

重茬大豆高效施肥模式研究

李馨宇^{1,2}, 米刚^{1,2}, 周鑫^{1,2}, 刘显元^{1,2}, 王舒^{1,2}, 王立言³, 姜宇^{1,2,*}

(1. 黑龙江省农业科学院黑河分院, 黑龙江黑河

164300; 2. 国家土壤质量爱辉观测实验站, 黑龙江黑河 164300; 3. 五大连池农业技术推广中心, 黑龙江黑河 164100)

摘要 [目的] 筛选出适合重茬大豆种植的高效施肥模式。[方法] 通过田间试验, 研究不同施肥模式对重茬大豆叶绿素、根瘤、产量及品质的影响。处理如下: ①常规施肥(CK); ②优化施肥(NPK); ③优化施肥+微肥(NPK+Mo+B+Zn); ④优化施肥+追氮(NPK+N); ⑤缓释肥料(SRF); ⑥纳米增效肥料(70%NPK+NF); ⑦优化施肥+叶面肥(NPK+F); ⑧优化施肥+根瘤菌(NPK+R)。[结果] 与CK相比, 叶绿素含量、根瘤鲜干重及数量以NPK+Mo+B+Zn处理提高最明显, 其次为NPK+F处理; 各施肥处理的增产幅度均较为显著, 其中产量及农艺指标以NPK+Mo+B+Zn、70%NPK+NF、NPK+F处理表现较好; 蛋白质和脂肪含量以70%NPK+NF和NPK+Mo+B+Zn处理处于较高水平。[结论] NPK+Mo+B+Zn处理为黑河地区重茬大豆高效施肥的最优选择。

关键词 重茬大豆; 高效施肥; 叶绿素; 根瘤; 产量; 品质

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)03-0158-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.03.042



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on High Efficiency Fertilization Model of Continuous Cropping Soybean

LI Xin-yu^{1,2}, MI Gang^{1,2}, ZHOU Xin^{1,2} et al (1. Heihe Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe, Heilongjiang 164300; 2. National Soil Quality Aihui Observation and Experiment Stations, Heihe, Heilongjiang 164300)

Abstract [Objective] To screen out a high-efficiency fertilization model suitable for continuous soybean cropping. [Method] The effects of different fertilization models on chlorophyll, root nodule, yield and quality of continuous cropping soybean were studied through field experiments. The treatment is as follows: ①conventional fertilizer (CK); ②optimal fertilization (NPK); ③combined application of optimal fertilization and microelement fertilizer of Mo, B and Zn (NPK+Mo+B+Zn); ④combined application of optimal fertilization and topdressing N (NPK+N); ⑤slow release fertilizer (SRF); ⑥combined application of 70% optimal fertilization and nano-carbon (70%NPK+NF); ⑦combined application of optimal fertilization and foliage fertilizer (NPK+F); ⑧combined application of optimal fertilization and rhizobium (NPK+R). [Result] Compared with control, the chlorophyll content, fresh dry weight and number of root nodules increased most obviously with NPK+Mo+B+Zn treatment, followed by NPK+F treatment; yield increase rate of different fertilization treatments was significant, among them, yield and agronomic characters of NPK+Mo+B+Zn, 70%NPK+NF and NPK+F treatments were better; the contents of protein and fat were at a higher level when treated with 70% NPK+NF and NPK+Mo+B+Zn. [Conclusion] NPK+Mo+B+Zn treatment was the optimal choice for high-efficiency fertilization of continuous cropping soybean in Heihe area.

Key words Continuous soybean cropping; High-efficiency fertilization; Chlorophyll; Root nodule; Yield; Quality

施肥是否合理, 直接影响作物产量和环境质量^[1-2]。长期以来, 黑龙江省北部重茬大豆种植中过量施肥、单一施肥的现象较为严重, 这不但影响经济效益的提高, 增加病虫害的发病概率^[3-5], 还会导致土壤养分失衡、质量下降。肥料是影响大豆叶绿素、根瘤及产量性状因子的重要因素^[6-11], 可在一定程度上反映施肥效果。为此, 笔者以不同肥料类型作为切入点, 通过田间试验研究了施肥对大豆叶绿素、根瘤、产量及品质的影响, 以期筛选适合重茬大豆种植的高效施肥模式, 为合理施肥、改善土壤环境, 以及该模式的推广应用提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验设计 试验于2020年在黑龙江省农业科学院黑河分院重茬19年的试验田(47°42'~51°03'N、124°45'~129°18'E)进行。试验地年平均气温-2.0~1.0℃, 无霜期110~120d, 属高纬寒地。供试土壤类型为暗棕壤, 有机质含

