

腐殖酸对小豆生长发育与产量的影响

葛维德, 陈 剑, 赵 阳, 薛仁风*

(辽宁省农业科学院作物研究所, 沈阳 110161)

摘要:本试验以小豆品种 012-27、唐红 2010-23、JHPX02、唐红 2010-12 为试验材料, 研究腐殖酸对小豆各生育时期生长发育与产量的影响。试验结果表明: 施用 15 g/m² 腐殖酸能够增加叶面积, 有效增强小豆根系活力, 促进根系生长, 提高产量, 4 个参试品种在腐殖酸处理的条件下植株鲜重、植株干重、单株成熟荚数和产量均显著高于无腐殖酸处理的植株, 分别达到 40.55、101.45、86.00、85.73 g; 8.91、24.45、22.42、19.86 g; 53、61、48、46 个; 62.26、77.26、58.44、53.76 kg/667 m², 其中施用腐殖酸 15 g/m² 对 JHPX02 的生长促进效果最显著, 唐红 2010-23 的产量最高, 达到 77.26 kg/667 m²。本研究通过 4 个小豆品种的腐殖酸肥效试验结果, 揭示其对小豆产量、相关农艺性状和生理特征的影响, 为辽宁省小豆绿色高效生产提供理论依据。

关键词:小豆; 腐殖酸; 生长发育; 产量

中图分类号: S521

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)01-0005-04

Effect of Humic Acid on the Growth and Yield of Adzuki Bean

GE Weide, CHEN Jian, ZHAO Yang, XUE Renfeng*

(Crop Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: In this study, Adzuki bean varieties: 012-27, Tang Hong 2010-23, JHPX02, and Tang Hong 2010-12 were used as testing materials to show the effects of humic acid on the growth and development and yield of adzuki beans at the growth stages. The results showed that the application of 15g / m² humic acid can increase leaf area, effectively enhance the root vigor and growth of adzuki bean, and increase the yield. The fresh weight, dry weight, mature pods of individual plants of the four tested varieties under humic acid treatment were significantly higher than those treated without humic acid, reaching 40.55/101.45/86.00/85.73 g, respectively; 8.91/24.45/22.42/19.86 g, respectively; 53/61/48/46 pods per plant, respectively; 62.26/77.26/58.44/53.76 kg/667 m², respectively, among which the humic acid application of 15 g/m² had the most significant effect on growth promotion, of which Tang Hong 2010-23 had the highest yield of 77.26 kg/667 m². This study revealed the their effects on the adzuki bean yield, the related agronomic traits, and physiological characteristics through the study on the effects of humic acid using 4 adzuki bean varieties, and provided a theoretical basis for the green and efficient production of adzuki bean in Liaoning province.

Key words: Adzuki bean; Humic acid; Growth and development; Yield

我国在粮食生产及安全中最为广泛关注的就是土壤与肥料问题^[1]。近年来, 因化肥不合理使用, 导致耕地质量大幅度下滑, 土壤有效养分含量降低^[2]。腐殖酸(humic acid, HA)主要成分为动物和植物遗骸, 由土壤中各种微生物进行分解

和转化, 以及地球形成过程中演变和积累起来的一类有机物质^[3]。腐殖酸可以提高氮、磷、钾肥的利用率, 腐殖酸的增产效果是非常明显的。施用腐殖酸有机肥, 一般大田粮油作物增产 8%~20%^[4]。腐殖酸肥料可以起到促进农作物生长的效果^[5]。研究表明, 增施腐殖酸可以有效提高叶片叶绿素含量^[6]。腐殖酸氮肥能提高玉米、小麦产量, 提高氮肥利用率^[7]。经腐殖酸处理后, 番茄侧根的数量增加了 2~3 倍, 侧根的长度增加了 4~23 倍, 腐殖酸作为一种生物刺激素, 能显著提高植物的生物化学活性, 对根系产生类似生长素的

收稿日期: 2020-03-17

基金项目: 国家食用豆现代农业产业技术体系(CARS-08-Z07);
辽宁省科学事业公益研究基金项目(20180018)

