significantly in 2015 and 2016, the linoleic acid content of F1T3 increased by 3.17% and 3.03%, respectively, compared with F2T3 in 2015 and 2016. There was no significant difference in disc diameter and linolenic acid content of oil sunflower among K application times, but there were significant differences in thousand kernel weight, shelling percentage, yield, protein content, protein yield, crude fat content, oil yield, oleic acid and linoleic acid. The best application time of potash fertilizer was base application. There was a significant positive correlations between yield and disc diameter, thousand kernel weight and kernel yield. There was a negative correlation between oleic acid and linoleic acid.

**Keywords:** oil sunflower; potassium chloride; potassium sulfate; potassium application period; yield; yield components; quality

油葵是世界上第二大油料作物。15 世纪传入中国,是我国五大油料作物之一<sup>[1-3]</sup>。油葵籽粗脂肪含量是决定油葵产油量的关键指标。脂肪酸组成是影响油葵品质的重要因素之一<sup>[4-5]</sup>。油葵籽粒富含必需的不饱和脂肪酸(其中亚油酸含量高达 60%)。亚油酸是人体必需脂肪酸,它能抑制血栓形成,维持血压平衡,预防血管疾病,有益人类健康<sup>[6]</sup>。

近年来,在我国许多地区存在氮肥和磷肥部分施用过多的现象,却忽略了钾肥的施用,造成钾素供应不足<sup>[7-8]</sup>。因此,合理补充钾肥对农业的可持续发展具有十分重要的意义。近年来的试验研究表明,向日葵施用适量钾肥对增产的效果显著<sup>[9-12]</sup>。施用钾肥降低了向日葵的蛋白质含量,但增加了脂肪酸的含量,提高了油的品质<sup>[13]</sup>。以往的研究多集中于钾肥与不同肥料的组合施用,分析其对向日葵产量和品质的影响,缺乏钾肥种类和施肥时期对其影响的分析研究<sup>[14-15]</sup>。本研究在景泰县条山农场进行了 3 a 的定位试验,通过对不同钾肥种类和施肥时期油葵产量及其品质的研究,旨在为油葵的高产优质栽培及科学有效施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验设在甘肃省景泰条山农场,属典型的灌溉

农业区,土壤属灰钙土,其质地为沙质壤土或粘土,土层深厚,肥力中等。该区域海拔约 1 680 m,年降水量 218 mm,季节分布不均,多集中在 7—9 月,年蒸发量 3 038 mm,年日照时数 2 725.5 h,年均气温 8.2℃,无霜期 155~165 d,≥10℃的有效积温 3 038.2℃,光照丰富,日照长,昼夜温差大,属内陆气候。

### 1.2 试验材料和试验设计

试验于 2014—2016 年实施,耕层(0~20 cm)土壤养分状况见表 1,油葵供试品种为陇葵杂 3 号,栽培方式为全膜覆盖平作,种植密度为 60 000 株·hm<sup>-2</sup>,小区面积 36 m<sup>2</sup>,油葵于 4 月份播种,蕾期、花期、盛花期各灌溉 1 次,灌溉量约 360 mm 左右。

施肥试验设计如表 2 所示。肥料种类为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12~16%)、氯化钾(含 K<sub>2</sub>O 60%)、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 50%)。根据当地测土配方施肥结果,试验所用肥料的氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)推荐用量分别为 180、120、120 kg·hm<sup>-2</sup>,肥料除部分处理钾肥在蕾期和花期追施,其余全部在播前基施。试验设钾肥 2 种:KCl(F1)和 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(F2);设施钾时期 3 个:全部种前基施(T1)、50% 种前基施+50% 现蕾期追施(T2)、25% 基施+50% 现蕾期追施+25% 花期追施(T3),共组成 6 个处理,各处理重复 3 次,采用随机区组排列。

表 1 试验田 2014 年土壤基础肥力

Table 1 Soil fertility of experiment field in 2014

pH	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> ) Organic matter	速效氮/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Avail. N	速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Avail. P	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Avail. K	Cl <sup>-</sup> 含量/(g·kg <sup>-1</sup> ) Chloride ion content	含盐量/% Saltness
8.51	15.5	55.4	27.7	179.9	0.2	0.07

