

高油酸花生品种吉花 25 种植密度与施肥量优化配置研究

宁 洽, 孙晓苹, 刘海龙, 吕永超, 杨翔宇, 高华援*, 张连喜*

(吉林省农业科学院花生研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘 要:为探明种植密度与施肥水平交互作用对高油酸花生生产量的影响程度, 以高油酸花生品种吉花 25 为试验材料, 运用正交回归试验设计方法, 研究肥料和密度互作下高油酸花生在吉林省的最优产量栽培方案。通过试验统计分析得到, 产量最高 $Y=600.8 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$, 相应的栽培措施为 23 895 粒/667 m^2 , 尿素 12 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$; 磷酸氢二铵 3.8 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$; 硫酸钾 3.5 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$ 。

关键词:高油酸花生品种; 种植密度; 施肥量

中图分类号: S565.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)03-0022-04

Study on Multi-factor Optimization Cultivation Techniques of Jihua 25 High Oleic Acid Peanut

NING Qia, SUN Xiaoping, LIU Hailong, LYU Yongchao, YANG Xiangyu, GAO Huayuan*, ZHANG Lianxi*

(Peanut Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: To explore the interaction between planting density and fertilization level on the yield of high oleic acid peanut, an orthogonal regression design method was employed. The study focused on the high oleic acid peanut variety Jihua 25. The aim was to determine the optimal cultivation plan for high oleic acid peanuts in Jilin Province, considering the interaction between fertilizer and planting density. The results showed that the highest yield was $Y=600.8 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$, and the corresponding cultivation measures were 23,895 plants/667 m^2 , N 12 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$, P_2O_5 3.8 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$, K_2O 3.5 $\text{kg}/667 \text{ m}^2$.

Key words: High oleic acid peanut; Planting density; Amount of fertilizer applied

花生是我国主要的油料作物和经济作物, 吉林省花生种植面积达 27 万 hm^2 , 主要分布在吉林省中、西部地区, 近年来随着栽培技术改进和种植面积扩大, 花生已成为吉林省主要作物, 且吉林省花生产区已成为我国主要的花生出口产地^[1-2]。由于吉林省特殊的生态条件, 种植的花生品种多集中在高产、早熟品种, 高油酸花生品种种植较少, 由于我国种植结构调整, 高油酸花生比普通油酸花生将更具有市场竞争力, 未来在我

国花生生产中高油酸花生品种将占主导地位, 进而迎来我国花生品种的更新换代^[3]。栽培方式的改变对作物产量有直观的影响。产量性状是植株的基本产量指标^[4]。种植密度和施氮量是影响作物产量的重要栽培因素^[5-9]。研究发现增施氮肥会在一定范围内提高花生荚果产量和百果重, 当氮肥达到一定量后土壤碱解氮会随氮量增加而增加, 致使荚果产量和百果重下降^[10]。播期和施氮量显著影响花生产量性状和产量, 单株结果数、百果重和荚果产量随播期推迟而降低, 施氮量为 120 kg/hm^2 有利于增加花生单株果数和百果重, 进而提高荚果产量^[11]。花生栽培措施中播期会影响光合产物和营养物质的转运分配, 最终导致花生产量和品质的不同^[12]。吉林省花生适播期为 5 月 7 日左右时, 单产提高主要原因为花生荚果饱满度提高^[13]。适宜的氮肥水平下, 合理密植可提高作物产量^[14]。精播条件下构建氮肥和密度与产量的数学模型, 得出花生对肥料更为敏感^[15]。磷、钾肥

收稿日期: 2022-06-30

基金项目: 吉林省科技发展计划重点研发项目 (20200402019NC); 吉林省农业科技创新工程项目 (CXGC2021ZYD121)

作者简介: 宁 洽 (1990-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事花生遗传育种研究。

通讯作者: 高华援, 男, 硕士, 研究员, E-mail: ghy64143@163.com
张连喜, 男, 硕士, 研究员, E-mail: lianxizhang2006@163.com

是花生生长发育重要必需元素,与根系生长发育密切相关,通过改变根瘤菌的固氮能力,提高产量幼苗健壮度,促进生长,进而提高产量^[16-18]。常规设定的梯度肥料和密度试验,能够得到在设定区间内的生物规律^[19-20]。目前,吉林省关于农艺措施对高油酸花生产量性状影响的研究尚鲜见报道。