量41.2g/kg, 有效磷含量64.1mg/kg, 速效钾含量139.0mg/kg, 碱解氮含量218.7mg/kg, pH5.85。试验用种为当地主栽品种黑河43号, 5月10日播种, 9月28日收获。

田间试验采用随机区组排列, 共设8个处理: ①常规施肥(CK); ②优化施肥(NPK); ③优化施肥+微肥(NPK+Mo+B+Zn); ④优化施肥+追氮(NPK+N); ⑤缓释肥料(SRF); ⑥纳米增效肥料(NF); ⑦优化施肥+叶面肥(NPK+F); ⑧根瘤菌+优化施肥(NPK+R)。磷酸二铵含N18%, 含P₂O₅46%, 尿素含N46%, 硫酸钾含K50%。具体施肥量见表1。3次重复, 小区面积20.8m²(8.0m×2.6m), 每小区设4垄, 除处理④有追肥外, 其他处理均在播种时一次性底施。种植密度: 第1片复叶后人工定苗30万株/hm²。田间管理: 按当地常规管理进行, 当地为雨养农业区, 无灌溉措施。

施肥方法及施肥量: 微肥Mo按照2g/kg施用, 钼酸铵用适量热水溶解拌种; B按照7.5kg/hm²施用, 硼砂作基肥施用; Zn按照15kg/hm²施用, 硫酸锌作基肥施用。花期追氮处理, 用磷酸二铵作基肥, 尿素氮作花期追肥。纳米肥料处理的施肥量为优化施肥量的70%, 纳米碳按照肥料量的0.3%拌肥。叶面肥: 在结荚期R4和鼓粒期R6进行, 喷尿素3.0~6.0kg/hm²、磷酸二氢钾1.5kg/hm², 喷洒2次。

1.2 调查及测定项目

1.2.1 土样的采集与分析 分别于大豆播种前(5月9日)、

基金项目 黑龙江省农业科学院“科技攻关项目”; 黑龙江省农业科学院“农业科技创新工程”(2014ZD008); 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX1301, HNK2019CX08-08); 科技支撑黑河市绿色农业发展合作项目(KJTH-2019-02HH-10)。

作者简介 李馨宇(1994—), 女, 黑龙江克东人, 研究实习员, 硕士, 从事土壤与肥料研究。*通信作者, 高级农艺师, 从事土壤与肥料研究。

收稿日期 2021-03-30

收获后(9月29日)采用蛇形多点取样法取0~20 cm土层样品,用于分析碱解氮、有效磷、速效钾、有机质及pH等指标^[12]。

表1 试验设计

Table 1 Experimental design

处理 Treatment	施肥量 Fertilizer rate//kg/hm ²		
	磷酸二铵 Diammonium phosphate	尿素 Urea	硫酸钾 Potassium sulfate
① 常规施肥(CK)	150.0	25.0	50.0
② 优化施肥(NPK)	130.5	57.5	45.0
③ 优化施肥+微肥(NPK+Mo+B+Zn)	130.5	57.5	45.0
④ 优化施肥+追氮(NPK+N)	130.5	57.5	45.0
⑤ 缓释肥料(SRF)		200.0	
⑥ 纳米增效肥料(70%NPK+NF)	91.4	40.3	31.5
⑦ 优化施肥+叶面肥(NPK+F)	130.5	57.5	45.0
⑧ 优化施肥+根瘤菌(NPK+R)	130.5	57.5	45.0

1.2.2 叶绿素含量的测定。采用便携式叶绿素含量测定仪(SPAD-502Plus)在大豆结荚期测定叶绿素含量。

1.2.3 根瘤鲜干重的测定。大豆结荚期,每试验小区采集3株代表性植株,调查根瘤数量,并测定根瘤鲜干重。

1.2.4 产量及农艺指标的测定。大豆成熟期,每试验小区选择20株代表性植株进行株高、单株荚数、单株粒数、百粒重、虫食粒数的测定。产量以各小区实收测定。

1.2.5 品质分析。收获后用DA7200型近红外分析仪测定大豆蛋白质、脂肪含量。

1.3 数据分析 采用Excel 2003及DPS v7.05进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对大豆叶绿素和根瘤的影响 叶绿素的光合作用和根瘤菌的固氮作用是豆科植物生长和发育2个非常重要的代谢过程^[13],由于这2个过程紧密相连,测定叶绿素含量和根瘤数量一定程度上能反映作物的固氮能力和水平。