作者简介: 葛维德(1973-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事食用豆选育研究。

通讯作者: 薛仁风, 男, 博士, 研究员, Email: xuerf82@163.com

作用,从而促进植物根系的生长^[8]。按照常规施肥方式施用腐殖酸复合肥可以在一定程度上促进马铃薯的生长并且增产显著^[9]。

适宜的氮磷肥量可以促进植株的营养吸收,从而增多干物质的转化,提高干物质的产量;肥料使用过多会抑制作物的干物质积累并提高成本^[10]。红小豆产量随着施N量的增加而提高,但继续增加施N量,产量则明显下降^[11]。赤豆品种的根系、茎秆、叶片、叶柄的干物质积累量和产量也都是中氮处理为最高^[12]。但探讨腐殖酸对小豆生长和发育影响的研究还很少,因此本研究通过开展4个小豆品种的腐殖酸肥效试验,研究腐殖酸对小豆产量、相关农艺性状和生理特征的影响,为腐殖酸在辽宁省小豆生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试品种

小豆品种012-27、唐红2010-23、JHPX02、唐红2010-12由辽宁省农业科学院作物研究所提供。

1.2 试验设计

试验时间为2018年5月至10月,试验地点设在辽宁省农业科学院小豆试验地,土壤肥力中等,试验地前茬为小麦。2018年5月26日播种,种植密度20万株/hm²,田间常规管理。每个处理1个小区,每小区6行,行长5 m,面积为18 m²,重复3次。试验设计如下,处理1:012-27(腐殖酸处理);处理2:012-27(清水处理);处理3:唐红2010-23(腐殖酸处理);处理4:唐红2010-23(清

水处理);处理5:JHPX02(腐殖酸处理);处理6:JHPX02(清水处理);处理7:唐红2010-12(腐殖酸处理);处理8:唐红2010-12(清水处理)。按试验设计进行施药,腐殖酸(粉末)用量为15 g/m²,处理和无处理行紧邻种植。小豆田间管理施肥标准按照当地标准正常施肥,其他按照常规管理。

1.3 表型性状和产量测定

小豆初生叶展开期、第1复叶展开期、第2复叶展开期、第3复叶展开期、花期调查每个生育期叶面积、叶绿素含量、株高、干物重,测定根表面积、根鲜重及根干重。调查株高、单株成熟荚数、单荚粒数、单株未成熟荚数、最下结荚位置、分枝数、倒伏程度、百粒重、产量。

1.4 数据统计分析

采用DPS v7.05和Excel 2003软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同腐殖酸处理对小豆各生育时期表型性状的影响

2.1.1 不同腐殖酸处理对012-27表型性状的影响

从表1中可以看出,随着小豆生育时期的推进,各处理下012-27的各性状值均呈现出逐渐增加的趋势,且在开花期迅速增长至最大值。各生育时期不同腐殖酸处理对012-27各性状的影响存在显著差异。在开花期,腐殖酸处理下012-27的地下部各性状值均高于清水处理,增幅分别为45.6%、15.9%、16.5%。