本研究以吉花25为试验材料,运用正交回归试验设计,研究高产群体构建与肥料运筹之间协同与产量性状关系,确立该品种在吉林省生产实践中的栽培指南。

1 材料与方 法

1.1 试验地点与试验材料

本试验在吉林省农业科学院公主岭试验基地(43°11'E,124°02'N)进行。气候类型属于温带大陆性季风气候,温度、降水量、光照等季节性变化显著。年平均气温5.6℃,年平均降水量594.8 mm,无霜期144 d,试验田0~20 cm耕层土壤肥力见表1。

表1 试验田耕层土壤肥力 mg/kg				
土层深度(cm)	有机质	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0~20 cm	16 800	103.8	10.2	146.1

选用吉林省农业科学院选育的高油酸花生新品种吉花25[GPD花生(2022)220087]为试验材料。肥料选择尿素(N)、磷酸氢二铵(P₂O₅)和硫酸钾(K₂O)。

1.2 试验设计

本试验采用N、P、K及密度4因素5水平正交回归设计,1/2实施;试验小区采用随机区组排列,3次重复,小区垄距0.6 m,行长4 m,2垄区,小区面积4.8 m²,采用单粒交错栽培方式。2021年5月6日播种,9月15日收获。试验区田间管理按生产田标准管理。试验水平设计、编码及肥料用量见表2、表3。

1.3 数据采集

在收获期,每个小区连续取样10株,对10株总荚果重、籽仁重、百仁重、出仁率、产量和250 g荚果数等性状进行测量。

表2 二次回归正交设计

处理组	水平编码			
	密度	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	1	1	1	1
2	1	1	-1	-1
3	1	-1	1	-1
4	1	-1	-1	1
5	-1	1	1	-1
6	-1	1	-1	1
7	-1	-1	1	1
8	-1	-1	-1	-1
9	-1.353 1	0	0	0
10	1.353 1	0	0	0
11	0	-1.353 1	0	0
12	0	1.353 1	0	0
13	0	0	-1.353 1	0
14	0	0	1.353 1	0
15	0	0	0	-1.353 1
16	0	0	0	1.353 1
17	0	0	0	0

表3 试验水平编码及肥料用量

	密度	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	穴距、粒数(4.8 m ²)	(g/4.8 m ²)	(g/4.8 m ²)	(g/4.8 m ²)
1.353 1	9.3 cm、172粒	185	169.5	160.7
1	10 cm、160粒	167.3	151.8	143
0	12 cm、133粒	117.3	101.8	93
-1	14 cm、114粒	67.3	51.8	43
-1.353 1	14.7 cm、109粒	49.3	34.1	25.3

1.4 数据处理

采用Excel 2007、DPS 7.5进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理花生产量性状分析

由表4可知,处理8的荚果重、荚果数、籽仁重、百仁重4个指标均为最大,处理2的产量最高,处理15的出仁率最高。

表4 不同处理下花生产量性状

处理组	荚果重(kg)	荚果数(个)	籽仁重(kg)	百仁重(kg)	产量(kg/667 m ²)	出仁率(%)
1	0.19	175.00	0.13	0.06	420.97	69.71
2	0.23	186.33	0.14	0.06	522.00	68.03
3	0.21	185.50	0.11	0.06	475.74	69.15
4	0.19	169.67	0.13	0.06	412.94	69.40
5	0.22	203.33	0.15	0.06	356.08	66.61
6	0.26	197.00	0.15	0.06	409.49	68.07

续表 4

处理组	荚果重(kg)	荚果数(个)	籽仁重(kg)	百仁重(kg)	产量(kg/667 m ²)	出仁率(%)
7	0.23	177.67	0.14	0.06	366.92	68.19
8	0.27	217.67	0.17	0.07	429.85	67.91
9	0.25	195.33	0.16	0.06	375.13	68.36
10	0.20	167.00	0.14	0.06	524.74	68.37
11	0.21	184.00	0.15	0.06	392.95	70.20
12	0.22	186.33	0.15	0.07	393.72	67.41
13	0.21	177.67	0.14	0.06	391.73	67.57
14	0.21	174.67	0.15	0.06	388.69	69.16
15	0.23	186.00	0.16	0.07	426.09	70.26
16	0.19	163.67	0.14	0.06	343.68	69.03
17	0.21	180.00	0.14	0.06	391.51	66.99