### 1.3 测试项目及其计算方法

盘径:成熟期每个处理选取长势均匀的 10 株植株,以米尺测量花盘直径,计算各项平均值。

产量:采用全区测产。

千粒重、出仁率:取各处理成熟期籽粒,进行室内考种测定,取 3 次平均数。

表 2 施肥试验设计

Table 2 Design of fertilization experiment

处理 Treatment	钾肥种类 K fertilizer forms	施钾时期 K application period
F1T1		全部种前基施 100% basal application
F1T2	KCl	50% 种前基施+50% 现蕾期追施 50% base+50% bud stage
F1T3		25% 基施+50% 现蕾期追施+25% 花期追施 25% base+50% bud stage+25% flowering period
F2T1		全部种前基施 100% basal application
F2T2	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50% 种前基施+50% 现蕾期追施 50% base+50% bud stage
F2T3		25% 基施+50% 现蕾期追施+25% 花期追施 25% base+50% bud stage+25% flowering period

表 3 不同钾肥和施钾时期对油葵产量构成的影响

Table 3 Effect of different K fertilizer and K application time on yield components of oil-sunflower

处理 Treatment	盘径/cm Disc diameter			千粒重/g 1000-kernel weight			出仁率/% Shelling percentage		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
F1T1	19.0a	18.8a	20.6a	64.8a	60.7 a	61.5a	78.7a	75.9a	78.6a
F1T2	18.7a	18.5a	20.5a	59.4ab	59.8ab	60.4ab	76.7ab	73.9bc	77.6a
F1T3	18.1a	17.9a	20.1a	56.5 b	58.7bc	60.4ab	76.5ab	72.9cd	76.4b
F2T1	18.8 a	18.6a	21.0a	62.3ab	60.0ab	60.8ab	77.9a	74.8b	76.3b
F2T2	18.2a	18.2a	20.5a	60.2ab	59.6ab	60.7ab	76.7ab	72.6d	76.1b
F2T3	17.9a	17.9a	20a	57.7bc	57.7c	60.1b	74.8b	73.6cd	75.9b

注:表中不同小写字母表示同一年份不同处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Values followed by different lowercase letters in the table mean significant differences among treatments in the same year ( $P<0.05$ ). The same below.

油葵出仁率受钾肥种类的影响在 2015 年和 2016 年差异显著。F1T1 的出仁率较 F2T1 在 2015 年和 2016 年分别增加了 1.50%、2.99%, F1T2 的出仁率较 F2T2 在 2015 年和 2016 年分别增加了 1.76%、19.7%。除 2014 年的 F1 和 2016 年的 F2 以外,出仁率受施钾时期的影响在 2014—2016 年差异显著。2014 年 F2T1 的出仁率较 F2T3 增加了 4.14%;2015 年 F1T1 的出仁率较 F1T2 和 F1T3 分别增加了 2.72%、4.19%, F2T1 的出仁率较 F2T2 和 F2T3 分别增加了 2.98%、1.60%;2016 年 F1T1 和 F1T2 较 F1T3 分别增加了 2.80%、1.49%。

2.1.2 钾肥种类和施钾时期对油葵产量的影响 由表 4 可知,油葵产量受钾肥种类的影响在 2014 年差

品质指标测定方法:取各处理成熟期籽粒,分别测定蛋白质含量、粗脂肪、不饱和脂肪酸及其组分(油酸、亚油酸、亚麻酸)含量。

粗蛋白质含量测定采用凯氏法<sup>[16]</sup>,粗脂肪采用油重法<sup>[17]</sup>,脂肪酸组分含量测定采用气相色谱法<sup>[18]</sup>。

数据采用软件 Excel、DPS 7.05 进行显著性分析,LSD 法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 钾肥种类和施钾时期对油葵产量及产量构成的影响

2.1.1 钾肥种类和施钾时期对油葵产量构成的影响 由表 3 可知,2014—2016 年,F1T1 的盘径最高,F2T3 的盘径最低。油葵盘径受钾肥种类和施钾时期的影响均不显著。

