

氮磷钾平衡施用对油用向日葵产量及肥料效率的影响

段玉, 妥德宝, 张君, 李焕春, 赵沛义, 安昊, 姚俊卿

(内蒙古农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 内蒙古呼和浩特 010031)

摘要: 为明确施用氮、磷、钾化肥对油用向日葵产量的影响, 以及油用向日葵对氮、磷、钾养分的吸收规律和利用效率, 于2008~2010年在内蒙古河套及土默川的向日葵典型种植区域进行了9项次田间肥料试验, 结果表明, 油用向日葵施用氮、磷、钾肥均有增产效果, 其中氮肥增产效果最好, 钾肥其次, 磷肥增产最少, 增产幅度分别为20.5%、14.4%和11.5%, 每公斤N、P₂O₅和K₂O分别增产油用向日葵籽粒3.5、5.0和4.6 kg。施用氮、磷、钾化肥的养分当季利用率分别为34.3%、14.8%和50.2%。生产100 kg油用向日葵籽粒分别需要N、P₂O₅和K₂O 4.99、1.74和6.78 kg。以上重要参数的确定为向日葵的科学施肥提供了理论依据, 是油用向日葵实现增产增效的基础。

关键词: 油用向日葵; 氮磷钾化肥; 施肥肥效; 养分利用率

中图分类号: S565.5.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2013)03-0767-05

Effects of N, P and K fertilizers on yield and fertilizer efficiency of oil sunflower

DUAN Yu, TUO De-bao, ZHANG Jun, LI Huan-chun, ZHAO Pei-yi, AN Hao, YAO Jun-qing

(Institute of Resources, Environment and Testing Technology, Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Huhhot 010031, China)

Abstract: In order to investigate the effects of fertilization on yield, and the nutrient utilization and absorption of oil sunflower, nine field experiments were carried in Hetao areas and Tumochuan plain of Inner Mongolia from 2008 to 2010. The results show that the oil-sunflower yields are increased by 20.5% and 14.4% and 11.5% when the nitrogen and potassium and phosphorus fertilizer are used respectively. The increased oil sunflower seed yields per kilogram N and P₂O₅ and K₂O are 3.5 kg and 5.0 kg and 4.6 kg respectively, and the N and P₂O₅ and K₂O fertilizer use efficiencies are 34.3% and 14.8% and 50.2%. About N 4.99 kg, P₂O₅ 1.74 kg and K₂O 6.78 kg are needed to produce 100 kg oil sunflower seeds. All these indexes are important to the scientific fertilization for oil sunflower.

Key words: oil sunflower; NPK fertilizer; fertilizer effect; nutrient use efficiency

向日葵 (*Helianthus annuus*) 原产于拉丁美洲、墨西哥一带, 菊科, 向日葵属, 是世界上主要的油料作物之一。2008~2010年, 中国向日葵平均播种面积96.9万公顷, 总产为201.5万吨^[1]。内蒙古向日葵播种面积为40.2万公顷, 占全国播种面积的41.5%, 总产为88.3万吨, 占全国总产量的

43.8%。向日葵是内蒙古种植的重要的油料作物, 在自治区农业生产中占有重要地位, 同时也是河套灌区农民的重要经济收入来源。河套灌区的巴彦淖尔市是向日葵的适生区, 是内蒙古向日葵的高产区, 虽然播种面积仅占内蒙古地区向日葵播种面积的40%, 但总产量却占内蒙古的70%^[2-4]。向日葵植

收稿日期: 2012-10-22

接受日期: 2013-02-22

基金项目: 国际植物营养研究所 (IPNI) 中国项目部项目; 国家现代农业产业技术体系项目 (CARS-16) 资助。

作者简介: 段玉 (1963—), 男, 内蒙古人, 硕士, 研究员, 主要从事植物营养与施肥研究工作。E-mail: yduan@ipni.ac.cn

株高大,生长迅速,吸收养分较多,在生长中需要合理施肥才能保证提高产量和籽实品质。李庆文等^[5]在辽宁河淤土和风沙土(1980~1982)进行的研究表明,生产100 kg食用葵与油用葵籽实所需的N、P₂O₅、K₂O分别为6.22、1.33、14.6与7.44、1.86、16.6 kg。谷洁等^[6]的研究认为氮、磷、钾是向日葵产量的限制因子,缺钾时籽实产量下降22.7%,减产幅度最大,缺氮次之,减产幅度为19.4%,缺磷减产幅度较小为15.3%。总的来看,关于向日葵的施肥肥效及养分吸收规律的研究较少^[7],尤其是有关油用向日葵的研究报道更少。因此,本文针对油用向日葵急需解决的平衡施肥问题,于2008~2010年,在内蒙古河套及土默川灌区进行了多点多年的氮、磷、钾施肥肥效及养分吸收利用特点的田间试验,研究了油用向日葵对氮、磷、钾的肥料效应及养分吸收利用特点,以期对油用向日葵的科学施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验点概况

