

洋葱粗多糖脱蛋白质方法比较

李 晋<sup>1</sup>,齐红志<sup>2</sup>,夏河山<sup>1</sup>,徐怀德<sup>3\*</sup>

(1. 郑州铁路职业技术学院,河南 郑州 450052; 2. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所,河南 郑州 450002; 3. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**为探究洋葱多糖脱蛋白质的最优方法,以蛋白质脱除率、多糖损失率以及脱蛋白质处理后多糖的还原力和对羟基自由基(·OH)的清除能力为指标,比较了 Sevag 法、乙酸铅法、盐酸法、三氯乙酸法对洋葱粗多糖的脱蛋白质效果。结果表明:Sevag 法脱蛋白质处理 4 次,洋葱粗多糖的蛋白质脱除率为 79.44%,多糖损失率为 22.30%,脱蛋白质处理后的洋葱多糖清除·OH 的 IC<sub>50</sub> 值为 16.00 μg/mL,同时也表现出较强的还原力,对洋葱粗多糖的脱蛋白质效果最好,其次是乙酸铅法和盐酸法,三氯乙酸法最差。

**关键词:**洋葱粗多糖;脱蛋白质;抗氧化性

**中图分类号:**S633.2      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-3268(2015)04-0164-05

Comparison of Deproteinization Methods for Onion Crude Polysaccharide

LI Jin<sup>1</sup>, QI Hongzhi<sup>2</sup>, XIA Heshan<sup>1</sup>, XU Huaide<sup>3\*</sup>

(1. Zhengzhou Railway Vocational and Technical College, Zhengzhou 450052, China;  
2. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 3. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to explore the best deproteinizaion method of onion polysaccharide, the deproteiniza-tion effects of four methods were compared based on the indexes of deproteinization percentage, polysac-charide loss rate, capacity of polysaccharide solutions scavenging hydroxyl radicals and its reducing pow-er. The results showed that when the Sevag method was repeated four times, the deproteinization percent-age was 79.44%, the polysaccharide loss rate was 22.30% and the IC<sub>50</sub> of polysaccharide solutions scav-enging hydroxyl radicals was 16.00 μg/mL, the deproteinization polysaccharide also had higher reductive capability. The effective order of four methods is Sevag method, then lead acetate method and HCl meth-od, and finally trichloroaceticacid method.

**Key words:** onion crude polysaccharide; deproteinization; antioxidative activity

洋葱(*Allium cepa* L.)为百合科葱属植物,被誉为“菜中皇后”,其营养丰富,含有丰富的硫化合物、多糖、黄酮、甾体皂苷、前列腺素类等生理活性物质<sup>[1]</sup>。近年来临床研究证明,洋葱具有消炎抑菌、利尿、防癌、降血糖以及预防心血管疾病等药用价值,在营养食疗上被推崇为多功能营养保健食品,而多糖作为其主要功能性成分之一,也具有很好的抗氧化活性<sup>[2]</sup>。研究表明,洋葱多糖在降血脂、增强

免疫力方面具有明显作用<sup>[3]</sup>,具有十分广阔的应用前景。因此,对洋葱多糖进行开发利用意义重大。目前,国内对洋葱多糖的研究主要集中于多糖的提取及其抗氧化性等方面<sup>[2,4-5]</sup>,而对洋葱多糖提纯方面的研究尚不多见。在多糖提取过程中常有大量蛋白质被一同提取出来,有报道显示,粗多糖经脱蛋白质提纯后,其生物活性得到提高<sup>[6]</sup>。因此,为了获得较纯的洋葱多糖,提高其生物活性,选用 Sevag

收稿日期:2014-12-01  
作者简介:李 晋(1985-),女,河南荥阳人,助教,硕士,主要从事食品功能性成分研究。E-mail:xiaoshuidi.1985@163.com  
\* 通讯作者:徐怀德(1964-),男,陕西榆林人,教授,主要从事食品贮藏加工及天然产物提取研究。  
E-mail:xuhuaide@sohu.com

