

基于棉粕的氨基酸肥对小麦生长及产量的影响

庞庆阳, 宣毓龙, 蔡旭, 王雅各, 王开勇

(石河子大学农学院, 新疆 石河子 832000)

摘要: 为了明确基于棉粕的氨基酸肥对小麦生长发育的影响, 采用田间试验, 研究喷施清水、优多牌氨基酸水溶肥和棉粕腐氨基酸水溶肥对小麦不同生育时期生长指标及产量的影响。结果表明, 与喷施清水处理和喷施优多牌氨基酸水溶肥处理相比, 喷施棉粕氨基酸肥的小麦的株高、叶面积、叶绿素、干物质均有不同程度的提高, 同时进一步促进了小麦的分蘖和成穗, 使小麦产量显著增加, 与喷施清水处理和喷施优多牌氨基酸水溶肥处理相比, 增幅分别为 15.2% 和 4.97%。

关键词: 棉粕; 氨基酸肥料; 小麦; 生长; 产量

中图分类号: TQ444.6; S512.1; S311 **文献标志码:** A

Effect of cottonseed amino acid fertilizer on yield and growth of wheat

PANG Qing-yang, XUAN Yu-long, CAI Xu, WANG Ya-ge, WANG Kai-yong

(College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: In order to identify the effect of amino acid fertilizer from cottonseed meal on growth and development of wheat, The effects of sprayed water, water soluble amino acid fertilizer(Youduo) and cottonseed meal rot amino acid water soluble fertilizer on the growth and yield of wheat at different growth stages were studied in field experiment. It turned out the wheat plant height, leaf size, chlorophyll and dry material increased by different degrees, and the wheat tillering as well as earing increased, too, which promoted wheat yield by 15.2% and 4.97% in the treatment of cottonseed meal amino acid fertilizer, compared with treatment of sprayed water and water soluble amino acid fertilizer(Youduo) respectively.

Keywords: wheat; cottonseed meal; amino acid fertilizer; growth; yield

我国具有丰富的废弃蛋白资源, 每年产棉籽 1 000 万 t 以上, 提取棉油后的棉籽饼粕达 600 万 t, 资源量全球第一^[1]。棉粕是棉籽经过压榨、浸出等工艺提取油脂后得到的一种微红或黄色颗粒状物质^[2], 含粗蛋白质 35%, 粗纤维 15%, 且富含矿物质和维生素^[3]。目前主要被用作动物饲料, 棉粕中含有的棉酚有一定毒性, 因而限制了其产品的应用^[4-5], 很多农业资源经过一定工艺可以提取氨基酸, 并可制备成肥料, 具有提高作物品质, 抗逆性, 增产等作用, 经济效益和社会效益显著^[6]。李潮海等^[7]用氨基酸螯合多元微肥可使玉米叶面积增大, 比叶重提高, 株高增加, 叶绿素含量增加, 光合强度提高。储成江^[8]对南京禾丰含氨基酸微量元素水溶肥料在水稻大田示范结果表明, 可使水稻增产 561.0 kg·hm⁻², 增产率 7.56%。新疆是我国最大的棉粕

主产区之一, 如能将棉粕开发为高效新型肥料资源, 对于区域农业发展、废弃物资源循环利用和环境保护都具有重要意义。

小麦是主要粮食作物之一, 其产量的高低在一定程度上对确保我国粮食安全具有重要的意义。粮食的丰产与优质, 与肥料密切相关^[9]。现代农业大量使用化肥农药, 虽然此方法能使农作物产量大增, 但是伴随着的一连串的问题——环境污染、土地酸败废耕、病虫害日益严重、农产品品质下降、化肥农药残留等等, 而这些问题在日益严重, 直接影响到人们的生活及整个地球的生态环境^[10]。氨基酸叶面肥是一种内含丰富的氨基酸、微量元素和有机质的叶面肥, 对农业发展有巨大作用, 在农业上的作用逐步受到人们重视。本试验拟研究用棉粕开发的氨基酸肥料对小麦生长发育及产量的影响, 为其进一步