叶绿素含量在一定范围内与作物目前的营养状况、光合速率和大豆产量密切相关,叶绿素含量与叶子中的氮含量成比例增长,其含量高高低可作为光合器官对大豆籽粒贡献大小的重要依据,SPAD指数越高,代表该作物越健康。由表2可看出,不同施肥处理对大豆结荚期叶绿素(SPAD值)的影响不大,但所有处理大豆结荚期SPAD值均显著高于CK。其中以NPK+Mo+B+Zn处理的SPAD值最高(为52.5),比CK高5.2%;其次为NPK+F处理,比CK高3.2%;其余处理SPAD值除CK外均处于50~51。

大豆结荚期根瘤鲜、干重及根瘤粒数在不同施肥处理间均存在一定差异(表2)。与对照相比,各处理根瘤鲜重和粒数均高于对照,其中以NPK+Mo+B+Zn处理为最高,鲜重高于CK 146.2%,根瘤粒数高于CK 116.1%;根瘤干重除NPK+N处理外,其余处理也均高于CK,仍以NPK+Mo+B+Zn处理最高(高于CK 116.7%)。高效施肥处理有效提高了单株的根瘤数量,尤以NPK+Mo+B+Zn和NPK+F处理最为明显。

各处理根瘤数量间的差异均达到了极显著差异($P<0.01$)。从对根瘤性状的观察来看,优化施肥处理的有效根瘤数量明显增多,且其粒大饱满,为大豆固氮及生长后期的持续供氮都提供了保障。

表2 不同施肥处理大豆叶绿素及根瘤的变化

Table 2 Changes for chlorophyll and nodules of soybean in different fertilizer treatments

处理 Treatment	叶绿素 Chlorophyll (SPAD)	鲜重 Fresh weight g	干重 Dry weight g	根瘤粒数 Nodule number//个
①(CK)	49.9 dD	0.26 bB	0.06 eE	19.3 hH
②	50.7 cC	0.27 bB	0.08 cC	22.2 fF
③	52.5 aA	0.64 aA	0.13 aA	41.7 aA
④	50.2 cdCD	0.29 bB	0.05 fF	20.3 gG
⑤	50.6 cC	0.31 bB	0.07 dD	23.3 eE
⑥	50.5 cCD	0.44 bAB	0.08 cC	26.6 cC
⑦	51.5 bB	0.38 bB	0.09 bB	36.7 bB
⑧	50.4 cdCD	0.30 bB	0.08 cC	24.4 dD

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示不同处理在0.01水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

2.2 不同施肥处理对大豆产量及农艺指标的影响

2.2.1 不同施肥处理对大豆产量的影响。由表3可看出,与CK相比各施肥处理增产幅度明显,NPK+Mo+B+Zn处理的增产幅度最大(达39.2%),其次是NPK+F处理(比CK增产37.5%),随后是NPK处理(比CK增产25.2%)。优化施肥与微量元素肥料配合施用以及优化施肥结合叶面肥喷施能显著提高大豆产量。产量方差分析(表4)结果表明,不同处理间产量的差异性均达到极显著水平,说明该试验中的施肥模式对产量影响极显著,研究结果可作为筛选抗重茬大豆高效施肥的借鉴指标。

表3 不同处理大豆产量的变化

Table 3 Soybean yield changes in different fertilizer treatments

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	增产 Yield increase rate//%	显著水平 Significant level	
			0.05	0.01
①(CK)	1 368.7	-	h	H
②	1 713.9	25.2	c	C
③	1 905.3	39.2	a	A
④	1 461.0	6.7	g	G
⑤	1 629.8	19.1	e	E
⑥	1 708.7	24.8	d	D
⑦	1 882.5	37.5	b	B
⑧	1 517.7	10.9	f	F

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示不同处理在0.01水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

2.2.2 不同施肥处理对大豆农艺指标的影响。表5表明,与CK相比,不同施肥处理单株荚数、单株粒数以NPK+Mo+

B+Zn 处理最高(分别提高 43.4%和 46.9%),NPK+F 处理次之(分别提高 33.7%和 31.2%)。各处理的百粒重以 NPK+R 处理最高(比 CK 提高 6.1%),NPK+Mo+B+Zn 处理次之(比