法、三氯乙酸法、盐酸法、乙酸铅法4种传统的多糖脱蛋白质方法,比较其对洋葱粗多糖中蛋白质的去除效果,并测定了不同方法脱蛋白质处理后洋葱多糖的抗氧化能力,以期从中选出最佳的洋葱多糖脱蛋白质方法。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

洋葱粗多糖:采用纤维素酶法提取自制。

### 1.2 试剂和仪器

主要试剂:浓硫酸、重蒸酚、水杨酸、邻苯三酚、铁氰化钾、三氯乙酸、牛血清白蛋白、考马斯亮蓝G250等均为分析纯。

主要仪器:ALC-210.3型电子天平(德国赛多利斯艾科勒公司)、KDC-40低速离心机(科大创新股份有限公司中佳分公司)、UV-1700型紫外-可见分光光度计(岛津公司)、PHS-3C精密pH计(上海精密科学仪器有限公司)、KQ-B30型气流烘干器(北京科伟有限公司)。

### 1.3 洋葱多糖脱蛋白质方法

1.3.1 Sevag法脱蛋白质 参照文献[7]进行并优化。配制1%的洋葱粗多糖溶液,将配制好的多糖溶液和Sevag试剂( $V_{\text{三氯甲烷}}:V_{\text{正丁醇}}=5:1$ )按照5:1的比例混合,将混合物剧烈振摇20~30 min后,4 000 r/min离心10 min,弃去下层有机相以及中间蛋白质与Sevag试剂生成的凝聚物,收集上层水相溶液,定容至50 mL,测定上层清液的多糖含量、蛋白质含量。取6份样品,采用Sevag法分别处理1、2、3、4、5、6次,计算蛋白质脱除率和多糖损失率:蛋白质脱除率 $= (R_i - R_j) / R_i \times 100\%$ ,式中, $R_i$ 为原糖液中蛋白质质量, $R_j$ 为脱蛋白质液中蛋白质质量;多糖损失率 $= (T_i - T_j) / T_i \times 100\%$ ,式中, $T_i$ 为原糖液中多糖质量, $T_j$ 为脱蛋白质液中多糖质量。

1.3.2 三氯乙酸法脱蛋白质 参照文献[8]进行并优化。配制1%的洋葱粗多糖溶液,向其中分别加入0.05%、0.5%、1%、3%、5%、7%(占糖液质量的比例)三氯乙酸,振摇20 min后静置30 min,然后离心除去沉淀,测定上清液中的多糖含量和蛋白质含量,计算蛋白质脱除率和多糖损失率。

1.3.3 盐酸法脱蛋白质 参照文献[7]进行并优化。配制1%的洋葱粗多糖样品液6份,分别用2 mol/L盐酸调节pH值为2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5,放置过夜,4 000 r/min离心10 min,弃去沉淀收集上清液,定容至50 mL,测定上清液中的多糖含量和蛋白质含量,计算蛋白质脱除率和多糖损失率。

1.3.4 乙酸铅法脱蛋白质 参照文献[9]进行并

优化。配制1%的洋葱粗多糖溶液6份,分别滴加0.005、0.01、0.02、0.03、0.04 g/mL的乙酸铅溶液直至无沉淀析出,离心除去沉淀,取上清部分,测定上清液中的多糖含量和蛋白质含量,计算蛋白质脱除率和多糖损失率。

### 1.4 测定指标和方法

1.4.1 蛋白质含量和多糖含量 蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法<sup>[10]</sup>,用牛血清白蛋白作标准曲线。以牛血清白蛋白含量为横坐标、吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

按照苯酚-硫酸法<sup>[11-12]</sup>测定洋葱多糖含量。用葡萄糖作标准曲线,准确称取10 mg干燥至恒质量的葡萄糖于250 mL容量瓶中,加双蒸水至刻度。分别吸取0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mL,各以双蒸水补至2.0 mL,然后加入6%苯酚1 mL、浓硫酸5 mL,冷却至室温后于490 nm处测吸光度,以2.0 mL水按同样步骤操作作为空白。以葡萄糖的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