收稿日期: 2015-12-10

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAC14B030-2); 国家自然科学基金项目(31560169); 国际科技合作项目(2015DFA11660); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201503120); 石河子大学高层次人才基金项目(RCZX201314)

作者简介: 庞庆阳(1990—), 河南人, 硕士, 主要从事土壤环境与生态安全研究。E-mail: pqyoo@126.com。

通信作者: 王开勇, E-mail: wky20@163.com。

的推广应用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2015 年在新疆石河子大学试验站(N44°18'42.37", E86°03'20.72")进行,无霜期为 168 ~ 171 d,年平均气温为 6.9℃,降水量为 125.0 ~ 207.7 mm。前茬作物为玉米,土壤质地为壤土,pH 7.73,全氮 0.5 g·kg⁻¹,有效磷 22.40 mg·kg⁻¹,有效钾 180 mg·kg⁻¹,有机质 16.19 g·kg⁻¹,盐度(EC_{1:5})0.28 dS·m⁻¹。

1.2 试验材料

供试材料为春小麦新春 38,供试肥料为用棉粕开发的氨基酸叶面肥,氨基酸含量 ≥ 100 g·L⁻¹,微量元素(铁、锰、锌、铜、钼)含量 ≥ 20 g·L⁻¹。

1.3 试验设计

试验于 2015 年 4 月 6 日播种,7 月 8 日收获。采用随机区组设计,设置 3 个处理分别如下:

处理一:对照(CK)。喷施与处理 3 等量清水;

处理二:喷施优多牌氨基酸水溶肥(TT1)。由龙灯作物营养科技有限公司提供,氨基酸 ≥ 100 g·L⁻¹,Cu + Fe + Mn + Zn + B ≥ 20 g·L⁻¹,喷施量与处理 3 等量。

处理三:喷施棉粕型氨基酸水溶肥(TT2)。通过提取棉粕中的氨基酸制成的肥料,氨基酸 ≥ 100 g·L⁻¹,Cu + Fe + Mn + Zn + B ≥ 20 g·L⁻¹。每公顷每次 600 mL,兑水 450 kg,稀释 750 倍进行喷施,于小麦拔节期、孕穗期、开花期和灌浆期各喷施一次,全生育期喷施 4 次。

全生育期总施肥量为氮肥 270 kg·hm⁻²,磷肥 165 kg·hm⁻²,钾肥 165 kg·hm⁻²。在小麦拔节、孕穗、开花、灌浆期分别配合滴灌追肥总肥的 35%、25%、25%、15%,追肥在每次取样后第二天进行;总灌水量为 4 500 m³·hm⁻²,全生育期共滴灌 7 次。每个小区面积 9 m²,每个处理重复 3 次,小区之间各设 50 cm 保护行。滴灌带为一管四行,行距为 15 cm,

其他各项管理与当地大田生产相同。

1.4 测定项目与方法

小麦拔节中期、孕穗中期、开花中期、灌浆中期和成熟中期分别测定株高、叶面积和叶绿素含量,每个小区分别选具有代表性样点取样,每个样点连续取样地上部分 10 株主茎。

株高:用直尺测量小麦植株的高度。拔节期株高从植株基部至主茎顶部的距离,孕穗期、开花期、灌浆期和成熟期株高从植株基部到穗顶的距离。

叶面积:用 LI-3100C 台式叶面积仪测定单株叶面积。

叶面积指数 = 单株小麦总叶面积 × 植株数

叶绿素含量:采用日产 SPAD-502Y 叶绿素仪测定小麦的 SPAD 值,抽穗前测定倒二叶,抽穗后测定旗叶。

干物质重:每小区取样 10 株,将取回样分为叶片、茎秆和穗并在 105℃ 下杀青 30 min,85℃ 烘干至恒重。

小麦成熟后分小区收割并测产、统计有效穗数、穗粒数和千粒重。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行处理和作图,用 SPSS 20.0 软件进行统计分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 氨基酸叶面肥对小麦株高的影响