油葵千粒重受钾肥种类的影响差异均不显著。油葵千粒重受钾肥时期的影响在 2014 年和 2015 年差异显著。F1T1 的千粒重较 F1T3 在 2014、2015 年分别增加了 14.74%、3.37%;F2T1 的千粒重较 F2T3 在 2015 年增加了 4.11%。

异显著。2014 年 F1T2 的产量较 F2T2 增加了 4.96%, F1T3 较 F2T3 增加了 4.06%。除 2015 年的 F2 以外,油葵产量受施钾时期的影响在 2014—2016 年差异显著。2014 年 F1T1 的产量较 F1T2 和 F1T3 分别增加 4.62%、9.36%,F1T2 的产量较 F1T3 增加 4.53%,F2T1 的产量较 F2T2、F2T3 分别增加了 7.59%、11.59%;2015 年和 2016 年 F1T1 的产量较 F1T3 分别增加了 7.75%和 5.60%,F2T1 的产量较 F2T3 增加了 5.23%。

2.1.3 油葵产量与产量构成因素的相关分析 表 5 可知,油葵产量与产量构成(盘径、千粒重、出仁率)均有显著的正相关关系。产量构成中出仁率与盘径、千粒重有明显的正相关关系,而盘径与千粒重之间没有明显的相关性。

表 4 不同钾肥和施钾时期对油葵产量的影响

Table 4 Effects of different K fertilizer and K application time on the yield of oil sunflower

处理 Treatment	产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )		
	2014	2015	2016
F1T1	4312a	4194a	4223a
F1T2	4122b	4030ab	4108ab
F1T3	3943c	3892b	3998b
F2T1	4225ab	4146a	4227a
F2T2	3927cd	4024ab	4091ab
F2T3	3789d	3983ab	4017b

表 5 油葵产量与产量构成的相关系数矩阵

Table 5 Correlation coefficient matrix of oil sunflower yield and yield components

项目 Item	产量 Yield	盘径 Disc diameter	千粒重 1000-kernel weight	出仁率 Shelling percentage
产量 Yield	1			
盘径 Disc diameter	0.37**	1		
千粒重 1000-kernel weight	0.37**	0.24	1	
出仁率 Shelling percentage	0.44**	0.37**	0.54**	1

注: \*\*代表  $P < 0.01$  水平上显著相关。\*代表  $P < 0.05$  水平上显著相关。

Note: \* and \*\* indicate significant differences at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  levels, respectively.

## 2.2 钾肥种类和施钾时期对油葵品质的影响

### 2.2.1 钾肥种类和施钾时期对油葵粗蛋白的影响

由表 6 可知,油葵粗蛋白含量受钾肥种类的影响在 2014 年和 2016 年差异显著。F2T3 的粗蛋白含量较 F1T3 在 2014 年和 2016 年分别增加了 9.95% 和 8.87%。除 2014 年和 2016 年的 F2 以外,油葵粗蛋白含量受施钾时期的影响在 2014—2016 年均存在差异。2014 年 F1T1 和 F1T2 的粗蛋白含量较 F1T3 分别增加了 9.85% 和 7.98%;2015 年 F1T1 的粗蛋白含量较 F1T2、F1T3 分别增加了 2.91%、3.20%, F2T1 较 F2T2、F2T3 分别增加了 2.30%、2.71%;2016 年 F1T1 的粗蛋白含量较 F1T3 增加 7.98%。

油葵粗蛋白产量受钾肥种类的影响在 2016 年差异显著。F2T3 的粗蛋白产量在 2016 年较 F1T3 增加 9.29%。油葵蛋白质产量受施钾时期的影响在 2014—2016 年差异均显著。2014 年 F1T1 的粗蛋白产量较 F1T2 和 F1T3 在分别增加了 6.00%、20.15%, F1T2 较 F1T3 增加了 13.35%, F2T1 较 F2T2 和 F2T3 分别增加了 8.15%、14.80%, F2T2 较 F2T3 增加了 6.15%;2015 年和 2016 年 F1T1 的粗蛋白产量较 F1T3 在分别增加了 11.21%、14.00%, F2T1 较 F2T3 分别增加了 6.93%、7.86%。

表 6 不同钾肥和施钾时期对油葵粗蛋白及粗蛋白产量的影响

Table 6 Effects of different K fertilizer and application time on crude protein and crude protein yield of oil sunflower