### 1.4.2 脱蛋白质洋葱多糖抗氧化能力

1.4.2.1  $\cdot\text{OH}$ 清除能力 根据文献[13-16]中的方法,在试管中依次加入2 mL 6 mmol/L  $\text{FeSO}_4$ 溶液、2 mL不同质量浓度(分别为10、50、100、200  $\mu\text{g/mL}$ )洋葱多糖溶液、2 mL 6 mmol/L  $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液,摇匀,静置10 min,再加入2 mL 6 mmol/L水杨酸溶液,摇匀,静置30 min后于510 nm处测得不同质量浓度洋葱多糖下的吸光度( $A_i$ ),用蒸馏水代替水杨酸测得吸光度( $A_j$ ),蒸馏水代替多糖提取液作为空白对照,测得吸光度( $A_0$ )。 $\cdot\text{OH}$ 清除率 $= [1 - (A_i - A_j) / A_0] \times 100\%$ ,然后根据样品质量浓度和 $\cdot\text{OH}$ 清除率的关系计算 $\text{IC}_{50}$ 值,即 $\cdot\text{OH}$ 清除率为50%时的多糖质量浓度。

1.4.2.2 还原力 取2.5 mL不同质量浓度(分别为10、50、100、200、400、600  $\mu\text{g/mL}$ )的洋葱多糖溶液,加入2.5 mL 0.2 mol/L磷酸缓冲液(pH值6.6)、2.5 mL 1%铁氰化钾溶液,50  $^{\circ}\text{C}$ 水浴20 min后急速冷却,加入2.5 mL 10%三氯乙酸溶液,于3 000 r/min离心10 min,取5 mL上清液,加4 mL蒸馏水、1 mL 0.1%  $\text{FeCl}_3$ 溶液,混匀,10 min后于700 nm处测定吸光度。吸光度越大,说明还原力越强。

## 2 结果与分析

### 2.1 蛋白质含量和多糖含量的标准曲线

牛血清白蛋白含量与吸光度之间的回归方程为 $y = 0.0061x + 0.0215$ , $r = 0.9938$ 。葡萄糖质量浓

度与吸光度之间的回归方程为  $y = 0.0158x - 0.0033$ ,  $r = 0.9995$ 。

2.2 不同脱蛋白质方法对洋葱多糖的提纯效果比较

2.2.1 Sevag 法 由图 1 可以看出,随着 Sevag 法脱蛋白质次数的增加,洋葱粗多糖溶液中蛋白质脱除率先快速增加后缓慢增加,经 4 次脱蛋白质处理后,再增加脱蛋白质次数,蛋白质脱除率增加缓慢,5 次脱蛋白质处理的蛋白质脱除率与 4 次脱蛋白质处理无显著差异 ( $P > 0.05$ )。另外,随着脱蛋白质次数的增加,多糖损失率缓慢增加,5 次脱蛋白质处理的多糖损失率与 2 次处理无显著差异 ( $P > 0.05$ ),但 6 次脱蛋白质处理的多糖损失率显著高于 5 次处理 ( $P < 0.05$ )。综合考虑蛋白质脱除率、多糖损失率以及试剂成本,选择进行 4 次脱蛋白质处理,此时多糖液的蛋白质脱除率为 79.44%,多糖损失率为 22.30%。