由表 1 可知,小麦株高最高的是棉粕型氨基酸肥处理,其次是优多氨基酸肥处理,最矮的是对照。喷施棉粕型氨基酸肥处理小麦的株高从拔节期到成熟期都显著优于对照处理,在开花期显著优于优多氨基酸肥处理。与喷施清水处理相比,棉粕型氨基酸肥处理在开花期达到最大差异为 12.60%。与喷施优多氨基酸肥处理相比,棉粕型氨基酸肥处理株高开花期显著增加 9.14%。说明喷施叶面氨基酸肥会促进小麦主茎的生长。

表 1 不同处理对不同时期小麦株高的影响/cm

Table 1 Effect of different treatments on plant height of wheat at different stage

处理 Treatment	拔节期 Jointing	孕穗期 Heading	开花期 Flowering	灌浆期 Filling	成熟期 Maturing
CK	23.77 ± 2.10 b	31.50 ± 1.15 b	52.37 ± 1.77 c	73.53 ± 3.84 b	73.83 ± 3.69 b
TT1	28.67 ± 3.06 a	38.13 ± 1.13 a	54.03 ± 1.06 b	78.56 ± 2.37 a	79.07 ± 1.60 a
TT2	28.38 ± 1.83 a	37.07 ± 3.12 a	58.97 ± 2.32 a	79.40 ± 1.90 a	80.80 ± 2.85 a

注:CK:对照;TT1:喷施优多氨基酸水溶肥;TT2:喷施棉粕型氨基酸水溶肥。同列数据后不同字母表示处理间差异显著(P < 0.05)。下同。

Note: CK: Control check; TT1: Spraying Youduo amino acids fertilizer; TT2: Spraying cottonseed meal amino acids fertilizer. Values followed by different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level between different treatments. The same below.

2.2 氨基酸叶面肥对小麦叶面积的影响

由表 2 可以看出,不同生育时期小麦的叶面积指数均呈先增加后下降的变化趋势,均在孕穗期达到最大。喷施棉粕型氨基酸肥处理小麦的叶面积指数从孕穗期到成熟期均显著高于喷施清水处理,依次增加了 43.57%、42.86%、20.51% 和 24.55%;在孕穗期、开花期棉粕型氨基酸肥处理也显著优于优

多氨基酸肥处理,分别增加了 9.57% 和 16.35%。在拔节期和成熟期喷施棉粕型氨基酸肥处理与优多氨基酸肥处理相比差异不显著,二者与喷施清水处理差异显著。总体来说,喷施氨基酸肥可显著增加小麦的叶面积,并且棉粕型氨基酸肥处理优于优多氨基酸肥处理。

表 2 不同处理对不同时期小麦叶面积的影响/%

Table 2 Effect of different treatments on LAI of wheat at different stage

处理 Treatment	拔节期 Jointing	孕穗期 Heading	开花期 Flowering	灌浆期 Filling	成熟期 Maturing
CK	1.22 ± 0.10 a	3.19 ± 0.23 b	2.59 ± 0.38 b	1.95 ± 0.46 b	1.67 ± 0.37 b
TT1	1.30 ± 0.15 a	4.18 ± 0.17 b	3.18 ± 0.20 b	2.27 ± 0.42 a	1.88 ± 0.33 a
TT2	1.39 ± 0.14 a	4.58 ± 0.11 a	3.70 ± 0.33 a	2.35 ± 0.68 a	2.08 ± 0.54 a

2.3 氨基酸叶面肥对小麦 SPAD 值的影响

由表 3 可见,自拔节期至成熟期,不同处理下小麦叶片 SPAD 值随小麦生育期进程呈先增后降的趋势,均在灌浆期达到最大。在小麦不同生育时期,棉

粕型氨基酸肥处理和优多氨基酸肥处理小麦的 SPAD 值均显著高于对照;在灌浆期,棉粕型氨基酸肥处理小麦的 SPAD 值比优多氨基酸肥处理增加了 5.68%,比喷施清水处理增加了 13.93%。