表1 不同腐殖酸处理对012-27表型性状的影响

生育时期	测定项目																	
	植株鲜重		植株干重		总叶面积		株高		叶绿素含量		干物重		根鲜重		根干重		根表面积	
	(g)	(g)	(cm ²)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm ²)
初生叶期	0.39±	0.30±	0.04±	0.04±	0.18±	0.18±	4.7±	3.0±	30.5±	32.7±	0.05±	0.05±	0.03±	0.04±	0.01±	0.01±	9.82±	10.63±
	0.04e	0.03d	0.01c	0.01d	0.03d	0.03d	0.53d	0.36c	2.95b	3.06b	0.02b	0.02b	0.01d	0.01d	0.00b	0.00b	0.14c	1.21c
第一复叶展开期	1.39±	2.05±	0.28±	0.26±	1.48±	1.14±	6.9±	7.4±	37.1±	38.5±	0.30±	0.31±	0.37±	0.58±	0.01±	0.04±	15.84±	14.42±
	0.08d	0.06c	0.04c	0.07c	0.08c	0.04c	0.60c	0.76b	2.70a	1.65a	0.10b	0.04b	0.07cd	0.09c	0.03b	0.01b	1.18b	1.25b
第二复叶展开期	2.39±	2.05±	0.28±	0.26±	2.82±	3.06±	7.2±	7.2±	31.6±	31.6±	0.39±	0.34±	1.11±	0.76±	0.11±	0.08±	15.57±	15.44±
	0.14c	0.13c	0.04c	0.04c	0.09b	0.08b	0.62bc	0.70b	3.65ab	3.63b	0.05b	0.05b	0.07b	0.09bc	0.03b	0.04b	1.20b	1.51b
第三复叶展开期	3.39±	5.05±	0.74±	0.91±	3.01±	3.34±	8.2±	8.1±	29.4±	28.2±	0.83±	1.06±	0.55±	0.94±	0.09±	0.15±	16.86±	16.05±
	0.06b	0.08b	0.08b	0.06b	0.10b	0.16b	0.52b	0.72b	4.15b	1.82b	0.07b	0.07b	0.07c	0.16b	0.03b	0.03b	1.62b	1.00b
开花期	57.13±	74.86±	10.27±	12.91±	33.98±	45.58±	30.4±	38.1±	35.3±	33.3±	12.02±	14.39±	6.77±	3.68±	1.76±	1.48±	23.77±	19.84±
	0.63a	0.91a	0.30a	0.19a	0.67a	0.68a	0.76a	1.25a	2.79ab	3.18b	1.96a	1.86a	0.56a	0.22a	0.18a	0.23a	1.19a	1.98a

注:表中数值为3次重复的平均值±标准差,不同处理间的不同小写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$),下同

2.1.2 不同腐殖酸处理对唐红 2010-23 表型性状的影响

从表 2 中可以看出,各处理下唐红 2010-23 的各性状值均呈现出逐渐增加的趋势。在开花期,

腐殖酸处理下唐红 2010-23 各生育时期的总叶面积、株高、叶绿素含量,开花期增幅最大。说明施入 15 g/m² 的腐殖酸肥对唐红 2010-23 的生长有一定的促进作用,在开花期效果最明显。

表 2 不同腐殖酸处理对唐红 2010-23 表型性状的影响

生育时期	测定项目																	
	植株鲜重(g)		植株干重(g)		总叶面积(cm ²)		株高(cm)		叶绿素含量		干物重(g)		根鲜重(g)		根干重(g)		根表面积(cm ²)	
	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理
初生叶期	0.31±	0.39±	0.04±	0.05±	0.15±	0.25±	5.1±	2.6±	31.4±	31.8±	0.04±	0.06±	0.03±	0.08±	0.01±	0.01±	8.80±	13.20±
	0.15c	0.10c	0.01b	0.01b	0.05c	0.07c	0.95c	0.69c	2.36b	2.65b	0.01b	0.03b	0.01c	0.02b	0.00b	0.00b	1.08d	1.37c
第一复叶展开期	1.62±	1.93±	0.21±	0.28±	0.92±	1.29±	6.5±	6.7±	36.7±	36.7±	0.26±	0.32±	0.44±	0.37±	0.05±	0.05±	15.17±	16.39±
	0.15c	0.16b	0.05b	0.07b	0.19c	0.10bc	1.21bc	1.42b	1.84a	1.39a	0.10b	0.11b	0.08bc	0.10b	0.02b	0.01b	1.31b	1.02b
第二复叶展开期	1.62±	1.93±	0.21±	0.28±	2.81±	1.99±	9.0±	7.1±	36.0±	30.4±	0.28±	0.33±	0.68±	0.44±	0.08±	0.05±	11.98±	14.63±
	0.12c	0.10b	0.05b	0.08b	0.14b	0.21b	1.10b	1.22b	1.28a	2.46b	0.08b	0.11b	0.11b	0.13b	0.02b	0.02b	1.29c	1.28bc
第三复叶展开期	3.87±	2.95±	0.71±	0.60±	2.60±	2.21±	8.2±	5.9±	31.6±	31.4±	0.81±	0.69±	0.52±	0.46±	0.10±	0.09±	13.74±	15.44±
	0.16b	0.09b	0.09b	0.11b	0.16b	0.22b	1.28bc	1.01b	1.95b	2.95b	0.11b	0.10b	0.12bc	0.11b	0.04b	0.03b	1.29bc	0.93b
开花期	92.03±	91.72±	15.47±	15.28±	43.63±	41.67±	41.4±	39.2±	33.5±	33.1±	16.96±	17.13±	5.47±	7.43±	1.49±	1.85±	20.31±	24.78±
	2.24a	1.49a	1.59a	1.71a	1.81a	1.55a	2.97a	1.65a	2.21ab	2.21ab	1.01a	1.61a	0.63a	0.60a	0.13a	0.10a	1.26a	1.39a