处理 Treatment	粗蛋白含量/% Crude protein			粗蛋白产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Crude protein yield		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
F1T1	15.14ab	15.92ab	14.13a	652.84a	667.78a	596.43ab
F1T2	14.94b	15.47c	13.76ab	615.90b	623.47bc	565.71b
F1T3	13.78c	15.43c	13.08b	543.37c	600.47c	523.20c
F2T1	15.55a	16.01a	14.60a	657.15a	663.72ab	616.76a
F2T2	15.47ab	15.65bc	14.38a	607.62b	630.05abc	588.26ab
F2T3	15.11ab	15.58c	14.24a	572.41c	620.68c	571.79b

### 2.2.2 钾肥种类和施钾时期对油葵粗脂肪的影响

由表 7 可知,油葵粗脂肪含量受钾肥种类的影响在 2014—2016 年差异不显著。油葵粗脂肪含量受施钾时期的影响在 2014—2016 年存在一定的差异。2014 年和 2015 年 F1T1 的粗脂肪含量较 F1T3 分别增加 4.71%、11.29%, F2T1 的粗脂肪含量较 F2T3 分别增加 4.76%、6.53%;2016 年 F1T1 的粗脂肪含量较 F1T2 和 F1T3 分别增加了 2.71%、6.18%, F1T2 较 F1T3 增加了 3.38%, F2T1 较 F2T2 和 F2T3 分别增加了 4.72%、6.83%。

2014—2016 年, F1T1 的产油量在 2014 年和 2015 年最高, F2T1 的产油量在 2016 年最高, F2T3 的产油量在 2014 年最低, F1T3 的产油量在 2015 年和 2016 年均最低。油葵产油量受钾肥种类的影响在 2014—2016 年差异不显著。油葵产油量受施钾时期的影响在 2014—2016 年均存在差异。2014 年 F1T1 的产油量较 F1T2 和 F1T3 分别增加 7.37%、14.52%, F2T1 较 F2T2、F2T3 分别增加 7.93%、19.93%, F2T2 较 F2T3 增加了 11.40%;2015 年 F1T1、F1T2 较 F1T3 的产油量分别增加了 19.93%、11.40%, F2T1 较 F2T3 增加了 10.82%;2016 年 F1T1 的产油量较 F1T2、F1T3 分别增加 5.57%、12.15%, F1T2 较 F1T3 增加了 6.23%, F2T1 较 F2T2、F2T3 分别增加 8.16%、12.39%。

表 7 不同钾肥和施钾时期对油葵粗脂肪及产油量的影响

Table 7 Effects of different K fertilizer and application time on crude fat and oil production of oil sunflower

处理 Treatment	粗脂肪含量/% Crude fat content			产油量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Oil production		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
F1T1	51.71a	55.03a	52.44a	2229.95a	2307.86a	2214.55a
F1T2	50.38abc	53.20ab	51.05b	2076.94bc	2143.81abc	2097.64b
F1T3	49.39bc	49.45c	49.38c	1947.30cd	1924.35d	1974.71c
F2T1	51.02ab	53.12ab	52.84a	2156.05ab	2202.66ab	2233.17a
F2T2	50.69abc	51.92bc	50.46bc	1990.90c	2088.60bcd	2064.64bc
F2T3	48.71c	49.87c	49.47c	1844.71d	1987.66cd	1987.02c

2.2.3 钾肥种类和施钾时期对油葵不饱和脂肪酸组分的影响 由表8可知,油葵油酸含量受钾肥种类的影响在2015年和2016年均存在差异。2015年F1T2的油酸含量较F2T2增加了5.92%;2016年F1T3的油酸含量较F2T3增加了9.09%。油酸含量受施钾时期的影响在2015年和2016年均存在差异。2015年F1T1的油酸含量较F1T3增加6.62%;2016年F1T1的油酸含量较F1T2增加了10.50%,F2T1的油酸含量较F2T2、F2T3分别增加了7.72%、10.84%。

表8 不同钾肥和施钾时期对油葵不饱和脂肪酸组分的影响

Table 8 Effects of different K fertilizer and application time on unsaturated fatty acids components of oil sunflower