表 3 不同处理对不同时期小麦 SPAD 值的影响

Table 3 Effect of different treatments on SPAD of wheat at different stage

处理 Treatment	拔节期 Jointing	孕穗期 Heading	开花期 Flowering	灌浆期 Filling	成熟期 Maturing
CK	40.63 ± 1.78 b	41.47 ± 1.36 b	46.17 ± 1.99 b	47.03 ± 1.92 c	39.10 ± 1.30 b
TT2	44.73 ± 1.04 a	45.05 ± 2.18 a	48.23 ± 1.80 a	50.70 ± 1.17 b	44.07 ± 1.28 a
TT2	44.57 ± 1.17 a	46.63 ± 0.77 a	50.77 ± 1.47 a	53.58 ± 1.29 a	45.47 ± 1.06 a

2.4 氨基酸叶面肥对小麦干物质质量的影响

由图 1 可知,各处理小麦的单株和穗部干物质质量随生育期的推进而增加,到成熟期达到最大,茎秆和叶片干物质质量呈先增加后降低的趋势。棉粕型氨基酸肥处理小麦的单株干物质质量全生育期均显著高于喷施清水处理,在成熟期差异最大,增加了 18.23%;在开花期和成熟期也显著高于优多氨基酸肥处理,增加了 5.79% 和 8.89% (图 1a)。棉粕型氨基酸肥处理穗部干物质质量灌浆期和成熟期显著高于清水处理,分别增加了 10.93% 和 16.79%,与喷施优多氨基酸肥处理相比,在灌浆期显著增加了 6.25% (图 1d)。各处理小麦叶片干物质质量呈先增加后下降趋势,从孕穗期到开花期,棉粕型氨基酸肥处理小麦叶片干物质质量显著高于喷施清水处理和喷施优多氨基酸肥处理;在开花期,前者比后者分别增加了 29.73% 和 5.49% (图 1b)。小麦茎秆干物质质量从拔节到开花期持续增加,孕穗期和成熟期,棉粕

型氨基酸肥处理小麦茎秆干物质质量显著高于喷施清水处理,开花期和成熟期显著高于优多氨基酸肥处理;在成熟期,棉粕型氨基酸肥处理小麦茎秆干物质质量比喷施清水处理和优多氨基酸肥处理分别增加了 13.3% 和 9.65% (图 1c)。穗部、茎秆、叶片和单株干物质质量整体均表现为棉粕型氨基酸肥处理 > 优多氨基酸肥处理 > 喷施清水处理,表明棉粕型氨基酸肥对小麦干物质积累有明显促进作用。

2.5 氨基酸叶面肥对小麦产量及其构成因素的影响

由表 4 可知,棉粕型氨基酸肥对小麦的有效穗数、千粒重和产量均有显著促进作用。经棉粕型氨基酸肥处理的小麦有效穗数、千粒重和产量比喷施清水处理分别增加了 4.26%、6.90% 和 15.20%,比优多氨基酸肥处理增加了 2.27%、2.36% 和 4.97%。说明棉粕型氨基酸肥可显著增加小麦有效穗数和千粒重,从而使小麦产量显著提高。

