

黄淮海平原区高产粮田秸秆全量还田小麦优化施肥

张晓冬¹, 李湛¹, 王猛², 王勇², 隋学艳^{2*}

(1. 山东省农作物种质资源中心, 山东济南 250100; 2. 山东省农业可持续发展研究所, 山东济南 250100)

摘要 [目的] 针对黄淮海平原区小麦施肥措施与秸秆全量还田耕作环境不相适应的问题, 优化最佳施肥方案。[方法] 采用“3414”试验设计, 研究施肥量与产量之间的关系, 建立了最高产量施肥方案和最经济施肥方案。[结果] 小麦的最经济产量虽然较最高产量降低了 140.13 kg/hm², 但是纯收益增加了 490.92 元/hm²。与农民习惯施肥方案相比, 小麦在最经济施肥方案下, 产量增加 684.54 kg/hm², 增幅 8.65%, 纯收益增加 1 109.72 元/hm², 增幅 6.70%。[结论] 小麦最经济施肥方案总体效益最优, 环境效益显著。

关键词 黄淮海; 秸秆全量还田; 小麦; 优化施肥**中图分类号** S141.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)21-079-03**Wheat Optimized Fertilization of High Yield Field with Returning Whole Stalks into the Soil in Huang-Huai-Hai Plain****ZHANG Xiao-dong¹, LI Zhan¹, WANG Meng², SUI Xue-yan^{2*} et al** (1. Shandong Center of Crop Germplasm Resources, Jinan Shandong 250100; 2. Shandong Institute of Agriculture Sustainable Development, Jinan, Shandong 250100)

Abstract [Objective] Aiming at disharmony between wheat fertilization plan and returning whole stalks into the soil in Huang-Huai-Hai Plain, the optimal fertilization scheme was optimized. [Method] Using “3414” experimental design, the relationship between fertilization quantity and yield was studied, the highest yield fertilization scheme and most economic fertilization scheme was established. [Result] The most economic yield of wheat decreased 140.13 kg/hm² compared with highest yield, net profit increased 490.92 yuan/hm². Compared with conventional fertilization scheme, under the most economic fertilization scheme, yield increased 684.54 kg/hm² with range of 8.65%, net profit increased 1 109.72 yuan/hm² with range of 6.70%. [Conclusion] Most economical fertilization scheme of wheat has the best overall benefit and the environmental benefit is significant.

Key words Huang-Huai-Hai Plain; Returning whole stalks into field; Wheat; Optimized fertilization

黄淮海平原区包括北京市、天津市、河北省、山东省、河南省 3 个行政省和 2 个直辖市, 是我国重要的粮食主产区, 占全国粮食播种面积的 33%, 粮食总产量占全国总产量的 35%^[1]。2004 年国家启动了“粮食丰产科技工程”项目^[2], 该项目主要为了确保国家粮食安全和农业增产, 已取得了显著成效, 高产田、超高产田不断涌现^[3-8]。小麦-玉米一年两作是黄淮海平原区重要的耕作模式^[9-12], 小麦、玉米的草谷比分别为 1.20、1.34^[13-14], 即粮食高产的同时, 秸秆产量也相应提高, 秸秆的处理方式由就地燃烧逐渐过渡到作为食用菌基质、青贮饲料、颗粒燃料等, 农业产业链延伸, 农业产值提高。但秸秆的市场消化能力有限, 大部分秸秆只能被全量直接还田^[15-18]。如何减少大量秸秆还田对农作物生产的影响, 提高农业生产效率, 是秸秆全量还田面临的重大问题。张维理等研究表明, 秸秆还田后, 农民或是沿用秸秆未还田情况下的施肥方式, 或是为了追求产量而过度施肥, 不合理的施肥方式造成了肥料的浪费、环境的污染, 整体生态效益、经济效益不高^[19-23]。王旭等研究表明, 在全国范围内, 黄淮海平原区的肥料施用量最高, 而肥料利用率却最低^[24-25]。目前, 粮食价格持续低迷, 环境不断恶化, 因此, 亟需制订合理的施肥方案, 以获得最佳的经济效益^[26]。目前, 大多数研究将氮素作为主要研究对象, 探讨其运筹技术, 而未考虑磷、钾或是未综合分析氮、磷、钾互作情况下的肥料运筹技术^[27-32]。为此, 笔者研究了高产田玉米秸秆全量直接还田小麦的优化施肥方法, 以期建立最经济的施肥方案。