2008年试验在杭锦后旗陕坝镇(杭后)、临河区干召庙镇(临河)和五原县隆兴昌镇(五原)进行;2009年试验在杭锦后旗陕坝镇、五原县隆兴昌镇和达拉特旗白泥井镇(达旗)进行;2010年在杭锦后旗陕坝镇、五原县隆兴昌镇和内蒙古农牧业科学院(农科院)试验场进行。河套灌区的杭锦后旗、临河区和五原县采用黄河水灌溉,内蒙古农牧业科学院试验场和达旗采用地下水灌溉。试验区无霜期125~135 d左右,河套灌区年降水量150~200 mm,内蒙古农牧业科学院试验场和达旗降水量350~400 mm,河套灌区土壤为灌淤土,达旗为潮土,内蒙古农牧业科学院试验场为草甸栗钙土。试验地0—20 cm土壤基础养分状况见表1。

表1 试验地土壤养分状况
Table 1 Soil nutrient contents in experimental plots

年份 Year	地点 Site	pH	有机质 OM (g/kg)	铵态氮 NH ₄ -N (mg/kg)	硝态氮 NO ₃ -N (mg/kg)	有效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)
2008	杭后 Hanghou	8.66	3.6	13.7	80.2	39.9	75
	临河 Linhe	8.52	3.7	11.9	23.1	13.2	86
	五原 Wuyuan	8.67	3.7	11.6	23.1	11.7	149
2009	杭后 Hanghou	8.67	2.6	9.4	11.1	36.5	84
	五原 Wuyuan	9.11	2.7	4.8	12.7	21.4	120
	达旗 Dalad	8.83	2.3	8.9	10.9	21.6	107
2010	杭后 Hanghou	8.51	3.2	0.4	29.0	40.2	76
	五原 Wuyuan	8.69	4.1	5.5	25.3	15.0	99
	农科院 IMAAAHS	8.21	19.6	14.0	32.7	15.6	92

注(Note): IMAAAHS—Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences proving ground; OM—Organic matter

1.2 试验设计

供试油用向日葵品种为杂交种“S31”。向日葵在5月下旬播种,8月底9月初收获。种植密度45000~50000株/hm²。试验设5个处理:1)NPK氮、磷、钾肥配合施用,肥料用量由中加合作实验室根据土壤测试值和目标产量进行推荐,具体用量见表2;2)PK不施氮肥;3)NK不施磷肥;4)NP不施钾肥;5)CK不施肥对照。每个处理3次重复,小区面积30m²,随机排列。氮肥为尿素(含N46%),

磷肥为重过磷酸钙(含P₂O₅46%),钾肥为氯化钾(含K₂O60%),氮、磷、钾肥全部做基肥深施,田间管理同一般生产田。

1.3 测定项目与方法

收获时各处理单打、单收,分别测产,并随机取样3株,测定茎叶、花盘和籽实干物质重,然后将各部分混匀后粉碎,过2mm筛备用。植株样品用H₂SO₄-H₂O₂消解后,全氮用凯氏定氮法,全磷用钒钼黄比色法,全钾用火焰光度法测定。

有关计算公式:

某养分元素的增产率(%) = (全肥区产量 - 缺该养分区产量) / 缺该养分区产量 × 100

某养分元素的农学效率(AE)(kg/kg) = (全肥区产量 - 缺该养分区产量) / 该养分施入量;

某养分元素的利用率(%) = (全肥区该元素吸收量 - 缺该元素区养分吸收量) / 全肥区该元素养分用量 × 100。

试验数据采用 Excel 电子表格进行计算处理。

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾肥对油用向日葵产量的影响

2008 ~ 2010 年,在 4 个不同地点进行的 9 项次油用向日葵肥料试验结果(表 2)表明,不同施肥处理之间油用向日葵的产量存在显著差异。与缺素处理相比,氮磷钾平衡施用均有增产效果,其中,在磷、钾肥的基础上施用氮肥增产 10.3% ~ 49.9%,平均为 20.5%;在氮、钾肥基础上施用磷肥增产 8.0% ~ 18.5%,平均为 11.5%;在氮、磷肥基础上施用