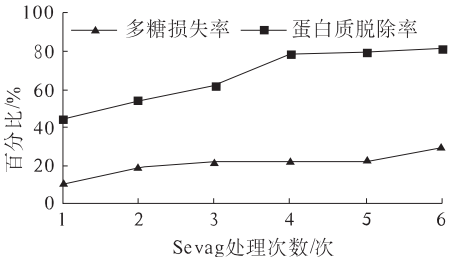


图 1 Sevag 法的脱蛋白质效果

2.2.2 三氯乙酸法 由图 2 可以看出,不同三氯乙酸用量对洋葱粗多糖溶液中蛋白质脱除率和多糖损失率的影响不同。当三氯乙酸用量为 0.5% 时,蛋白质脱除率较高而多糖损失率最低;用量大于 0.5% 时,随着三氯乙酸用量增大,蛋白质脱除率先减小后增大,而多糖损失率一直增大;三氯乙酸用量为 7% 时,蛋白质脱除率、多糖损失率分别高达 80.65%、40.38%。由于三氯乙酸法脱蛋白质时反应较为剧烈;当三氯乙酸浓度过高时可能会引起多糖结构的破坏,产生不期望的结果<sup>[11]</sup>,综合考虑蛋白质脱除率、多糖损失率以及三氯乙酸可能对多糖造成的影响,选择三氯乙酸用量为 0.5%,此时蛋白质脱除率和多糖损失率分别为 60.46% 和 16.86%。

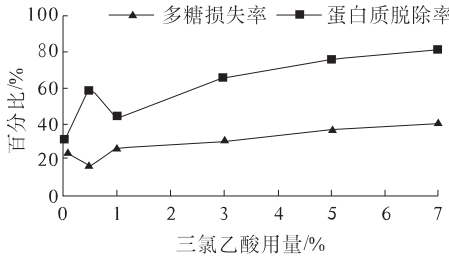


图 2 三氯乙酸法的脱蛋白质效果

2.2.3 盐酸法 由图 3 可以看出,采用盐酸法脱蛋白质时,随着洋葱粗多糖溶液 pH 值增大,蛋白质脱除率先增加后降低,多糖损失率先降低后增加,pH 值为 2.5 时蛋白质脱除率最高且多糖损失率最低,分别为 64.54% 和 22.01%。这说明 pH 值 2.5 可能是洋葱多糖中杂蛋白的等电点,由于糖蛋白的存在,蛋白质沉淀的同时也引起了多糖的沉淀<sup>[7]</sup>。因此,盐酸法脱蛋白质选择 pH 值 2.5。

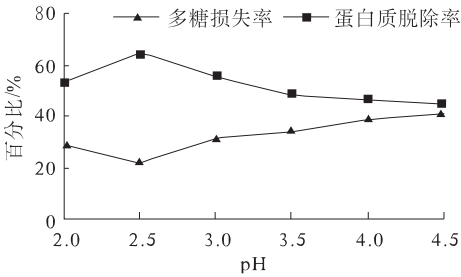


图 3 盐酸法的脱蛋白质效果

2.2.4 乙酸铅法 由图 4 可以看出,随着乙酸铅质量浓度的增大,洋葱粗多糖溶液中蛋白质脱除率逐渐增大,乙酸铅质量浓度增加至 0.02 g/mL 后,继续增加乙酸铅质量浓度,蛋白质脱除率变化缓慢;多糖损失率随着乙酸铅质量浓度增大而逐渐增大,质量浓度为 0.02 g/mL 与 0.01 g/mL 时多糖损失率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。综合考虑蛋白质脱除率和多糖损失率,选择 0.02 g/mL 的乙酸铅,在此条件下洋葱多糖液的蛋白质脱除率为 75.95%,多糖损失率为 24.96%。

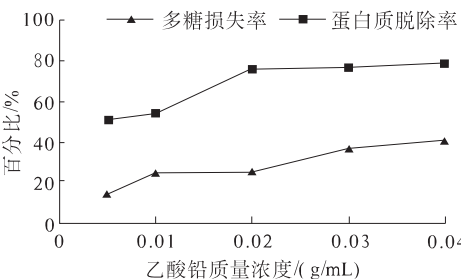


图 4 乙酸铅法的脱蛋白质效果

2.2.5 不同脱蛋白质方法的比较 比较以上各方法最优条件下的脱蛋白质效果(图 5)发现,不同方法的蛋白质脱除率为 Sevag 法 > 乙酸铅法 > 盐酸法 > 三氯乙酸法。而 Sevag 法的多糖损失率 (22.30%) 较三氯乙酸法高 5.44 个百分点 ( $P < 0.05$ ),但与盐酸法差异不显著,且显著低于乙酸铅法;但 Sevag 法的蛋白质脱除率为 79.44%,远高于三氯乙酸法 (60.46%)。因此认为,Sevag 法对洋葱多糖的脱蛋白质效果最好。