基金项目 国家科技支撑计划项目(2012BAD14B07)。**作者简介** 张晓冬(1981-), 男, 山东寿光人, 副研究员, 硕士, 从事作物种质资源及农业信息化研究。* 通讯作者, 副研究员, 硕士, 从事作物栽培与农业信息化应用研究。**收稿日期** 2016-06-13**1 材料与方法**

1.1 试验地概况 试验于 2012~2014 年在山东省德州市张华镇进行。供试土壤为砂质壤土, 基础地力为有机质 16.2 g/kg, 碱解氮 56.6 mg/kg, 速效磷 29.4 mg/kg, 速效钾 55.3 mg/kg。

1.2 试验材料 供试品种为济麦 22。供试肥料为尿素(46-0-0)、过磷酸钙(0-12-0)和硫酸钾(0-0-51)。

1.3 试验设计 采用“3414”回归设计模型进行小麦营养元素配比试验, 试验设计见表 1。肥料水平采用国家科技支撑计划(2007BAD89B09)最经济施肥量试验结果。小区面积 40 m²(5 m × 8 m), 随机区组排列, 2 次重复。

表 1 “3414”试验设计方案

Table 1 “3414” experimental design scheme		kg/hm²		
编号 No.	处理 Treatment	小麦施肥量 Wheat fertilization		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T ₁ (CK)	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
T ₂	N ₀ P ₂ K ₂	0	125.0	135.0
T ₃	N ₁ P ₂ K ₂	102.8	125.0	135.0
T ₄	N ₂ P ₀ K ₂	205.5	0	135.0
T ₅	N ₂ P ₁ K ₂	205.5	62.3	135.0
T ₆	N ₂ P ₂ K ₂	205.5	125.0	135.0
T ₇	N ₂ P ₃ K ₂	205.5	187.0	135.0
T ₈	N ₂ P ₂ K ₀	205.5	125.0	0
T ₉	N ₂ P ₂ K ₁	205.5	125.0	67.5
T ₁₀	N ₂ P ₂ K ₃	205.5	125.0	202.5
T ₁₁	N ₃ P ₂ K ₂	308.3	125.0	135.0
T ₁₂	N ₁ P ₁ K ₂	102.8	62.3	135.0
T ₁₃	N ₁ P ₂ K ₁	102.8	125.0	67.5
T ₁₄	N ₂ P ₁ K ₁	205.5	62.3	67.5

1.4 田间管理 小麦试验尿素 50% 底施,50% 拔节期追施,过磷酸钙和硫酸钾全部做底肥。前茬玉米收获后,秸秆粉碎还田,旋耕 2 遍,底肥混匀后放置播种机内,随播种施于土壤。南北行向等行距播种,播种量 187.5 kg/hm²,精细机播,行距 10~12 cm,播深 3~5 cm,播后镇压、灌溉。以农民常规施肥为对照(CK),底肥为复合肥(25-7-8)750 kg/hm²,返青期追施尿素(46-0-0)225 kg/hm²。

1.5 测定项目与方法 小麦产值 = 小麦产量 × 小麦单价。
纯收益 = 产值 - 肥料费用 - 田间杂费。

1.6 数据统计 数据的处理采用 Microsoft Office Excel

2003、DPS 统计软件。

2 结果与分析

2.1 施肥对小麦产量和经济效益的影响 由表 2 可知,合理配施氮、磷、钾肥能够增加小麦产量,增产幅度为 949.2~2 190.8 kg/hm²,增产率为 16.8%~39.6%。在 P₂K₂ 的基础上,小麦产量随着施氮量的增加呈先增加后降低的趋势,符合报酬递减规律,施纯氮 205.5 kg/hm² 增产率达 39.6%,而施纯氮 308.3 kg/hm² 增产率反而下降到 33.4%。磷、钾肥对小麦产量的影响在趋势上与施氮肥基本相同。因此,N₂P₂K₂ 处理的增产率和利润最高。