2.2 多元线性逐步回归分析

通过多元线性逐步回归分析,研究产量与肥料和密度之间的关系,以产量(Y)为因变量,以种植密度(X_1)、施氮量(X_2)、施磷量(X_3)和施钾量(X_4)为自变量,得到回归方程: $Y=380.04+40.45X_1-4.91X_2-13.61X_3-24.43X_4+39.62X_1^2-7.71X_2^2+7.00X_3^2+4.09X_4^2+10.69X_1X_2+9.76X_1X_3-19.29X_1X_4$ 。

Durbin-Watson 统计量 $d=2.20$ 。从回归方程可知,常数项系数为 380.04,密度 X_1 一次项系数为 40.45,N 肥 X_2 一次项系数为 -4.91,磷肥 X_3 一次项系数为 -13.61,钾肥 X_4 一次项系数为 -24.43;密度 X_1 二次项系数为 39.62,N 肥 X_2 二次项系数为 -7.71,磷肥 X_3 二次项系数为 7.00,钾肥 X_4 二次项系数为 4.09,密度与氮肥互作项系数为 10.69,密度与磷肥互作项系数为 9.76,密度与钾肥互作项系数为 -19.29。

2.2.1 密度与产量关系分析

为深入研究 4 个因素在数学模型中的作用和生产实践中的定量标准,采用降维法对回归方程进行分析,先固定 3 个因素为 0 水平,则得到密度回归方程可分解为: $Y=380.04+40.45X_1+39.62X_1^2$,从回归方程和图 1 可知,当 $X_1=-0.54$ 时,产量最低为 369.75 kg/667 m²,随着密度加大产量随之提高,当 $X_1=1.353$ 1 时,即播种粒数为 23 895 粒/667 m²时,产

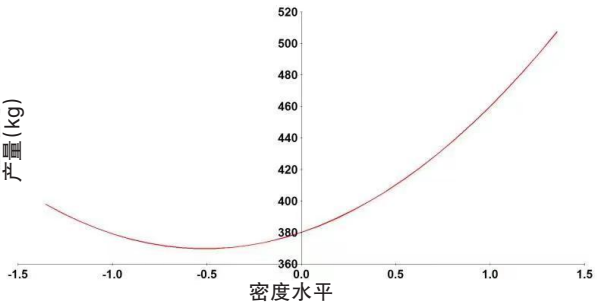


图 1 密度与产量关系图

量为 507.32 kg/667 m²,当 $X_1=-1.353$ 1 时,即播种粒数为 7 559 粒/667 m²时,产量为 397.8 kg/667 m²。

2.2.2 氮肥与产量关系分析

为深入研究 4 个因素在数学模型中的作用和生产实践中的定量标准,采用降维法对回归方程进行分析,先固定 3 个因素为 0 水平,氮肥回归方程可分解为: $Y=380.04-4.91X_2-7.71X_2^2$,从回归方程和图 2 可知,当 $X_2=-0.361$ 时,产量最高为 380.80 kg/667 m²,随着氮肥用量增加产量随之降低,当 $X_2=1.353$ 1 时,即尿素用量为 14.37 kg/667 m²时,产量为 359.27 kg/667 m²,当 $X_2=-1.353$ 1 时,即尿素用量为 5.70 kg/667 m²时,产量为 372.56 kg/667 m²。