CK 提高 5.5%),随后是 NPK+F 和 70%NPK+NF 处理(均比 CK 提高 4.2%)。虫食率以 NPK+Mo+B+Zn、NPK+R 和 SRF 处理最低(均为 1.3%)。

表 4 产量方差分析

Table 4 Variance analysis of soybean yields in different fertilizer treatments

变异来源 Variation source	平方和 Square sum	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value
区组间 Between blocks	1 008.083 3	2	504.041 7	12 097.000 0	0.000 1
处理间 Between treatments	778 998.893 2	7	111 285.556 2	2 670 853.371 0	0.000 1
误差 Error	0.583 3	14	0.041 7		
总变异 Total variation	780 007.559 9	23			

表 5 不同处理大豆农艺指标的变化

Table 5 Changes of soybean agronomic characters in different fertilizer treatments

处理 Treatment	测定项目 Testing item				
	株高 Plant height//cm	单株荚数 Number of pods per plant//个	单株粒数 Number of seeds per plant//个	虫食率 Insect feeding rate//%	百粒重 100-grain weight//g
①(CK)	51.93	18.4	37.5	1.7	16.5
②	53.90	20.3	42.4	1.6	17.0
③	59.00	26.4	55.1	1.3	17.4
④	56.00	19.3	42.7	2.0	16.8
⑤	58.10	21.4	46.3	1.3	16.9
⑥	63.57	23.2	47.6	1.7	17.2
⑦	55.00	24.6	49.2	1.5	17.2
⑧	62.90	20.8	43.4	1.3	17.5

2.3 不同施肥处理大豆品质的变化 表 6 表明,不同施肥处理蛋白质含量以 NPK+Mo+B+Zn 处理最高(为 40.30%),NPK+N 和 NPK+F 处理次之(均为 40.25%),SRF 最低(为 39.26%)。脂肪含量的变化表现为 70%NPK+NF 处理最高(为 21.52%),NPK+Mo+B+Zn 处理次之(为 21.42%),随后是 SRF 处理(为 21.34%)。NPK+N 处理脂肪含量最低(为 20.82%)。不同施肥处理蛋白质和脂肪含量间的差异均未达到显著水平。

表 6 不同施肥处理大豆品质的变化

Table 6 Changes of soybean quality in different fertilization treatments

处理 Treatment	蛋白质 Protein content//%	脂肪 Fat content//%
①(CK)	39.51 aA	21.02 aA
②	39.56 aA	21.16 aA
③	40.30 aA	21.42 aA
④	40.25 aA	20.82 aA
⑤	39.26 aA	21.34 aA
⑥	39.88 aA	21.52 aA
⑦	40.25 aA	20.97 aA
⑧	40.07 aA	20.92 aA

注:同列不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著;同列不同大写字母表示不同处理在 0.01 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

3 结论与讨论

大豆高产,主要取决于对氮肥、磷肥、钾肥的平衡吸收,

优化和平衡大豆施肥方式可促进大豆生长发育,进而提高大豆产量。在大豆的生长期,需不断补充氮、磷、钾肥,它们是大豆生长的主要营养来源,能够提高大豆的固氮能力和物质积累。除继续补充大量元素外,大豆对微量元素的需求也比其他农作物高很多,锌能提高大豆叶绿素含量,促进大豆根部生长,钼和硼能提高大豆蛋白质和油脂的含量,同时微量元素还能促进大豆植株对氮磷钾的吸收^[14-16]。

该研究发现,优化施肥与微量元素肥料配合施用(NPK+Mo+B+Zn)能显著提高大豆根瘤数量,增加大豆产量,改善大豆农艺性状。根据黑河地区生产实际,可以考虑将该处理作为重茬大豆种植的高效施肥措施。