表 2 施肥对小麦产量和经济效益的影响

Table 2 The effect of fertilization on wheat yield and economic performance

编号 No.	处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	与 CK 相比 Compared with CK		产值 Output value 元/hm ²	纯收益 Net income 元/hm ²
			增产 Yield increasing kg/hm ²	增产率 Yield increasing rate//%		
T ₁ (CK)	N ₀ P ₀ K ₀	5 534.6	—	—	13 947.1	12 207.1
T ₂	N ₀ P ₂ K ₂	6 483.8	949.2	17.2	16 339.3	13 355.8
T ₃	N ₁ P ₂ K ₂	7 470.2	1 935.6	35.0	18 824.8	15 470.2
T ₄	N ₂ P ₀ K ₂	6 462.4	927.8	16.8	16 285.3	13 216.2
T ₅	N ₂ P ₁ K ₂	7 374.7	1 840.1	33.2	18 584.2	15 188.0
T ₆	N ₂ P ₂ K ₂	7 725.4	2 190.8	39.6	19 468.0	15 742.6
T ₇	N ₂ P ₃ K ₂	7 633.4	2 098.8	37.9	19 236.1	15 185.2
T ₈	N ₂ P ₂ K ₀	6 574.7	1 040.1	18.8	16 568.2	13 430.1
T ₉	N ₂ P ₂ K ₁	7 441.6	1 907.0	34.5	18 752.8	15 321.1
T ₁₀	N ₂ P ₂ K ₃	7 449.9	1 915.3	34.6	18 773.9	14 754.9
T ₁₁	N ₃ P ₂ K ₂	7 383.4	1 848.8	33.4	18 606.2	14 509.7
T ₁₂	N ₁ P ₁ K ₂	6 956.3	1 421.7	25.7	17 529.8	14 504.4
T ₁₃	N ₁ P ₂ K ₁	7 089.4	1 554.8	28.1	17 865.2	14 804.2
T ₁₄	N ₂ P ₁ K ₁	6 965.7	1 431.1	25.9	17 553.5	14 450.9

注:小麦价格 2.52 元/kg,N 价格 3.61 元/kg,P₂O₅ 价格 5.25 元/kg,K₂O 价格 4.35 元/kg,田间杂费 1 740 元/hm²。

Note: Wheat. 2.52 yuan/kg, N. 3.61 yuan/kg, P₂O₅. 5.25 yuan/kg, K₂O. 4.35 yuan/kg, incidental expenses 1 740 yuan/hm².

2.2 小麦产量与施肥量的关系 由表 3 可知,N、P₂O₅、K₂O 施肥量与小麦产量之间呈极显著相关性,表明在 P₂K₂(N₂K₂ 或 N₂P₂) 的基础上施用氮肥(磷肥或钾肥)能促进小麦生长,在增产作用方面施用氮、磷、钾肥的效果基本相同;在氮、磷、

钾互作的条件下,施肥量与产量之间具有极显著的相关性,且当 N、P₂O₅、K₂O 的施用量分别为 267.86、162.42、174.58 kg/hm² 时,小麦最高产量为 8 741.91 kg/hm²。

表 3 施肥量与小麦产量之间的回归分析

Table 3 The regression analysis between fertilization amount and wheat yield

变量 Variable	数学模型 Mathematics model	回归方程 Regression equation	r	最高产量 The highest yield kg/hm ²	最高产量的施肥量 The fertilize amount of the highest yield//kg/hm ²		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N	一元二次方程	$Y = -0.033 0N^2 + 13.45N + 7 774.3$	0.999**	8 718.65	231.56	118.96	148.70
P	一元二次方程	$Y = -0.074 5P^2 + 22.65P + 7 431.3$	0.995**	8 740.95	237.91	138.79	148.70
K	一元二次方程	$Y = -0.056 8K^2 + 17.20K + 7 513.8$	0.999**	8 693.93	237.91	118.96	149.42
N、P、K	三元二次方程	$Y = 6 312.9 + 6.14N + 9.70P + 8.22K + 0.004 4NP + 0.009 6NK + 0.045 3PK - 0.034 1N^2 - 0.071 2P^2 - 0.043 2K^2$	0.988**	8 741.91	267.86	162.42	174.58

注:n=4,r_{0.05}=0.811,r_{0.01}=0.917;n=14,r_{0.05}=0.646,r_{0.01}=0.737。

Note: n=4,r_{0.05}=0.811,r_{0.01}=0.917;n=14,r_{0.05}=0.646,r_{0.01}=0.737.