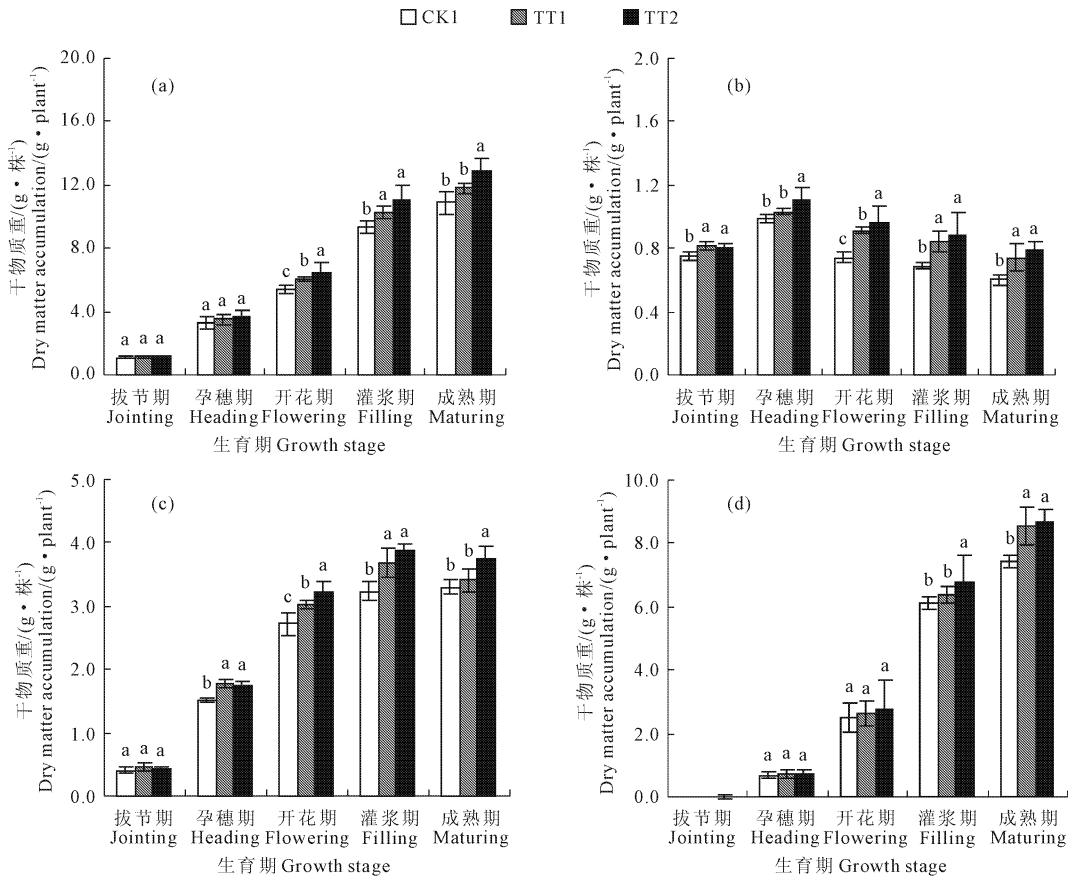


图 1 不同处理下小麦单株(a)、叶片(b)、茎秆(c)和穗部(d)的干物质动态变化

Fig.1 Dynamic change of dry matter accumulation of plant (a), leaf (b), stalk (c) and spike (d) of wheat under different treatments

表 4 不同处理对小麦产量及产量构成因素的影响

Table 4 Effect of humic acid fertilizer on yield and components of wheat

处理 Treatment	穗数 Ear number /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数 Grains per ear	千粒重 1000 grain weight/g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
CK	470.13 b	34.10 a	54.32 b	6130.95 c
TT1	479.25 a	37.24 a	56.73 a	6728.37 b
TT2	490.14 a	36.25 a	58.07 a	7063.10 a

3 结论

本研究表明棉粕型氨基酸肥和优多氨基酸肥对小麦生长发育有显著促进作用,施用两种肥料的小麦株高、叶面积、叶绿素含量、干物质量等指标较对照均有显著提高。两种肥料之间结果表明,施用棉粕型氨基酸肥的小麦株高、叶面积、SPAD 值和干物质积累量均较优多氨基酸肥有不同程度的增加,且小麦有效穗数、千粒重和产量比优多氨基酸肥显著 ($P < 0.05$) 增加了 2.27%、2.36% 和 4.97%。这可能由于棉粕中除了含有蛋白质以外,还有粗脂肪、酸性洗涤纤维营养成分^[1],这些营养成分有可能会对小麦的生长发育有一定的促进。另外氨基酸作为螯

合剂,其与微量元素形成螯合物,叶片能迅速吸收,然后运输到其他部位,参与各项营养代谢过程,并以氨基酸作为配位体,可在无光合作用下直接进行机体的蛋白合成,与其他螯合物剂相比对农作物有更明显的增产效果^[12-13]。