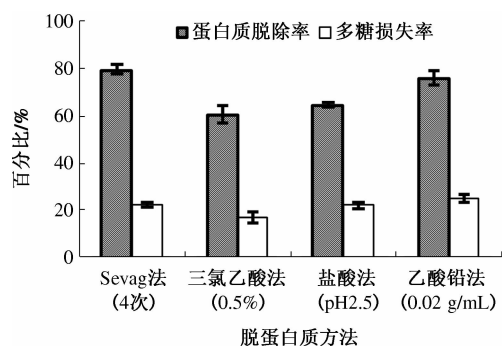
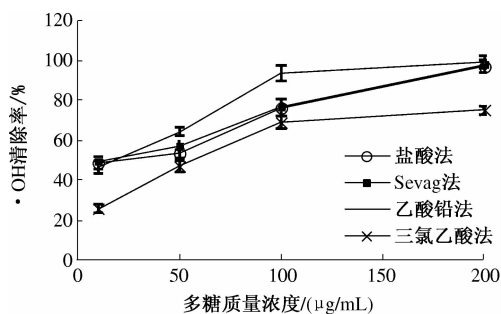


图5 4种脱蛋白质方法效果比较

### 2.3 不同方法脱蛋白质处理后洋葱多糖的抗氧化能力比较

2.3.1  $\cdot\text{OH}$  清除能力 由图6可以看出,在试验所选的洋葱多糖溶液质量浓度范围内,随着洋葱多糖质量浓度增大,4种方法脱蛋白质处理后洋葱多糖对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率均逐渐增大。但多糖溶液质量浓度较高时,其与 $\cdot\text{OH}$ 清除率不成线性关系,不宜用 $\cdot\text{OH}$ 清除率比较抗氧化能力的强弱,故以 $\text{IC}_{50}$ 作为衡量洋葱多糖清除 $\cdot\text{OH}$ 能力的指标,其值越小说明洋葱多糖的抗氧化能力越强。经测定,Sevag法脱蛋白质处理后洋葱多糖清除 $\cdot\text{OH}$ 的 $\text{IC}_{50}$ 值最低,为 $16.00\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,乙酸铅法、盐酸法和三氯乙酸法脱蛋白质处理后洋葱多糖清除 $\cdot\text{OH}$ 的 $\text{IC}_{50}$ 值分别为 $18.38$ 、 $22.77$ 、 $59.30\text{ }\mu\text{g/mL}$ 。因此,经Sevag法脱蛋白质处理后的洋葱多糖对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用最强。

图6 脱蛋白质多糖对 $\cdot\text{OH}$ 的清除效果比较

2.3.2 还原力 由图7可以看出,Sevag法、乙酸铅法和盐酸法脱蛋白质处理后的洋葱多糖还原力随着多糖质量浓度的增大而增大。多糖质量浓度小于 $200\text{ }\mu\text{g/mL}$ 时,3种方法脱蛋白质处理后的洋葱多糖的还原力无显著差异( $P>0.05$ ),大于 $200\text{ }\mu\text{g/mL}$ 时,3种方法脱蛋白质处理后的洋葱多糖还原力为乙酸铅法>Sevag法>盐酸法。三氯乙酸法脱蛋白质处理的洋葱多糖还原力最低,且随着多糖质量浓度的增大无显著变化( $P>0.05$ )。