2.1.3 不同腐殖酸处理对 JHPX02 表型性状的影响

由表 3 可知,各处理下 JHPX02 的各性状值均呈现出逐渐增加的趋势,且在开花期迅速增长至最大值。在各生育时期,腐殖酸处理下 JHPX02 的植株鲜重、植株干重、干物重均高于清水处理。

腐殖酸处理下 JHPX02 的根鲜重、根干重均高于清水处理,在开花期升至最高。说明施用一定量的腐殖酸能有效促进 JHPX02 地上部和根系的生长,提高了小豆增产潜力。

表 3 不同腐殖酸处理对 JHPX02 表型性状的影响

生育时期	测定项目																	
	植株鲜重(g)		植株干重(g)		总叶面积(cm ²)		株高(cm)		叶绿素含量		干物重(g)		根鲜重(g)		根干重(g)		根表面积(cm ²)	
	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理
初生叶期	0.51±	0.66±	0.05±	0.06±	0.22±	0.28±	4.5±	7.1±	33.7±	33.3±	0.06±	0.07±	0.13±	0.10±	0.01±	0.01±	11.51±	12.19±
	0.16d	0.04c	0.01b	0.01b	0.08c	0.06d	1.04c	0.95c	1.68b	1.28bc	0.02b	0.02b	0.04b	0.03b	0.00b	0.00b	1.09d	1.42c
第一复叶展开期	2.21±	1.89±	0.26±	0.21±	1.31±	1.00±	6.8±	6.6±	39.8±	41.6±	0.31±	0.26±	0.67±	0.62±	0.05±	0.05±	15.45±	14.29±
	0.15c	0.13c	0.07b	0.07b	0.20c	0.16d	1.25bc	1.13c	4.00a	3.67a	0.09b	0.07b	0.13b	0.11b	0.02b	0.01b	1.03bc	1.50bc
第二复叶展开期	2.21±	1.89±	0.26±	0.21±	0.78±	2.93±	6.7±	7.9±	34.2±	36.3±	0.35±	0.28±	0.63±	0.50±	0.09±	0.07±	14.29±	14.76±
	0.12c	0.12c	0.07b	0.06b	0.10c	0.19c	1.22bc	0.92c	4.16ab	3.10ab	0.06b	0.03b	0.05b	0.08b	0.03b	0.02b	1.06c	1.18bc
第三复叶展开期	5.19±	5.46±	0.87±	0.95±	3.83±	4.06±	8.1±	10.2±	31.4±	32.5±	1.00±	1.07±	0.62±	0.60±	0.13±	0.12±	16.72±	16.66±
	0.12b	0.28b	0.11b	0.15b	0.14b	0.34b	1.25b	1.04b	2.19b	2.65bc	0.10b	0.11b	0.05b	0.07b	0.04b	0.02b	0.75b	1.15b
开花期	116.82	73.77±	21.61±	15.25±	71.24±	49.08±	34.7±	35.6±	39.8±	29.3±	23.88±	16.71±	8.07±	4.83±	2.27±	1.45±	20.18±	21.33±
	±1.71a	1.82a	1.52a	1.87a	1.85a	0.91a	2.27a	1.08a	2.09a	4.69c	2.11a	2.24a	0.96a	1.12a	0.60a	0.25a	1.22a	1.83a