前期干物质的积累是小麦后期籽粒干物质形成的重要保障^[14]并且植物的干物质量大小也是衡量氨基酸肥效的指标之一,李振举等^[14]研究结果显示,施用氨基酸液肥,干物质显著增加,最终产量较对照增加了 21.1%。本研究表明,喷施棉粕型氨基酸肥对小麦植株的干物质积累具有显著的促进作用,从而提高了小麦的产量。一定范围内,干物质积累越多,籽粒产量也就越高^[15]。有研究表明小麦产量与拔节后干物质累积关系密切,尤其是与花后干物质累积显著相关^[16],本研究发现棉粕型氨基酸肥全生育期的干物质重量都显著高于对照,在某些时期高于优多氨基酸肥处理,这也是造成产量差异的原因。因此棉粕型氨基酸肥能促进小麦干物质积累,有利于产量的形成。由于小麦的生长存在品种和地域的差异,因此本研究所用棉粕型氨基酸肥对小麦的生长及产量的影响还需进一步研究。

(下转第 113 页)

- [7] 张锐,王远,孟志刚,等. 国产转基因抗虫棉研究回顾与展望[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(4): 32-42.
- [8] 秦永华, 乔志新, 刘进元. 转基因技术在棉花育种上的应用[J]. 棉花学报, 2007, 19(6): 482-488.
- [9] 郑巨云, 李雪源, 王俊铎, 等. 新疆转基因棉花育种展望[J]. 中国棉花, 2010, 37(11): 2-5.
- [10] 王孝纲, 别墅, 张教海, 等. 我国转基因棉花育种概况与展望[J]. 湖北农业科学, 2003, (3): 32-35.
- [11] Tabashnik BE, Carriere Y, Dennehy TJ, et al. Insect resistance to transgenic Bt crops: Lessons from the laboratory and field[J]. Journal of Economic Entomology, 2003, 96(4): 1031-1038.
- [12] Romeis J, Meissle M, Bigler F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control[J]. Nature Biotechnology, 2006, 24(1): 63-71.
- [13] 丰嵘, 张宝红, 郭香墨. 外源 *Bt* 基因对棉花产量性状及抗虫性的影响[J]. 棉花学报, 1996, 8(1): 10-13.
- [14] 张香桂, 周宝良, 陈松, 等. 抗虫棉与常规棉主要农艺及经济性状比较研究[J]. 中国棉花, 2004, 31(5): 14-16.
- [15] 刘冬梅, 武芝霞, 刘传亮, 等. 花粉管通道法获得棉花转基因株系主要农艺性状变异分析[J]. 棉花学报, 2007, 19(6): 450-454.
- [16] 刘方, 王坤波, 宋国立, 等. 棉花转基因材料的获得及主要农艺性状变异分析[J]. 棉花学报, 2009, 21(1): 23-27.
- [17] 刘剑光, 肖松华, 狄佳春, 等. *Bt* 基因导入对棉花农艺性状的影响[J]. 中国棉花, 2003, 30(3): 15-17.
- [18] 刘慧君, 简桂良, 邹亚飞. *GO* 基因导入对棉花农艺性状及抗病性的影响[J]. 分子植物育种, 2003, 1(5/6): 669-672.
- [19] 钱进, 杨云尧, 任燕萍, 等. 转 *MvNHX1* 基因棉花抗旱性研究和株系变异分析[J]. 分子植物育种, 2014, 12(1): 80-86.
- [20] 连丽君, 吕素莲, 李汝忠, 等. 转 *BetA/als* 基因棉花材料的农艺性状考察[J]. 棉花学报, 2008, 20(6): 447-451.
- [21] 崔海瑞, 王忠华, 舒庆尧, 等. 转 *Bt* 基因水稻克螟稻杂交转育后代农艺性状的研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(2): 22-27.
- [22] 唐祚舜, 李良材, 田文忠. 基因枪法转基因水稻后代农艺性状的表现[J]. 中国农业科学, 2001, 34(6): 581-586.
- [23] 莫春红. 转 *Bt* 基因水稻 *Bt* 蛋白表达量检测及螟虫抗性和农艺性状评价[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [24] 徐泽俊, 聂以春, 张献龙, 等. 转双价抗虫基因棉花的主要农艺性状的遗传变异[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(1): 125-130.
- [25] 吕淑平, 郭小平, 赵元明. 转基因抗虫棉 *Bt* 基因导入对受体材料农艺性状的影响[J]. 中国农学通报, 2004, 20(3): 36-37.
- [26] 王忠华, 张立成. *Bt* 抗虫转基因水稻的育种应用[J]. 核农学报, 2007, 21(2): 148-151, 200.
- [27] 陈文岳. 转 *Bt* 基因水稻“克螟稻”的遗传改良研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [28] 王彩霞, 吴殿星, 沈圣泉, 等. 转基因及常规水稻幼苗对潮霉素敏感性的研究[J]. 核农学报, 2005, 19(3): 168-171.
- [29] 沈圣泉, 舒庆尧, 包劲松, 等. 应用近等基因系研究 *Bt* 基因对水稻性状表现的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005, 31(3): 283-287.
- [30] 刘昌文, 张燕, 宋义前. 新疆早熟棉花主要农艺性状相关性分析及多项式趋势分析[J]. 天津农业科学, 2008, 14(3): 11-16.
- [31] 周桂生, 周福才, 谢义明, 等. 温度胁迫对转 *Bt* 基因抗虫棉毒蛋白的表达和棉铃虫死亡率的影响[J]. 棉花学报, 2009, 21(4): 302-306.
- [32] 沈平, 林克剑, 张永军, 等. 转 *Bt* 基因棉不同品种杀虫蛋白季节性表达及其对棉铃虫的控制作用[J]. 棉花学报, 2010, 22(5): 393-397.