参考文献

- [1] 李自林. 浅析农业生产中施肥对环境的影响[J]. 陕西农业科学, 2013, 59(6): 124-128.
- [2] HOODA P S, TRUESDALE V W, EDWARDS A C, et al. Manuring and fertilization effects on phosphorus accumulation in soils and potential environmental implications[J]. Advances in environmental research, 2001, 5(1): 13-21.
- [3] 李森, 姚钦, 刘俊杰, 等. 大豆重迎茬研究进展[J]. 大豆科学, 2020, 39(2): 317-324.
- [4] 鹿文成. 黑河市大豆重迎茬现状分析及缓解技术[J]. 中国种业, 2011(8): 39-40.
- [5] 塔莉. 牛粪有机肥对重茬大豆生育性状及土壤性质影响研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [6] 王贺, 孙嘉兴, 么艳, 等. 种植模式对不同品种大豆农艺性状及产量的影响[J]. 中国种业, 2020(12): 60-63.
- [7] 兰佳伟, 王福林, 宋莹莹. 种植模式对大豆农艺性状和产量的影响[J]. 大豆科学, 2020, 39(4): 564-570.
- [8] 李强, 赵晓宇, 王雪娇, 等. 北方春大豆不同品种农艺性状及产量的比较研究[J]. 北方农业学报, 2020, 48(1): 7-12.

(下转第 189 页)

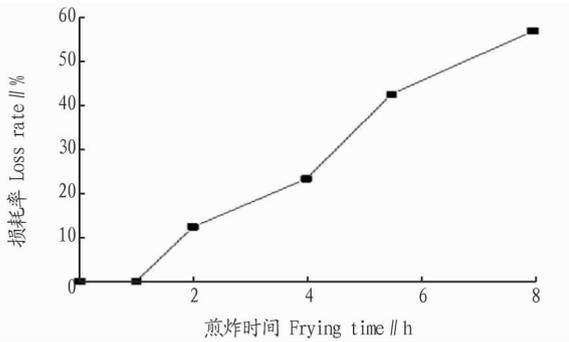


图 5 煎炸用油中 TBHQ 的损耗率

Fig. 5 Loss rate of TBHQ in frying oil

在实际生产中每天煎炸时间为 8 h,煎炸结束后对抗氧化剂进行补充。煎炸工作进行时,煎炸用油中 TBHQ 的含量会随煎炸时间的增加而逐渐降低,这使得同一天不同批次产品中所含的抗氧化剂含量存在差异,进一步导致产品的风味、口感、氧化稳定性、货架期等存在差异。通过在油炸过程中不断对 TBHQ 进行补充,可以保证煎炸用油中的 TBHQ 浓度处于动态稳定状态,使得不同批次产品的氧化稳定性保持一致。

2.3.2 煎炸花生米品质测定。煎炸油持续受热 0 和 8 h 时 TBHQ 含量差异显著,因此在相同的储存条件下 2 个时间点煎炸的花生米具有不同的抗氧化性能。对比二者在存放 3 个月时煎炸花生米的过氧化值与酸价,结果见图 6。

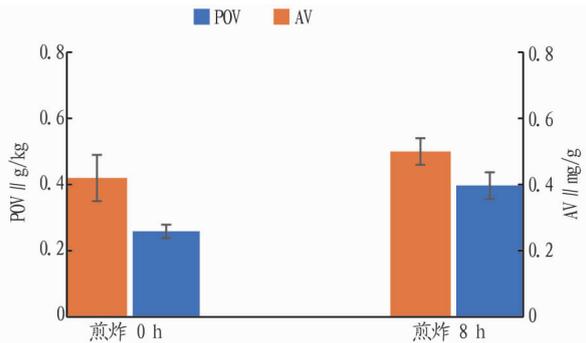


图 6 不同时间煎炸花生米的过氧化值 (POV) 及酸价 (AV)

Fig. 6 Peroxide value (POV) and acid value (AV) of peanuts fried at different time

从图 6 可以看出,不向煎炸用油中额外补充 TBHQ 时,最初一批油炸花生米与最后一批油炸花生米的抗氧化性存在差异,酸价和过氧化值变化明显。在 37 °C 下存放 3 个月后,煎炸 0 与 8 h 的花生米 POV 值分别为 0.26 和 0.40 g/kg,酸价分别为 0.42 和 0.50 mg/g。因此,工厂生产

的油炸花生米出现蚝败现象的原因是使用加热时间较长的煎炸用油对花生米进行煎炸,导致抗氧化剂含量较低,无法起到应有的抗氧化作用。

3 结论

在 37 °C 恒温条件下,向煎炸用油中添加 TBHQ 后再对油炸花生米进行煎炸,可以有效降低油炸花生米的 AV,延缓 POV 峰值的出现时间。适量添加 TBHQ 能够提高油炸花生米的抗氧化稳定性,但是高浓度 TBHQ 的添加对油炸花生米的抗氧化稳定性的提升作用较小。考虑到经济效益,在实际生产中可选择向煎炸用油中加入 0.100% 的 TBHQ,每隔 2 h 或 4 h 进行动态补充。根据 AV 和 POV 值的变化,预测出添加 TBHQ 后的油炸花生米均能够常温贮藏 12 个月以上。