2.1.4 不同腐殖酸处理对唐红 2010-12 表型性状的影响

由表 4 可知,各处理下唐红 2010-12 的各性状值均呈现出逐渐增加的趋势,且在开花期迅速增长至最大值。在开花期,腐殖酸处理下唐红 2010-12 的植株鲜重、植株干重、总叶面积、株高、干物重,分别较清水处理高 29.1%、25.1%、40.7%、1.6%、24.7%;腐殖酸处理下唐红 2010-12 的根鲜

重和根干重分别较清水处理高 20.7%、21.5%。处理间差异达到显著水平。说明在腐殖酸处理下唐红 2010-12 的生长促进效果优于清水处理,施入一定量的腐殖酸能促进小豆的生长发育。

2.2 不同腐殖酸处理对小豆农艺性状及产量的影响

从表 5 可以看出,在成熟期,处理 1 的植株鲜重、植株干重、单株成熟荚数、百粒重、产量高于

表4 不同腐殖酸处理对唐红2010-12表型性状的影响

生育时期	测定项目																	
	植株鲜重(g)		植株干重(g)		总叶面积(cm ²)		株高(cm)		叶绿素含量		干物重(g)		根鲜重(g)		根干重(g)		根表面积(cm ²)	
	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理	处理	无处理
初生叶期	0.36±	0.54±	0.04±	0.05±	0.18±	0.20±	4.9±	5.0±	33.6±	32.2±	0.05±	0.06±	0.03±	0.13±	0.01±	0.01±	10.90±	10.29±
	0.12c	0.08c	0.01c	0.01c	0.03b	0.12e	0.85c	1.04c	1.90bc	2.76a	0.01b	0.03b	0.01b	0.04c	0.00b	0.00b	1.11c	2.37c
第一复叶 展开期	1.57±	1.55±	0.16±	0.22±	0.90±	1.06±	6.9±	7.2±	40.0±	37.0±	0.19±	0.25±	0.40±	0.22±	0.03±	0.03±	15.17±	16.93±
	0.17c	0.14c	0.04c	0.06bc	0.22b	0.14d	1.31bc	0.95bc	1.66a	1.25a	0.09b	0.03b	0.13b	0.13c	0.01b	0.02b	1.31b	1.14b
第二复叶 展开期	1.57±	1.55±	0.16±	0.22±	2.46±	2.07±	7.2±	5.3±	35.7±	33.5±	0.23±	0.33±	0.48±	0.98±	0.06±	0.11±	15.17±	14.149±
	0.19c	0.15c	0.05c	0.13bc	0.23b	0.19c	0.62bc	0.92c	1.47ab	4.26a	0.11b	0.11b	0.11b	0.31b	0.03b	0.04b	1.82b	1.43b
第三复叶 展开期	3.88±	3.62±	0.71±	0.73±	2.75±	2.70±	8.9±	8.7±	30.6±	31.6±	0.82±	0.82±	0.49±	0.48±	0.11±	0.10±	17.87±	16.93±
	0.16b	0.56b	0.09b	0.15b	0.20b	0.40b	0.40b	1.21b	2.77c	2.80a	0.10b	0.15b	0.15b	0.10bc	0.04b	0.02b	1.44a	1.49b
开花期	114.77	81.41±	18.77±	14.06±	68.61±	40.68±	31.2±	30.7±	37.3±	37.2±	21.33±	16.07±	9.98±	7.91±	2.56±	2.01±	20.24±	22.14±
	±1.61a	2.06a	0.56a	0.74a	5.08a	0.22a	3.12a	2.33a	3.59ab	7.27a	1.83a	2.60a	1.06a	0.73a	0.16a	0.12a	1.23a	1.67a