2.3 小麦最经济施肥量的计算 将小麦价格 P_y 和各肥料价格 P_x 代入 $\partial Y/\partial X = (R+1)P_x/P_y (R=0)$,解方程组可得最佳施肥量,即 N、P₂O₅、K₂O 的施用量分别为 204.08、123.21、134.56 kg/hm² 时,得出小麦产量为 8 601.78 kg/hm²。

通过对最高产量施肥方案与最经济施肥方案的对比可以看出(表 4),最经济施肥方案中少施 N 63.77 kg/hm²,P₂O₅39.21 kg/hm²,K₂O 40.02 kg/hm²,小麦产量虽然降低了 140.13 kg/hm²,但是纯收益增加了 490.92 元/hm²。

表 4 小麦最高产量施肥方案与最经济施肥方案对比

Table 4 The contrast of maximum yield fertilization scheme of wheat and most economic fertilization scheme

施肥方案 Fertilization scheme	N kg/hm ²	P ₂ O ₅ kg/hm ²	K ₂ O kg/hm ²	产量 Yield kg/hm ²	产值 Output value 元/hm ²	纯收益 Net return 元/hm ²
最高产量施肥方案 Most economic fertilization scheme	267.85	162.42	174.58	8 741.91	22 029.61	17 243.1
最经济施肥方案 Conventional fertilization scheme	204.08	123.21	134.56	8 601.78	2 1676.49	17 734.02
差值 D-value	-63.77	-39.21	-40.02	-140.13	-353.13	490.92

注:差值 = 最经济施肥方案 - 最高产量施肥方案。

Note: D-value = most economic fertilization scheme - farmers' conventional fertilization scheme.

2.4 最经济施肥方案与农民习惯施肥方案的比较 由表 5 可知,与农民习惯施肥方案相比,小麦在最经济施肥方案条件下,产量增加 684.54 kg/hm²,增幅 8.65%,纯收益增加 1 109.72元/hm²,增幅 6.70%。这说明与农民习惯施肥方案相比,小麦最经济施肥方案均可增产增收。

表 5 小麦农民习惯施肥方案与最经济施肥方案对比

Table 5 Comparison of farmers' conventional fertilization scheme and most economic fertilization scheme

施肥方案 Fertilization scheme	小麦产量 Wheat yield kg/hm ²	小麦产值 Wheat output value 元/hm ²	小麦纯收益 Wheat net return 元/hm ²
最经济施肥方案 Most economic fertilization scheme	8 601.78	21 676.49	17 734.02
农民习惯施肥方案 Conventional fertilization scheme	7 917.24	19 951.44	16 624.31
差值 D-value	684.54	1 725.05	1 109.72

注:差值 = 最经济施肥方案 - 农民习惯施肥方案。

Note: D-value = most economic fertilization scheme - farmers' conventional fertilization scheme.

3 结论

(1) 该研究结果表明,合理配施 N、P₂O₅、K₂O 可以显著提高小麦产量。通过小麦的“3414”试验结果可以得出,在 13 个施肥处理中,T₆(N₂P₂K₂) 处理的小麦产量最高,同时纯收益最高;通过 N、P₂O₅、K₂O 施肥量与小麦产量之间的回归方程可以看出,在 N、P₂O₅、K₂O 互作的条件下,施肥量与小麦的产量之间具有极显著的相关性,且当 N、P₂O₅、K₂O 的施用量分别为 267.86、162.42、174.58 kg/hm² 时,小麦最高产量为 8 741.91 kg/hm²;当 N、P₂O₅、K₂O 的施用量分别为 204.08、123.21、134.56 kg/hm² 时,小麦最经济产量为 8 601.78 kg/hm²;小麦的最经济产量虽然较最高产量降低了 140.13 kg/hm²,但是纯收益增加了 490.92 元/hm²;与农民习惯施肥方案相比,小麦在最经济施肥方案下,产量增加 684.54 kg/hm²,增幅 8.65%,纯收益增加 1 109.72 元/hm²,增幅 6.70%。

(2) 与最高产量施肥方案和农民常规施肥相比,小麦最经济施肥方案化肥总用量降低,减少了生产化肥对能源的消耗,减少了劳动投入,同时降低了对农田的面源污染,总体经济效益最优,环境效益显著。

参考文献

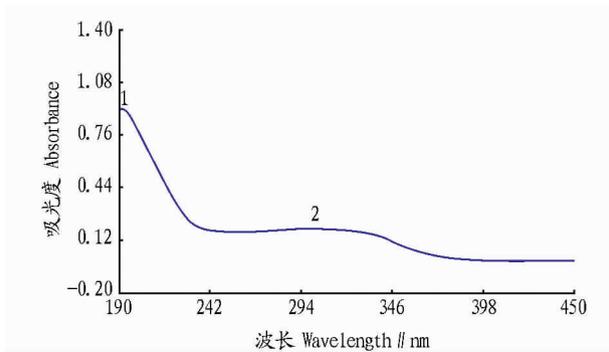
[1] 王凌河,赵志轩,黄站峰,等. 黄淮海地区农业水问题及保障性对策[J]. 生态学杂志,2009,28(10):2094-2101.
[2] 科技部农业部财政部国家粮食局:粮食丰产科技工程[J]. 中国三农,