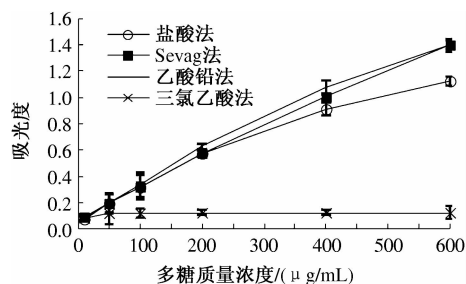


图7 脱蛋白质多糖的还原力比较

## 3 结论与讨论

本试验结果表明,Sevag法脱蛋白质处理4次,蛋白质脱除率为79.44%,多糖损失率为22.30%;三氯乙酸质量为粗多糖溶液质量的0.5%时,蛋白质脱除率和多糖损失率约分别为60.46%和16.86%;盐酸法脱蛋白质时,调节pH值为2.5,蛋白质脱除率最高且多糖损失率最低,分别为64.54%和22.01%;采用 $0.02\text{ g/mL}$ 的乙酸铅进行脱蛋白质处理时,洋葱粗多糖溶液的蛋白质脱除率为75.95%,多糖损失率为24.96%。可见,采用Sevag法对洋葱粗多糖进行脱蛋白质处理效果最好。且4种方法脱蛋白质处理的洋葱多糖抗氧化能力测定结果表明,采用Sevag法脱蛋白质处理的洋葱多糖对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用最强。三氯乙酸法脱蛋白质处理后的洋葱多糖的抗氧化能力最低,可能是因为三氯乙酸法脱蛋白质时反应较为剧烈,造成了多糖结构的破坏,影响了多糖抗氧化能力,产生了不期望的结果,这与董英等<sup>[7]</sup>的报道相吻合。尽管乙酸铅法脱蛋白质处理后的洋葱多糖液还原力高于Sevag法,但是乙酸铅法脱蛋白质的多糖损失率较高,不利于后续试验的进行,这与高美风等<sup>[9]</sup>的报道一致。另外,也有文献显示,过量的乙酸铅会使多糖的测定结果偏低<sup>[17]</sup>。因此,综合考虑洋葱多糖中蛋白质脱除率、多糖损失率以及脱蛋白质处理后多糖的抗氧化能力等因素,认为Sevag法为洋葱粗多糖脱蛋白质的最优方法,其次为乙酸铅法、盐酸法,三氯乙酸法最差。

### 参考文献:

- [1] 冯长根,吴悟贤,刘霞,等. 洋葱的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国中医药杂志,2003,37(7):63-65.
- [2] 张强,牟雪娇,周正义,等. 洋葱多糖的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业,2007,33(1):138-141.
- [3] 马钊. 洋葱多糖提取及其提高免疫力和降血脂功能性

质研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.

[4] 马钊,李景明,李丽梅,等. 洋葱多糖提取工艺的研究[J]. 食品工业科技,2009(5):98-99.

[5] 李茵萍,昆杜斯·托合塔森,孙莲. 洋葱多糖及其含量的测定[J]. 中国卫生检验杂志,2006,16(3):300-301.

[6] 石莉娜,任大明,程宇,等. 茶树菇多糖脱蛋白方法研究[J]. 现代农业科技,2008(20):14,16.

[7] 董英,张艳芳,孙艳辉. 水飞蓟粗多糖脱蛋白质方法的比较[J]. 食品科学,2007,28(12):82-84.

[8] 朱美静,童群义. 猴头多糖脱蛋白质方法的研究[J]. 河南工业大学学报,2005,26(4):25-27.

[9] 高美风,俞婷婷. 黄芪多糖中脱蛋白质方法的研究[J]. 中华中医药学刊,2008,26(3):614-615.

[10] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京:科学出版社,2002:95-97.

[11] Yang Cuixian, He Ning, Ling Xueping, *et al.* The isolation and characterization of polysaccharides from longan pulp[J]. Separation and Purification Technology, 2008,

63(1):226-230.

[12] 朱加进. 苦菜中可溶性多糖提取工艺研究[J]. 农业工程学报,2002,18(1):138-141.

[13] 陈宏伟,陈安徽,邵颖,等. 蛹虫草胞外锌多糖抗氧化能力的研究[J]. 食品与发酵工业,2009,35(6):54-57.

[14] Liu F, Ooi V E C, Chang S T. Free radical scavenging activities of mushroom polysaccharide extracts[J]. Life Sciences, 1997, 60(10):763-771.