表5 不同腐殖酸处理对小豆农艺性状及产量的影响

处理	测定项目												
	植株鲜重(g)	植株干重(g)	株高(cm)	分枝数	单株成熟荚数	单株未成熟荚数	单荚粒数	最下结荚位置(cm)	主茎节数	倒伏程度	百粒重(g)	产量(kg/667 m ²)	
处理1	40.55±	8.91±	59.4±	1±0.26d	53±	3±1.00ab	4.0±	7.60±0.52e	18±	中	19.16±	62.26±0.86c	
	0.37e	0.13f	0.76d		1.73b	0.20c	3.00a		0.36a				
处理2	34.53±	7.11±	62.0±	1±0.26d	48±	4±1.00a	5.8±	0.20de	19±	中	17.00±	60.83±0.82c	
	0.54f	0.18g	0.62c		2.65c	0.62b	2.00a		0.88b				
处理3	101.45±	24.45±	97.5±	5±0.46d	61±	3±1.00ab	6.2±	12.60±	23±	中	12.61±	77.26±1.13a	
	0.53a	0.64a	0.52a		3.46a	0.40ab	0.62b		2.65a		0.99c		
处理4	94.02±	22.13±	84.3±	0±0e	54±	3±1.00ab	6.4±	7.70±0.70e	20±	中	11.87±	71.37±	
	0.08b	0.79b	1.11b		2.64b	0.44ab	2.65a		0.75cd		1.23b		
处理5	86.00±	22.42±	55.9±	5±0.17b	48±	2±1.00b	6.8±	12.70±	21±	中	19.05±	58.44±	
	1.10c	0.29b	1.74e		3.46c	0.46a	0.36b		2.00a		0.97a		0.52d
处理6	75.73±	21.02±	55.3±	6±0.26a	43±	4±1.00a	5.8±	19.40±	21±	中	19.31±	56.75±0.80e	
	1.30d	0.14c	0.70e		2.00cd	0.62b	1.49a		2.65a		0.75a		
处理7	85.73±	19.86±	61.7±	1±0.17d	46±	2±1.00b	6.2±	9.10±	20±	中	11.62±	53.76±0.84f	
	0.94c	19.9d	0.79c		2.65cd	0.36ab	0.53cd		3.46a		0.85cd		
处理8	76.27±	17.97±	63.4±	3±0.2c	42±	3±1.00ab	7.0±	9.60±0.52c	18±	中	10.69±	50.36±0.49g	
	0.42d	18.0e	1.31c		2.65d	0.44a	2.65a		0.37d				

处理2;处理3除了单荚粒数低于处理4外,其他各性状值均高于处理4;处理5除了分枝数、单株未成熟荚数、最下结荚位置、百粒重低于处理6以外,其他各性状值均高于处理6;处理7的植株鲜重、植株干重、单株成熟荚数、百粒重及产量高于处理8。由此可见,在成熟期,腐殖酸对唐红2010-23的处理效果最明显,且处理3的各性状值高于其他处理,腐殖酸对唐红2010-23的处理效果最好。产量方面,处理3产量最高,达到77.26 kg/667 m²,处理8产量最低,仅为50.36 kg/667 m²。

3 结论

我国农业传统施肥方式的盛行引起了作物营

养失调等问题,导致产量和品质下降^[13]。生产中施用腐殖酸肥可以提高土壤肥力,有利于促进植物根系生长^[14-16],进而有效促进植物生长^[17]。本试验结果表明:随着小豆生长发育进程的推进,4个小豆品种的各性状值均呈现出逐渐增加,且在开花期达到最大值的趋势。

从不同腐殖酸处理对小豆各生育时期表型性状的影响中可以看出,在各生育时期JHPX02的各性状值总体上高于其他品种。腐殖酸处理下小豆植株的根系活力均不同程度地高于对照。腐殖酸处理下4个品种的长势及产量均优于清水处理,可能是施用适量的腐殖酸可以使土壤透气性得到有效改善,根系有了良好的生长环境,(下转第34页)