(上接第 24 页)

参考文献:

- [1] 王安平, 吕云峰, 张军民, 等. 我国棉粕和棉籽蛋白营养成分和棉酚含量调研[J]. 华北农学报, 2010, 25(S1): 301-304.
- [2] 李宾. 葵仁粕和三种不同棉粕在草鱼饲料中的应用[D]. 苏州: 苏州大学, 2011.
- [3] 聂蓬勃. 发酵法降低棉粕中游离棉酚含量及提高其营养价值的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [4] 刘昌峨. 棉籽蛋白粉营养价值的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [5] 秦金胜, 嵯梅, 许衡, 等. 发酵棉粕和普通棉粕替代豆粕对猪生长性能的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(6): 496-501.
- [6] 许丽娟, 梁明龙, 何觉勤, 等. 复合氨基酸微量元素螯合肥的制备及应用研究[J]. 广东化工, 2014, 41(2): 38-39.
- [7] 李潮海, 周顺利, 樊耀亭, 等. 不同形态微肥对玉米的增产效果研究[J]. 河南农业大学学报, 1996, (3): 249-253.
- [8] 储成江. 氨基酸微量元素水溶肥料在水稻大田示范中的应用效果[J]. 现代农业科技, 2014, (1): 18-20.
- [9] 张向前, 陈欢, 赵竹, 等. 密度和行距对早播小麦生长、光合及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(2): 86-92.
- [10] 夏循峰, 胡宏. 我国肥料的使用现状及新型肥料的发展[J]. 化工技术与开发, 2011, 40(11): 4, 45-48.
- [11] 华文. 氨基酸微肥在农作物上的应用技术[J]. 农村实用技术, 2007, (7): 53.
- [12] 苑婧娴. 氨基酸对小麦幼苗生长及生理特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [13] 马迎辉. 不同施肥管理模式对冬小麦养分吸收、干物质积累及产量的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [14] 李振举, 蒋瑞萍. 植物氨基酸肥在时差蔬菜生产上的示范应用[J]. 北京农业, 2007, (9): 18-21.
- [15] 李刘霞. 氮磷钾配施对砂姜黑土冬小麦干物质生产、养分吸收利用及土壤酶活性的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- [16] 赵满兴, 周建斌, 杨绒, 等. 不同施氮量对旱地不同品种冬小麦氮素累积、运输和分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(2): 143-149.