2004(7):21-23.
[3] 龙纪文. 黄淮海“玉米吨粮田”大面积实现有望[N]. 中国农机化导报,2014-10-09.
[4] 邱贵生. 夏玉米单季吨粮田高产栽培技术[J]. 河北农业,2014(9):8-9.
[5] 韩萍,张玉欣,郭长贵,等. 玉米吨粮田的发展概况及技术措施[J]. 玉米科学,2000(4):87-91,94.
[6] 杨平华,王维利. 吨粮田土壤养分变化趋势研究与对策[J]. 河南农业,2010(15):29.
[7] 刘需珈,吴克宁,赵华甫. 河南省温县吨粮田高标准基本农田选址研究[J]. 中国农业资源与区划,2015(3):10-17.
[8] 安桂英. 吨粮田建设对维护国家安全的意义[J]. 中国农业信息,2015(16):141-142.
[9] 刘建刚. 黄淮海农作区冬小麦-夏玉米产量差及其限制因素解析[D]. 北京:中国农业大学,2015:1-11.
[10] 付伟. 近 20 年内黄淮海地区气候变暖对冬小麦夏玉米生育进程及产量的影响[D]. 北京:南京农业大学,2013:5-6.
[11] 李霞. 小麦-玉米周年生产体系中播前耕作对夏玉米产量及生理特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2014:10-12.
[12] 王海霞. 黄淮海北部平原资源节约型种植制度研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011:1-7.
[13] 张宝悦,王激清. 区域农业废弃物资源量估算及利用技术分析[J]. 农机化研究,2014(11):227-230.
[14] 毕于运. 秸秆资源评价与利用研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010:66-67.
[15] 冯伟,张利群,何龙娟,等. 基于循环农业的农作物秸秆资源化利用模式研究[J]. 安徽农业科学,2012(2):921-923,973.
[16] 何勋,张志鹏,史景科,等. 秸秆综合利用模式效益分析[J]. 中国农机化学报,2014(4):180-183.
[17] 于清东,李彩霞. 山东省农作物秸秆综合利用模式的研究[J]. 农业机械,2007(12):58-59.
[18] 李欢,杨仁斌,陈亮. 秸秆能源利用模式分析及进展[J]. 农业环境科学学报,2007(S2):628-631.
[19] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学,2004(7):1008-1017.
[20] 张维理,冀宏杰, KOLBE H, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 II. 欧美国家农业面源污染状况及控制[J]. 中国农业科学,2004(7):1018-1025.
[21] 张维理,徐爱国,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 III. 中国农业面源污染控制中存在问题分析[J]. 中国农业科学,2004(7):1026-1033.
[22] 黄东风,王果,陈超. 农业面源污染研究概况及发展趋势[J]. 中国农村小康科技,2006(11):39-45,52.
[23] 刘焯,刘玮晶,赵言文. 江苏省农业过剩氮与农村居民消费关系拟合分析[J]. 水土保持通报,2012(5):82-86,92.
[24] 王旭,李贞宇,马文奇,等. 中国主要生态区小麦施肥增产效应分析[J]. 中国农业科学,2010(12):2469-2476.
[25] 武兰芳,陈阜,欧阳竹,等. 黄淮海平原麦玉两熟区粮食产量与化肥投入关系的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2003(3):257-263.
[26] 李玉伦,吴建军,王法宏. 山东省小麦生产效益低的成因及其技术对策[J]. 山东农业科学,2014(9):131-134.
[27] 徐钰,刘兆辉,江丽华,等. 不同氮肥运筹对冬小麦氮肥利用率和土壤硝态氮含量的影响[J]. 水土保持学报,2010(4):90-93,98.
[28] 王法宏,司纪升,李升东,等. 小麦氮肥高效利用技术研究[J]. 麦类作物学报,2008(5):846-850.

表3 山苦苣提取物回收率试验结果

Table 3 The results of recovery rate test of *I. denticulata* extracts

测得量 Measured quantity %	加入量 Added amount A mg	实测量 Actual measured quantity//mg	回收率 Recovery rate %	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD %
80	12.6	12.3	97.6	98.4	0.64
	12.8	12.7	99.2		
	12.9	12.7	98.4		
100	15.7	15.5	98.7		
	15.5	15.3	98.7		
	15.9	15.5	97.5		
120	18.2	17.8	97.8		
	18.3	18.1	98.9		
	18.8	18.6	98.9		



注:1 为山苦苣素 A;2 为山苦苣素 B。

Note:1. *I. denticulata* A;2. *I. denticulata* B.