钾肥增产 7.3% ~ 28.7%,平均为 14.4%。从平均值可以看出,施肥的增产效果为氮肥 > 钾肥 > 磷肥。说明在河套及土默川灌区氮素仍然是限制油用向日葵产量的主要因素。向日葵是高耗钾作物,尽管试验区的土壤速效钾水平大多在 100 mg/L,但施用钾肥的增产效果较好,说明钾素也是限制产量的一个重要因素,生产中也必须引起重视。

与不施肥对照(CK)相比,施肥可明显提高油用向日葵的产量,且不同施肥处理间也存在显著差异。NPK 处理比对照(CK)增产 19.6% ~ 63.4%,平均为 32.8%; PK 处理增产 4.2% ~ 21.5%,平均为 10.4%; NK 处理增产 6.3% ~ 51.3%,平均为 19.2%; NP 处理增产 9.2% ~ 27%,平均为 15.3%。

2.2 施肥对油用向日葵肥料农学效率和经济效益的影响

农学效率指投入单位养分增加的作物籽实产量,可反映施肥的增产效果和经济收益。表 3 结果表明,在施磷、钾肥基础上施用氮肥,每公斤 N 可增

表 2 油用向日葵施用氮、磷、钾肥的增产效果
Table 2 Effects of N, P, K fertilizers on yields of oil sunflower

项目 Item		2008			2009			2010			平均 Mean
		杭后 Hanghou	临河 Linhe	五原 Wuyuan	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	达旗 Dalad	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	农科院 IMAAHHS	
养分投入量 Nutrient input (kg/hm ²)	N	165	180	195	210	240	285	225	225	225	217
	P ₂ O ₅	60	165	135	75	105	120	120	75	75	103
	K ₂ O	180	135	60	150	105	150	150	135	150	135
产量 Yield (kg/hm ²)	NPK	4434 a	4575 a	4547 a	4504 a	5363 a	4002 a	3352 a	4775 a	5318 a	4541.1
	PK	3364 c	4147 b	4105 b	3805 c	3577 d	3239 bc	2952 bc	4242 bc	4688 b	3791.0
	NK	4076 b	4094 b	4182 b	4122 b	4968 b	3377 b	3048 b	4243 bc	4589 b	4077.7
	NP	3804 b	4227 ab	4116 b	4139 b	4168 c	3123 bc	3105 b	4451 b	4677 b	3956.6
	CK	3228 c	3648 c	3770 c	3462 d	3283 d	2842 c	2786 c	3992 c	3860 c	3430.1
养分增产率 Increased rate (%)	N	31.8	10.3	10.8	18.4	49.9	23.6	13.5	12.6	13.4	20.5
	P ₂ O ₅	8.8	11.8	8.7	9.3	8.0	18.5	10.0	12.5	15.9	11.5
	K ₂ O	16.5	8.2	10.5	8.8	28.7	28.1	8.0	7.3	13.7	14.4
比对照增产 Increasing vs. CK (%)	NPK	37.3	25.4	20.6	30.1	63.4	40.8	20.3	19.6	37.8	32.8
	PK	4.2	13.7	8.9	9.9	9.0	14.0	6.0	6.3	21.5	10.4
	NK	26.3	12.2	10.9	19.1	51.3	18.8	9.4	6.3	18.9	19.2
	NP	17.8	10.4	9.2	19.5	27.0	9.9	11.5	11.5	21.2	15.3

注(Note): IMAAAHS—Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences proving ground. 同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatment at the 5% level.

表3 氮、磷、钾肥对油用向日葵农学效率和收益的影响

Table 3 Agronomy efficiencies and fertilization income of oil sunflower under the NPK fertilization

项目 Item		2008			2009			2010			平均 Mean
		杭后 Hanghou	临河 Linhe	五原 Wuyuan	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	达旗 Dalad	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	农科院 IMAAHS	
农学效率 AE (kg/kg)	N	6.5	2.4	2.3	3.3	7.4	2.7	1.8	2.4	2.8	3.5
	P ₂ O ₅	6.0	2.9	2.7	5.1	3.8	5.2	2.5	7.1	9.7	5.0
	K ₂ O	3.5	2.6	7.2	2.4	11.4	5.9	1.7	2.4	4.3	4.6
肥料收益 FI (Yuan/yuan)	N	7.05	2.59	2.46	3.62	8.09	2.91	1.93	2.57	3.04	3.81
	P ₂ O ₅	5.13	2.52	2.33	4.38	3.24	4.49	2.19	6.11	8.37	4.31
	K ₂ O	3.07	2.26	6.30	2.13	9.98	5.14	1.45	2.11	3.75	4.02

注(Note): IMAAAHS—Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences proving ground; AE—Agronomy efficiency; FI—Fertilization income. 肥料价格 Fertilizer price are N 4.6 Yuan/kg, P₂O₅ 5.8 Yuan/kg, K₂O 5.7 Yuan/kg. 向日葵价格 Sunflower seeds price are 5.0Yuan/kg.