处理 Treatment	油酸 Oleic acid/%			亚油酸 Linoleic acid/%			亚麻酸 Linolenic acid/%		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
F1T1	21.08a	23.89a	24.00a	62.31a	62.44a	63.34a	0.22a	0.19a	0.24a
F1T2	20.57a	23.72ab	21.72bcd	62.59a	61.71a	62.74a	0.22a	0.18a	0.25a
F1T3	20.23a	22.41c	22.65abc	62.65a	60.13b	60.46b	0.22a	0.18a	0.25a
F2T1	20.57a	23.2abc	23.01ab	62.67a	62.73a	62.92a	0.23a	0.19a	0.26a
F2T2	20.4a	22.39c	21.36cd	63.09a	61.89a	62.52a	0.22a	0.19a	0.25a
F2T3	20.57a	22.80bc	20.76d	63.11a	62.04a	62.30a	0.22a	0.18a	0.23a

### 3 讨论与结论

目前钾肥对油葵产量和品质研究多集中于钾肥与不同肥料的组合施用或者钾肥的不同施钾量,没有钾肥种类和施肥时期对油葵产量和品质影响<sup>[9,14-15]</sup>。本试验开展了针对不同钾肥种类和施钾时期的研究。对不同肥料种类的研究结果表明:与施用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>相比,施用KCl的盘径、千粒重、粗脂肪含量、产油量、亚麻酸含量差异均不显著。与施用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>相比,施用KCl的产量在2014年显著增加,出仁率、油酸含量在2015年和2016年显著增加,粗蛋白含量在2014年和2016年显著降低,粗蛋白产量在2016年显著降低,亚油酸含量在2015年和2016年显著降低。本研究中施用氯化钾第1年可以提高油葵的产量,随着施肥年限的增加,增产幅度逐步降低。原因可能是多年氯化钾的施用,土壤中的盐份含量增加,降低了油葵产量<sup>[19]</sup>。随着施肥年限的增加,施用氯化钾增加了油葵油酸含量,但是降低油葵的亚麻酸含量以及粗蛋白含量、粗蛋白产量,说明油酸和亚油酸之间存在负相关关系,这与郑伟等<sup>[20]</sup>、李为萍等<sup>[21]</sup>的研究结果相一致。

通过对施钾时期的研究表明:施钾时期对油葵盘径、亚麻酸含量的影响差异不显著,对其余各产量、产量构成及品质指标的影响显著,均为基施效果最好。其中,钾肥基肥的千粒重在2014—2015年显著增加,出仁率、产量、蛋白质含量、蛋白质产量、粗脂肪含量、产油量在2014—2016年显著增加,油

酸和亚油酸在2015年和2016年显著增加。本研究中钾肥基施能够提高油葵产量,改善油葵品质,段玉等<sup>[22]</sup>、柳洪鹃等<sup>[23]</sup>、姚海兰等<sup>[24]</sup>也得到了类似结果。

通过对产量与产量构成进行相关性分析,油葵产量与盘径、千粒重、出仁率均有显著的正相关关系。

综上所述,施用KCl和K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>对油葵盘径、千粒重、粗脂肪含量、产油量、亚麻酸含量的影响没有明显的差异。与施用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>相比,施用KCl能够增加油葵的产量、出仁率、油酸含量,降低了粗蛋白含量、粗蛋白产量、亚油酸含量。施钾时期对油葵的盘径、亚麻酸含量没有显著影响,但使油葵的千粒重、出仁率、产量、蛋白质含量、蛋白质产量、粗脂肪含量、产油量、油酸、亚油酸显著增加。钾肥的最佳施用时期为基施。油葵产量与盘径、千粒重、出仁率均有显著的正相关关系。油酸和亚油酸含量之间存在负相关关系。

2014—2016年,亚麻酸含量受钾肥种类和施钾时期的影响差异均不显著。

酸和亚油酸在2015年和2016年显著增加。本研究中钾肥基施能够提高油葵产量,改善油葵品质,段玉等<sup>[22]</sup>、柳洪鹃等<sup>[23]</sup>、姚海兰等<sup>[24]</sup>也得到了类似结果。