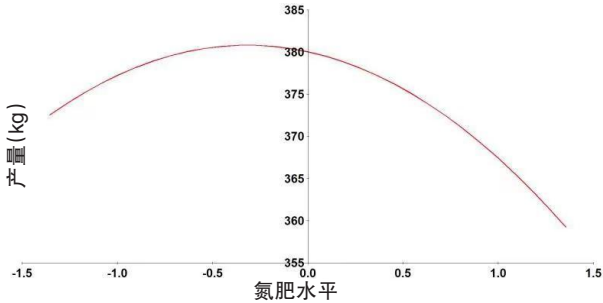


图 2 氮肥与产量关系图

2.2.3 磷肥与产量关系分析

为深入研究 4 个因素在数学模型中的作用和生产实践中的定量标准,采用降维法对回归方程进行分析,先固定 3 个因素为 0 水平,磷肥回归方程可分解为: $Y=380.04-13.61X_3+7.00X_3^2$,从回归方程和图 3 可知,当 $X_3=0.99$ 时,即 P_2O_5 用量为 11.28 kg/667 m²时,产量最低为 373.43 kg/667 m²,随磷肥减少产量随之提高,当 $X_3=-1.353$ 1 时,即 P_2O_5 用量为 2.55 kg/667 m²时,产量为 411.27 kg/667 m²。

2.2.4 钾肥与产量关系分析

为深入研究 4 个因素在数学模型中的作用和

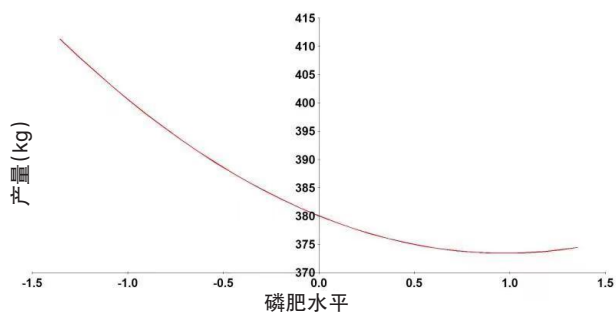


图3 磷肥与产量关系图

生产实践中的定量标准,采用降维法对回归方程进行分析,先固定3个因素为0水平,钾肥回归方程可分解为: $Y=380.04-24.43X_4+4.09X_4^2$,从回归方程和图4可知,当 $X_4=1.353$ 1时,即 K_2O 用量为11.16 kg/667 m²时,产量最低为354.48 kg/667 m²,随着钾肥的减少产量随之提高,当 $X_4=-1.353$ 1时,即 K_2O 用量为1.77 kg/667 m²时,产量为420.58 kg/667 m²。

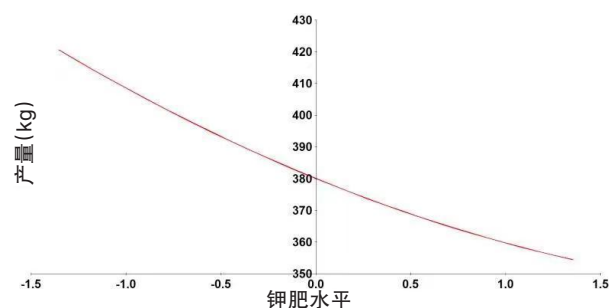


图4 钾肥与产量关系图

2.3 产量性状栽培方案的合理优化

依据回归方程可知,函数Y的最大值是理论模型的最优解。产量在8 517粒/667 m²时产量最低,随着密度进一步降低,产量随之提高。

在考虑到密度与氮肥、磷肥、钾肥互作条件下,达到最高产量 $X_1=1.353$ 1、 $X_2=0.738$ 8、 $X_3=-1.490$ 、 $X_4=-1.351$ 时,理论产量达到最高值。

3 讨论

研究发现密度能极显著影响甘薯产量,随密度增加产量先升后降^[21],油菜最优栽培密度6 000株/667 m²所获得的产量极显著优于其他密度^[22],水稻密度增加会显著增加单位面积穗数,但高密度处理下产量下降,结实率偏低,产量与施氮量呈现开口朝下的抛物线关系^[23];施肥会影响叶绿素荧光参数,随施氮量增加而改变^[24]。通过影响光合作用能够达到影响籽粒产量和品质等因素^[25],花生产量随施氮量增加先增加后减少,也呈抛物线趋势。随施磷量的增加单株结果数随着增