图2 山苦苣对照品溶液紫外波长鉴别

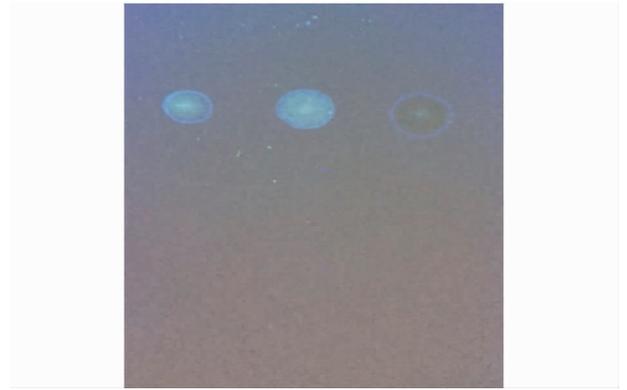
Fig.2 Ultraviolet wavelength identification of *I. denticulata* control solution

2.3.2 TLC 鉴别。通过薄层色谱鉴别(图3),山苦苣提取物斑点与对照药材斑点均显黄绿色荧光。

2.4 质量控制指标 经试验测定,干燥失重为0.4%,灰分为0.8%,酸碱度为5.2;细菌菌落总数为12个/g,霉菌总数为0,无大肠杆菌和沙门氏菌。

3 小结

该研究采用正交试验设计建立山苦苣标准提取物的制备工艺,采用紫外分光光度法、TCL、微生物法建立山苦苣提取物的质量控制指标。结果表明,制备工艺为原料药材的处方量用20倍量水连续提取3次,100℃,每次1h,减压浓缩



注:左边为对照药材斑点;中间为山苦苣提取物斑点;右边为空白溶剂斑点。

Note:On the left is the spot of the control medicine;in the middle is the spot of *I. denticulata* extracts;on the right is the spot of blank solvent.

图3 TLC 鉴别图谱

Fig.3 TLC identification map

温度与干燥温度均为65℃;山苦苣提取物浓度在30~70 μg/mL范围内与吸光度线性良好,回收率为98.4%,RSD为0.64%。标准提取物溶液在198与294 nm紫外波长最大吸光度比值为4.1,干燥失重为0.4%,灰分为0.8%,酸碱度为5.2,细菌菌落总数为12个/g,霉菌总数无,大肠杆菌无,沙门氏菌无。由此可见,优选溶剂水及相应的温度提取和控制是山苦苣标准提取物制备的安全有效方法。建立的检测项可以用于山苦苣标准提取物的指标控制。

参考文献

- [1] 中国药典委员会. 兽药国家标准:第1册[S]. 北京:化学工业出版社,2013:221.
- [2] 封锡志. 抱茎苦苣菜的化学成分和生物活性的研究[D]. 沈阳:沈阳药科大学,2001.
- [3] 张垠. 藏药山苦苣化学成分的研究[D]. 成都:西南交通大学,2011.
- [4] 王晓飞,王晓静. 中华苦苣菜研究进展[J]. 齐鲁药事,2006(4):238-239.
- [5] 毛小涛,李红,杨伟光,等. 苦苣菜研究进展[J]. 青海草业,2011(4):50-53.
- [6] 张红梅,王长虹,王峰涛. 黄连标准提取物的制备与质量控制[J]. 中国实验方剂学杂志,2011(8):56-59.
- [7] 李明月,杨葛巍,刘静,等. 大众对养殖业以中药代替抗生素认识度的调查分析[J]. 科教文汇,2016(2):186-188.
- [8] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典:2010年版一部[S]. 北京:中国农业出版社,2011.

(上接第81页)

- [29] 李升东,张卫峰,王法宏,等. 施氮量对小麦氮素利用的影响[J]. 麦类作物学报,2016(2):223-230.
- [30] 闫翠萍,裴雪霞,王姣爱,等. 秸秆还田与施氮对冬小麦生长发育及水肥利用率的影响[J]. 中国生态农业学报,2011(2):271-275.

- [31] 李玮,乔玉强,陈欢,等. 玉米秸秆还田配施氮肥对冬小麦土壤氮素表观盈亏及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015(3):561-570.
- [32] 吴大付,陈红卫,王小龙. 黄淮海平原水氮耦合对小麦产量和蛋白质含量的影响[J]. 安徽农业科学,2007(3):693-694.