通过对产量与产量构成进行相关性分析,油葵产量与盘径、千粒重、出仁率均有显著的正相关关系。

综上所述,施用KCl和K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>对油葵盘径、千粒重、粗脂肪含量、产油量、亚麻酸含量的影响没有明显的差异。与施用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>相比,施用KCl能够增加油葵的产量、出仁率、油酸含量,降低了粗蛋白含量、粗蛋白产量、亚油酸含量。施钾时期对油葵的盘径、亚麻酸含量没有显著影响,但使油葵的千粒重、出仁率、产量、蛋白质含量、蛋白质产量、粗脂肪含量、产油量、油酸、亚油酸显著增加。钾肥的最佳施用时期为基施。油葵产量与盘径、千粒重、出仁率均有显著的正相关关系。油酸和亚油酸含量之间存在负相关关系。

#### 参考文献:

- [1] 王鹏冬,杨新元,贾爱红,等.我国油用型向日葵研究发展概述[J]. 杂粮作物,2005,(4):241-245.
- [2] 吴喆.我国油用向日葵发展前景广阔[J]. 现代种业,2003,(4):7-8.
- [3] 崔良基,刘悦,王德兴.我国发展向日葵生产潜力及对策[J]. 杂粮作物,2008,28(5):336-338.
- [4] Baydar H, Erbaş S. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.) [J]. Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 2005, 29(3):179-186.

- [5] Steer B T, Seiler G J. Changes in fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus*) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2010, 51(1):11-26.
- [6] Izquierdo N G, Lan A. Genetic variability in the response of fatty acid composition to minimum night temperature during grain filling in sunflower [J]. *Field Crops Research*, 2008, 106(2):116-125.
- [7] 姬景红,李玉影,刘双全,等. 平衡施肥对玉米产量、效益及土壤-作物系统养分收支的影响[J]. *中国土壤与肥料*,2010,(4):37-41.
- [8] 冀宏杰,张怀志,张维理,等. 我国农田土壤钾平衡研究进展与展望[J]. *中国生态农业学报*,2017,25(6):920-930.
- [9] 卯旭辉,陈炳东,贾秀苹. 钾肥不同施用量对油葵经济性状及产量的影响[J]. *农业科技通讯*,2014,(4):105-108.
- [10] 陈晨,李友宏,王芳,等. 增施钾肥对油葵产量的影响[J]. *北方园艺*,2010,(11):53-54.
- [11] 王祥珍,张奎俊,刘艳. 向日葵钾肥施用方法及增产效果[J]. *杂粮作物*,2004,24(3):183-184.
- [12] 胡志桥,赖丽芳,郭天文. 油葵施用钾肥增产效应研究试验[J]. *甘肃科技*,2007,23(12):243-244.
- [13] Ahmad R, Saeed M, Ullah E, et al. Effect of potassium on protein, oil and fatty acid contents in two autumn planted sunflower hybrids [J]. *International journal of agriculture & biology*, 1999, 1(4):325-327.
- [14] 党柯柯,张骞,何文寿,等. 施肥对盐化土壤油葵养分吸收及产量和品质的影响[J]. *江苏农业科学*,2017,45(10):70-76.
- [15] 王德兴,崔良基,宋殿秀,等. 氮、磷、钾配施对油葵产量与品质的影响[J]. *辽宁农业科学*,2012,(1):4-9.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社,2000:264-267.
- [17] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T5009.6—2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [18] 孟橘,夏天文,王慧芳,等. GB/T 17377—2008 动植物油脂脂肪酸酯的气相色谱分析[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [19] 贾秀苹,岳云,陈炳东. 盐胁迫对油葵生育时期和农艺性状的影响分析[J]. *作物杂志*,2009,(6):45-48.
- [20] 郑伟,王树彦,高文,等. 油用亚麻种质间各脂肪酸含量差异的相关分析[J]. *中国油料作物学报*,2009,31(3):311-315.
- [21] 李为萍,史海滨,李仙岳,等. 水氮交互对油用向日葵粗脂肪及脂肪酸组分的影响[J]. *中国油料作物学报*,2015,37(6):838-845.
- [22] 段玉,张君,王博,等. 钾肥品种和施钾时期对马铃薯产量和品质的影响[J]. *北方农业学报*,2016,44(2):1-6,12.
- [23] 柳洪鹃,姚海兰,史春余,等. 施钾时期对甘薯脐余 23 块根淀粉积累与品质的影响及酶学生理机制[J]. *中国农业科学*,2014,47(1):43-52.
- [24] 姚海兰,张立明,史春余,等. 施钾时期对甘薯植株性状及产量的影响[J]. *西北农业学报*,2010,19(4):82-85.