加,呈直线趋势^[26-27];施钾可促进夏玉米地上部生长和提高养分转运,对籽粒产量形成起到积极作用^[28];研究发现施磷促进花生根系和地上部生长^[29]。本研究发现在一定范围内:(1)随密度的增加,产量是一个开口向上的抛物线。产量前期出现一个小幅度的下降,随后出现幅度较大的上涨。当密度增长达到一定值时对产量增长会再次出现促进作用。(2)随施氮量的增加,产量是一个开口向下的抛物线,当施氮量达到一定值后对产量增加效应在减小。(3)随施磷量的增加,产量是一条前期下降幅度较大,后期较为平缓的曲线。(4)随施钾量的增加产量是一条直线下降的曲线。

4 结论

本研究通过正交回归分析,得到吉花25在吉林省公主岭栽培实践中肥料施用和种植密度最优栽培方案:产量最高 $Y=600.8$ kg/667 m²,相应的栽培措施为23 895粒/667 m²,尿素12 kg/667 m²,磷酸氢二铵3.8 kg/667 m²,硫酸钾3.5 kg/667 m²。

参考文献:

- [1] 高华援,凤桐. 吉林花生[M]. 北京:中国农业出版社, 2016:32-35.
- [2] 张连喜,杨翔宇,李玉发,等. 吉林省花生产业概况与发展建议[J]. 东北农业科学, 2021, 46(6): 83-86, 102.
- [3] 王传堂,张建成,唐月异,等. 中国高油酸花生育种现状与展望[J]. 山东农业科学, 2018, 50(6): 171-176.
- [4] 高华援,凤桐,赵叶明,等. 花生品种产量性状的稳定性分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30): 14673-14675, 14679.
- [5] 陈康. 密度和氮肥互作对单粒精播花生SPAD值、植株和产量性状的影响[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(6): 1070-1076.
- [6] Pasley H R, Camberato J J, Cairns J E, et al. Nitrogenrate impacts on tropical maize nitrogen use efficiencyand soil nitrogen depletion in eastern and southern Africa[J]. Nutr Cycl Agroeco-systems, 2020, 116(3): 397-408.
- [7] Ciampitti I A, Vyn T J. Physiological perspectives ofchanges over time in maize yield dependency on nitrogenuptake and associated nitrogen efficiencies: a review[J]. Field Crops Res, 2012, 133: 48-67.
- [8] 杨富军,刘海龙,陈小姝,等. 高纬度生态区不同类型花生单粒精播密度研究[J]. 东北农业科学, 2016, 41(5): 28-33.
- [9] 林小兵,周利军,黄尚书,等. 不同施氮量下南方红壤花生农艺性状、产量及土壤养分的变化[J]. 热带作物学报, 2020, 41(6): 1076-1083.
- [10] 王建国,唐朝辉,张佳蕾,等. 播期与施氮量对花生干物质、产量及氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(3): 507-520.

(下转第105页)

镇、石头河子镇和温春镇次之。

参考文献:

- [1] 周文志. 黑龙江省黑穗醋栗生产科研现状及前景展望[J]. 中国林副特产, 2009(5): 97-98.
- [2] 高 科. 我省黑穗醋栗的生产现状与展望[J]. 吉林农业科学, 1987(2): 85-88.
- [3] 周文志. 寒丰黑穗醋栗与薄皮黑穗醋栗主要性状比较试验[J]. 中国林副特产, 2000(1): 15.
- [4] 刘凤芝, 顾广军, 张武杰, 等. 黑穗醋栗种质资源主要经济性状鉴定与评价[J]. 黑龙江农业科学, 2008(1): 40-42.
- [5] 刘凤芝, 杨晓华, 赵文清, 等. 11个黑穗醋栗品种主要经济性状比较[J]. 中国林副特产, 2010(2): 33-35.
- [6] 张 鹏, 宋德禄, 段亚东, 等. 9个黑穗醋栗品种在黑龙江绥

棱的表现[J]. 中国果树, 2014(2): 39-42.