产向日葵籽实 1.8~7.4 kg, 平均为 3.5 kg, 按肥料价格和油用向日葵价格计算(即肥料收益), 每投入一元的氮肥可增收 1.93~8.09 元, 平均 3.81 元; 在氮、钾肥基础上施用磷肥, 每公斤 P₂O₅ 可增产向日葵籽实 2.5~9.7kg, 平均为 5.0 kg, 肥料收益为 2.33~8.37 元, 平均 4.31 元; 在氮、磷肥基础上施用钾肥, 每公斤 K₂O 可增产向日葵籽实 1.7~11.4 kg, 平均为 4.6 kg, 肥料收益为 1.45~9.98 元, 平均 4.02 元。从以上结果可以看出, 施用磷肥的增产增收效果大于钾肥的增产增收效果, 氮肥的增产增收效果最低。

2.3 氮磷钾对油用向日葵肥料利用率的影响

本研究的多年多点试验结果表明, 不同地点、

不同年份、不同地力水平向日葵的肥料利用率不尽相同(表4)。在施磷、钾肥的基础上施用氮肥的肥料利用率(N)为 23.3%~41.7%, 平均 34.3%; 在氮、钾肥基础上施用磷肥的肥料利用率(P₂O₅)为 10.5%~20.0%, 平均 14.8%; 在氮、磷肥基础上施用钾肥的肥料利用率(K₂O)为 39.8%~63.0%, 平均 51.3%。这一结果和其他作物及我国各地的养分利用率基本相近^[8]。

在氮、磷、钾(NPK 处理)配施条件下, 生产 100 kg 向日葵籽实需要吸收 N 4.39~5.82 kg, 平均 4.99 kg; P₂O₅ 1.16~2.09 kg, 平均 1.74 kg; K₂O 4.13~10.51 kg, 平均 6.79 kg。

表4 氮、磷、钾肥对油用向日葵养分利用率的影响

Table 4 Nutrient use efficiencies of oil sunflower under the NPK fertilization

项目 Item		2008			2009			2010			平均 Mean
		杭后 Hanghou	临河 Linhe	五原 Wuyuan	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	达旗 Dalad	杭后 Hanghou	五原 Wuyuan	农科院 IMAAHS	
养分利用率 NUE (%)	N	39.6	34.3	24.4	41.6	41.7	23.3	36.5	37.7	29.4	34.3
	P ₂ O ₅	19.7	10.7	10.5	20.0	13.6	14.1	13.5	18.3	12.6	14.8
	K ₂ O	46.7	39.8	50.1	63.0	61.5	55.7	52.3	48.7	43.0	51.3
100 kg 籽实 吸收养分量 NUT(kg)	N	4.39	5.82	5.02	5.08	4.82	5.05	5.38	4.87	4.49	4.99
	P ₂ O ₅	1.66	1.16	1.62	1.93	1.61	2.04	1.83	1.73	2.09	1.74
	K ₂ O	5.21	6.25	7.64	4.87	4.13	5.94	9.56	10.51	7.00	6.79

注(Note): IMAAAHS—Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences proving ground; NUE—Nutrient use efficiency; NUT—Nutrient uptake per 100 kg grain.

3 讨论与结论

油用向日葵植株高大,生长迅速,生育期短,对氮、磷、钾养分吸收较多较快。3年9项次试验结果表明,氮磷钾配合施用是油用向日葵增产的重要施肥措施。氮磷钾配合施用比缺氮区平均增产20.5%,比缺磷区增产11.5%,比缺钾区增产14.4%,可见氮素仍然是限制产量的主要因素。施肥增产效果为氮肥>钾肥>磷肥。

内蒙古河套及土默川是我国相对富钾地区,近年来随着粮食产量的增加,土壤速效钾含量逐年下降^[8],单施氮、磷化肥已经不能满足作物高产的需求,特别是需钾量较高的向日葵。本研究表明,在内蒙古向日葵主产区,向日葵施用钾肥增产效果显著,土壤速效钾在75~150 mg/kg时,在氮、磷肥(NP)的基础上施用钾肥平均增产14.4%,仅次于在磷钾(PK)基础上施用氮肥的增产效果(20.5%),高于在氮钾(NK)基础上施用磷肥的增产效果(11.5%)。