(上接第 186 页)

#### 参考文献:

- [1] 谭大明,谭海运,刘国一,等. 西藏不同黑青稞品种的农艺性状和营养品质分析[J]. *麦类作物学报*,2018,38(2):142-147.
- [2] 杨开俊,冯继林,刘廷辉. 青稞栽培技术[M]. 成都:四川教育出版社,2008:4.
- [3] 刘国一,尼玛扎西,宋国英,等. 西藏一江两河地区青稞生产土壤养分限制因子分析[J]. *中国农业气象*,2014,35(3):276-280.
- [4] 刘剑君,王豹祥,张朝辉,等. 一株具有固氮功能的烟草根际微生物的鉴定及其初步效应[J]. *植物营养与肥料学报*,2011,17(5):1237-1242.
- [5] 彭方仁,梁有旺,蔡苗,等. 油茶根际联合固氮菌的 16SrDNA 全序列分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*,2014,38(1):27-30.
- [6] 张多英,张淑梅,蔡柏岩. 玉米内生联合固氮菌的分离与鉴定[J]. *东北农业大学学报*,2010,41(2):6-10.
- [7] 邓天天,陈曦,侯宇梦. 不同环境条件下联合共生固氮菌对小麦种子生长的影响[J]. *浙江农业学报*,2018,30(6):886-892.
- [8] 徐睿,刘君昂,罗娜,等. 降香黄檀根际固氮菌分离鉴定及菌群活性研究[J]. *土壤通报*,2015,46(5):1121-1126.
- [9] 姚拓,龙瑞军,王刚,等. 兰州地区盐碱地小麦根际联合固氮菌分离及部分特性研究[J]. *土壤学报*,2004,41(3):444-448.
- [10] 陈河龙,李庆洋,易克贤,等. 剑麻根际联合固氮菌的分离及固氮活性测定[J]. *热带作物学报*,2011,32(6):1097-1101.
- [11] 张莹,姚拓,张德罡,等. 高寒地区联合固氮菌肥对青稞的促生效应研究[J]. *植物营养与肥料学报*,2010,16(3):708-713.
- [12] 李振高,骆永明,滕应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京:科学出版社,2008:52-169.
- [13] 胡春锦,林丽,史国英,等. 广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定. *生态学报*,2012,32(15):4745-4752.
- [14] 刘秀花,梁峰. 小麦根际促生菌的筛选与促生作用研究[J]. *安徽农业科学*,2006,34(20):5300-5301,5308.
- [15] 东秀珠. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京:科学出版社,2001:55-58.
- [16] 樊俊华,张晓波,赵艳. 地毯草根际固氮菌的分离及鉴定[J]. *东北农业大学学报*,2012,43(8):105-109.
- [17] 姚拓,张德罡,胡自治. 高寒地区燕麦根际联合固氮菌研究 I 固氮菌分离及鉴定[J]. *草业学报*,2004,13(2):106-111.
- [18] Jung H Y, So J K, Hwe S Y, et al. *Rhizobium soli* sp.nov., isolated from soil [J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2010, 60(6):1387-1393.
- [19] 李婷,何来,梁泉峰. 非豆科植物的根瘤菌促生机制的研究进展[J]. *中国农业科技导报*,2013,15(2):97-102.
- [20] 姚拓,蒲小鹏,张德罡,等. 高寒地区燕麦根际联合固氮菌研究 III 固氮菌对燕麦生长的影响及其固氮量测定[J]. *草业学报*,2004,13(5):101-105.
- [21] 祁永青,刁治民,刘涛,等. 联合固氮菌对植物促生作用的研究进展[J]. *青海草业*,2008,17(4):22-27,30.