- [7] 李学君, 朱力国, 谢孝坤, 等. 5个俄罗斯黑穗醋栗品种在黑龙江黑河的表现[J]. 中国果树, 2011(4): 34-35.
- [8] 张冰冰, 宋洪伟, 梁英海, 等. 穗醋栗种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 40-62.
- [9] 鲍江峰, 夏仁学, 彭抒昂. 生态因子对柑橘果实品质的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1477-1480.
- [10] 刘科鹏, 黄春辉, 冷建华, 等. ‘金魁’猕猴桃果实品质的主成分分析与综合评价[J]. 果树学报, 2012, 29(5): 867-871.
- [11] 于 辉, 张秀美, 王 宏, 等. 不同产地寒富苹果品质的分析[J]. 江西农业学报, 2012, 24(4): 55-56.
- [12] 张蕊芬, 李 静, 葛红娟, 等. 不同地区烟富3号苹果果实品质分析研究[J]. 山东农业科学, 2020, 52(1): 69-71.

(责任编辑: 刘洪霞)

(上接第25页)

- [11] 于 畅, 王铭伦, 张 俊, 等. 播期对花生光合性能与产量影响的研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2011, 28(1): 16-19.
- [12] 陈晶晶, 朱冰兵, 杨富军, 等. 播期对吉林省不同类型花生(*Arachis hypogaea*)生理性状及产量的影响[J]. 分子植物育种, 2017, 15(11): 4752-4758.
- [13] 刘海龙, 宁 洽, 吕永超, 等. 吉林省花生适时播种对产量及相关性状影响研究[J]. 花生学报, 2021, 50(4): 72-80.
- [14] Leskovsek R, Datta A, Simoncic A, et al. Influence of nitrogen and plant density on the growth and seed production of common ragweed(*Ambrosia artemisiifolia* L.)[J]. Journal of Pest Science, 2012, 85(4): 527-539.
- [15] 郑亚萍, 王才斌, 成 波, 等. 不同品种类型花生精播肥料与密度的产量效应及优化配置研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 201-205.
- [16] Sangi Nga N. Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems: a case study of West Africa farming systems[J]. Plant and Soil, 2003, 252: 25-39.
- [17] Chasso A, Richner W. Root characteristics and phosphorus uptake of maize seedlings in a Bilayered soil[J]. Agron J, 2002, 94: 118-127.
- [18] Machya A D, Barber S A. Soil temperature effects on root growth and phosphorus uptake by corn[J]. Soil Science Society of America Journal, 1984, 48: 818-823.
- [19] 栾天浩, 翟 季, 孙祎龙, 等. 密度与氮、磷、钾用量对花生吉

花1号产量的影响[J]. 东北农业科学, 2017, 42(5): 23-26.

- [20] 李拴柱, 郑青焕, 宋江春, 等. 夏花生土壤磷钾养分丰缺指标研究与应用[J]. 东北农业科学, 2021, 46(3): 34-36, 40.
- [21] 李平芳, 王红梅, 张艳丽, 等. 不同密度、氮磷钾配比对甘薯产量和商品率的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(33): 41-49.
- [22] 刘兴叶, 田宏先, 马 群, 等. 氮磷钾用量与种植密度对春油菜产量的影响研究[J]. 农业技术与装备, 2022(1): 26-27, 30.
- [23] 刘 畅. 移栽密度和氮肥对 *ERF2* 不同表达水平水稻产量和氮磷钾吸收的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- [24] 刘 岩, 周勋波, 陈雨海, 等. 种植方式和灌溉对冬小麦叶绿素荧光参数及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 7(16): 1086-1089.
- [25] 罗新宁, 陈 冰, 张巨松, 等. 南疆地区不同施氮量棉花叶片光合特性及产量表现[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 40-44, 82.
- [26] 刘学良, 修俊杰, 张一楠, 等. 不同氮肥用量对花生生长发育的影响[J]. 农业科技通讯, 2019(3): 86-89.
- [27] 刘学良, 修俊杰, 张一楠, 等. 不同磷肥用量对花生生长发育的影响[J]. 农业科技通讯, 2018(12): 134-138.
- [28] 宋 杰, 王少祥, 李 亮, 等. 施钾量对夏玉米氮、磷、钾吸收利用和籽粒产量的影响[J]. 作物学报, 2022, 49(2): 539-551.
- [29] 索炎炎, 张 翔, 司贤宗, 等. 不同施锌方式下外源磷对花生根系形态、叶绿素含量及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(4): 664-672.

(责任编辑: 王 昱)