参考文献

- [1] 张立伟,王辽卫.我国花生产业发展状况、存在问题及政策建议[J].中国油脂,2020,45(11):116-122.
- [2] 马娇豪,孙瑞琳,郑其良,等.花生食品加工现状概述[J].河南农业,2020(27):41-42,45.
- [3] XIE Y F,JIANG S H,LI M,et al. Evaluation on the formation of lipid free radicals in the oxidation process of peanut oil[J]. LWT,2019,104:24-29.
- [4] 王洁,邹惠玲,夏攀登,等.植物油脂氧化及其氧化稳定性研究进展[J].保鲜与加工,2019,19(4):207-210.
- [5] 邵海燕,陈抗君,穆宏磊,等.坚果类食品氧化及抗氧化研究进展[J].中国食品学报,2017,17(11):1-8.
- [6] 常馨月,陈程莉,龚娣,等.天然抗氧化剂抑制油脂氧化的研究进展[J].中国油脂,2020,45(4):46-50.
- [7] 刘荣,郑旭煦,殷钟意.天然抗氧化剂在植物油脂中的应用研究进展[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2015,32(10):43-47.
- [8] 刘玉兰,邓金良,马宇翔,等.不同储藏温度和抗氧化剂对花生油和大豆油氧化稳定性的影响[J].粮食与油脂,2021,34(3):1-5,16.
- [9] UMEDA W M,JORGE N. Oxidative stability of soybean oil added of purple onion (*Allium cepa* L.) peel extract during accelerated storage conditions [J/OL]. Food control, 2021, 127 [2021-01-17]. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108130>.
- [10] LI P J,YANG X H,LEE W J,et al. Comparison between synthetic and rosemary-based antioxidants for the deep frying of French fries in refined soybean oils evaluated by chemical and non-destructive rapid methods [J/OL]. Food chemistry, 2021, 335 [2021-01-17]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127638>.
- [11] 陈锦豪.加工及包装工艺对油炸花生保质期影响研究[D].广州:华南农业大学,2017.
- [12] 徐静,王涛,商志伟,等.储藏条件及杂质含量对紫苏种子活力及制油品质的影响[J].植物生理学报,2021,57(7):1410-1418.
- [13] 蒋珊珊.真空包装肉粽中铜和油脂氧化的风险评估[D].厦门:集美大学,2019.
- [14] 王璋,许时婴,汤坚.食品化学[M].北京:中国轻工业出版社,2003:126-129.
- [15] RYAN L C,MESTRALLET M G,NEPOTE V,et al. Composition, stability and acceptability of different vegetable oils used for frying peanuts [J]. International journal of food science & technology, 2008,43(2):193-199.
- [16] 李军,毕艳兰,杨会芳,等.加热条件下大豆油中 TBHQ 的挥发、转化规律及其对大豆油品质的影响[J].食品科学,2014,35(14):106-112.

(上接第 160 页)

- [9] 周长军.大豆花荚期生物、根瘤鲜质量及农艺性状对产量的影响[J].江苏农业科学,2020,48(14):99-103.
- [10] 王囡囡.不同施肥处理对大豆产量及肥料效应的影响[J].中国种业,2020(6):56-58.
- [11] 张成兰,刘春增,李本银,等.有机肥对大豆生产效应研究进展[J].安徽农业科学,2018,46(18):25-28.
- [12] 徐明岗,张文菊,黄绍敏,等.中国土壤肥力演变[M].2版.北京:中国农业科学技术出版社,2015.

- [13] 王鹏辉,姜昕,马鸣超,等.一株耐干燥大豆根瘤菌菌株的筛选与固氮效果评价[J].大豆科学,2020,39(1):90-96.
- [14] 马飞.不同氮素形态下大豆对磷的吸收[D].包头:内蒙古科技大学,2020.
- [15] 刘迎春,丁素荣,周学超,等.不同肥料配施根瘤菌剂对大豆产量性状及产量的影响[J].吉林农业科学,2015,40(4):9-12.
- [16] 闫春娟,宋书宏,王文斌,等.大豆钾营养研究进展[J].大豆科学,2009,28(5):926-930.