施用每公斤N、P₂O₅、K₂O分别增产向日葵3.5 kg、5.0 kg和4.6 kg,按肥料价格计算,每施一元的N、P₂O₅、K₂O养分,平均增收3.81元、4.31元和4.02元。磷肥的农学效率和肥料效益高于钾肥的增产增收效果,氮肥的增产增收效果最低,可能与氮肥用量偏大以及不合理施肥造成的氮肥损失较多有关。本研究结果表明,肥料利用率氮(N)平均为34.3%、磷(P₂O₅)平均14.8%、钾(K₂O)平均为51.3%,基本与全国平均水平相近^[9]。

品种以及栽培管理措施不同,生产100 kg油用向日葵籽实所需吸收的N、P₂O₅、K₂O量也不相同,李庆文等^[5]研究表明,成熟的油用向日葵施用氮、磷、钾肥生产100 kg籽实吸收N、P₂O₅、K₂O为7.44、1.86和16.68 kg。本研究的结果为吸收N平均为4.99 kg,吸收P₂O₅平均为1.74 kg,吸收K₂O平均为6.79 kg。在氮、磷、钾三元素中以需钾最多,氮次之,磷最少,与李庆文的研究结果有相同的趋势。

推荐施肥的主要参数是施肥的养分利用率和单位产量的养分吸收量,通过本项研究为该地区油用向日葵推荐施肥提供了主要技术参数,为油用向日葵合理施肥提供科学依据。

参考文献:

- [1] 中国种植业信息网. 农作物数据库[EB/OL]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>, 2011-5-20.
China's Planting Information Nets. Crops database[EB/OL]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>, 2011-5-20.
- [2] 汪家灼. 我国植物油料及油用向日葵发展近况[J]. 内蒙古农业科技, 2006, (6): 11-14.
Wang J Z. Review on the recent development for china crop-oil and oilseed sunflower[J]. Inner Mongolia Agric. Sci. Techn., 2006, (6): 11-14.
- [3] 张立华, 赵益平, 张颖力, 等. 内蒙古向日葵生产现状及发展对策[J]. 内蒙古农业科技, 2007(5): 82-84.
Zhang L H, Zhao Y P, Zhang Y L *et al.* Status of sunflower production in Inner Mongolia and its countermeasure[J]. Inner Mongolia Agric. Sci. Techn., 2007, (5): 82-84.
- [4] 安玉麟. 中国向日葵产业发展的问题与对策[J]. 内蒙古农业科技, 2004, (4): 1-4.
An Y L. The problems and countermeasures of the sunflower industry development in China[J]. Inner Mongolia Agric. Sci. Techn., 2004, (4): 1-4.
- [5] 李庆文, 魏亚范, 尤宝庆, 等. 向日葵吸肥特征及其对肥料效应的研究[J]. 土壤通报, 1984, 15(2): 76-77.
Li Q W, Wei Y F, You B Q *et al.* Research of sunflower nutrient uptake characteristics and fertilizer effect[J]. Chin. J. Soil Sci, 1984, 15(2): 76-77.
- [6] 谷洁, 高华. 黄土高原向日葵产量的土壤养分限制因子与施肥指标研究[J]. 中国油料作物学报. 1998, 20(4): 84-88.
Gu J, Gao H. Soil nutrient as yield limitation factors and fertilizer supply index of sunflower in loess plateau[J]. Chin. oil crops, 1998, 20(4): 84-88.
- [7] 安玉麟, 郭富国, 杨文耀. 河套黄灌区油用向日葵氮磷钾肥料效应分析[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 147-151.
An Y L, Guo F G, Yang W Y. A study on the effect of application N, P, K of oil sunflower in Hetao irrigated area of Inner Mongolia [J]. Acta Agric. Boreali-Sin., 2007, 2(5): 147-151.
- [8] 刘晨光. 河套灌区土壤肥力与施肥对策[EB/OL]. <http://www.bmagri.gov.cn/Upload/Apps/200912/200912091528360996.ppt>, 2009-12.
Liu C G. Hetao irrigation distric soil fertility status and fertilization countermeasures[EB/OL]. <http://www.bmagri.gov.cn/Upload/Apps/200912/200912091528360996.ppt>, 2009-12.
- [9] 金继运. 中国的肥料利用率[A]. 农业持续发展中的植物养分管理[C]. 江西人民出版社, 2008. 9-18.
Jin J Y. Fertilizer use efficiency in China[A]. Plant nutrition management in sustainable agriculture [C]. Nanchang: Jiangxi People's Publishing House, 2008. 9-18.