[15] 朱晓宦,吴向阳,仰榴青,等. 马齿苋粗多糖的提取及清除羟自由基基活性作用[J]. 江苏大学学报,2007,17(1):57-60.

[16] Chen Haixia, Zhang Min, Qu Zhishuang, *et al.* Antioxidant activities of different fractions of polysaccharide conjugates from green tea (*Camellia sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2008, 106:559-563.

[17] 何国亮. 灵芝饮品中灵芝肽多糖含量的测定[J]. 营养学报,1998,20(1):102.

\*\*\*\*\*

(上接第 138 页)

经济产量为 18 323.1 kg/hm<sup>2</sup>;低产田大蒜最佳施肥量为每公顷施氮肥(N)255.0 kg、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)111.0 kg、钾肥(K<sub>2</sub>O)180.0 kg,对应的最佳经济产量为13 060.7 kg/hm<sup>2</sup>。

参考文献:

[1] 肖小勇,李崇光. 我国大蒜出口的“大国效应”研究[J]. 国际贸易问题,2013(8):61-71.

[2] 吕玉花,张留伟. 河南大蒜产业研究[J]. 河南农业,2010(9):16-17.

[3] 闫童,刘士亮,滕世辉,等. 大蒜“3414”肥效试验研究[J]. 现代农业科技,2011(22):25,27.

[4] 范宏伟,刘兆进. 民乐县大蒜“3414”测土配方施肥试验研究[J]. 现代农业科技,2013(4):82-83,85.

[5] 徐向阳,黄和平,王巍,等. 大蒜氮磷钾配合施用技术研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(28):8942-8943,8999.

[6] 徐杰. 豫东潮土区大蒜氮磷钾推荐施肥研究[J]. 中国土壤与肥料,2013(2):62-65,79.

[7] 张桂荣. 鲁西南平原地区大蒜产量与施肥量关系研究[J]. 北方园艺,2008(10):67-68.

[8] 张春萍. 乐都地膜大蒜配方施肥试验研究[J]. 长江蔬菜,2013(6):35-37.

[9] 刘艳芝,张金科,徐宝连,等. 氮磷钾肥施用量对大蒜蒜头产量的影响[J]. 山东农业科学,2009(7):66-67,70.

[10] 闫童,滕世辉,刘士亮,等. 大蒜配方肥肥效研究[J]. 现代农业科技,2011(7):110.

[11] 陈小叶. 腐殖酸钾液肥在大蒜上的应用[J]. 山西农业科学,2003,31(4):50-51.

[12] 李树和,刘畅,张卫华. 钾含量变化对无土栽培宝坻大蒜生长的影响[J]. 天津农业科学,2010,16(1):101-104.

[13] 冯磊,刘世琦,刘景凯,等. 磷对水培青蒜生长及品质的影响[J]. 北方园艺,2014(3):9-14.

[14] 吴志勇,闫静,施维新,等. “3414”肥料效应试验的设计与统计分析[J]. 新疆农业科学,2008(1):135-141.

[15] 戢林,张锡洲,李廷轩. 基于“3414”试验的川中丘陵区水稻测土配方施肥指标体系构建[J]. 中国农业科学,2011,44(1):84-92.

[16] 吴秋艳,罗家传. “3414”肥料试验分析方法探讨[J]. 山东农业科学,2010(8):90-94.

[17] 战秀梅,韩晓日,王帅,等. 应用“3414”肥料试验模型求解春玉米施肥参数的研究[J]. 河南农业科学,2009(1):51-54,63.

[18] 赵法成,陈荣江,苗子胜,等. 新乡市东部地区花生氮磷钾“3414”设计施肥效应的研究[J]. 河南农业科学,2011,40(11):67-70.

[19] 刘景福,成瑞喜,徐芳森. 磷肥对大蒜产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学,1995(6):33-35.

[20] 成瑞喜,韦江群,刘景福. 磷水平与大蒜产量和品质的关系[J]. 中国蔬菜,1997(2):6-8.