- [15] 刘三才,郑殿升,曹永生,等.中国小麦选育品种与地方品种的遗传多样性[J].中国农业科学,2000,33(4):20-24.
- [16] 刘太国,章振羽,刘博,等.小麦抗条锈病基因 *Yr26* 毒性小种的发现及其对我国小麦主栽品种苗期致病性分析[J].植物病理学报,2015,45(1):41-47.
- [17] 韩德俊,王琪琳,张立,等.“西北-华北-长江中下游”条锈病流行区系当前小麦品种(系)抗条锈病性评价[J].中国农业科学,2010,43(14):2889-2896.
- [18] 丁艳红,刘欢,师丽红,等.28个小麦微核心种质抗叶锈性分析[J].作物学报,2010,36(7):1126-1134.
- [19] Li Z F, Xia X C, He Z H, et al. Seedling and slow rusting resistance to leaf rust in Chinese wheat cultivars[J]. Plant Disease, 2010, 94(1): 45-53.
- [20] 张天真.作物育种学总论[M].北京:中国农业出版社,2003:20-22.
- [21] 姜昱,王玉民,王中伟,等.转基因技术在我国小麦遗传改良方面的研究进展[J].东北农业科学,2008,33(6):38-40.
- [22] 徐海明,胡晋,朱军,等.构建作物种质资源核心库的一种有效抽样方法[J].作物学报,2000,26(2):157-162.
- [23] 董玉琛,曹永生,张学勇,等.中国普通小麦初选核心种质的产生[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):1-8.
- [24] 郝晨阳,董玉琛,王兰芬,等.我国普通小麦核心种质的构建及遗传多样性分析[J].科学通报,2008,53(8):908-915.
- [25] 吴澎,陈建省,田纪春,等.137个微核心种质资源植酸含量的聚类分析[J].中国粮油学报,2010,25(10):19-23.
- [26] 石荣丽,邹春琴,芮玉奎,等.ICP-AES测定中国小麦微核心种质籽粒矿质养分含量[J].光谱学与光谱分析,2009,29(4):1104-1107.
- [27] 冯继明,张海萍,常成,等.穗发芽抗性 STS 标记 *Vp1B3* 在中国小麦微核心种质中的检测[J].分子植物育种,2008,6(6):1075-1079.
- [28] 吕国锋,张伯桥,张晓祥,等.中国小麦微核心种质中弱筋种质的鉴定筛选[J].中国农学通报,2008,23(10):270-273.
- [29] 赵丽娜,任晓娣,胡亚亚,等.23份中国小麦微核心种质抗叶锈性评价[J].中国农业科学,2013,46(3):441-450.
- [30] 黄亮,刘太国,刘博,等.我国197份小麦核心种质资源对小麦条锈菌新小种 *CYR34* 的抗性评价[J].植物保护,2019,45(1):153-159.
- [31] 曾庆东,吴建辉,王琪琳,等.持久抗病基因 *Yr18* 在中国小麦抗条锈育种中的应用[J].麦类作物学报,2012,32(1):13-17.
- [32] 闫晓翠,李在峰,杨华丽,等.30个重要小麦生产品种抗叶锈性基因分析[J].中国农业科学,2017,50(2):272-285.
- [33] 赵霞,王长彪,赵兴华,等.小麦抗病相关基因聚合育种的研究进展[J].山西农业科学,2017,45(2):308-313.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第8页)根系活力增强,对小豆植株的生长发育起促进作用,从而提高了产量。成熟期调查结果表明,经过腐殖酸处理的4个小豆品种的植株鲜重、植株干重、单株成熟荚数、产量均显著高于未施用腐殖酸的植株,差异达到显著水平。

综上所述,施用腐殖酸 15 g/m^2 能不同程度地促进小豆叶片和根系的生长,增加叶面积、植株鲜重、植株干重、单株成熟荚数,显著增强根系活力,从而有效提高产量,研究结果为辽宁地区小豆绿色生产与提质增效奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] 孙蔚.土壤肥料在农业持续发展中的地位和作用研究[J].山西农经,2014(6):33-35.
- [2] 李秀青.农业可持续发展中土壤肥料相关问题分析[J].河南农业,2017(17):22-23.
- [3] 肖瑶,蒋宇洲,李迪,等.腐殖酸复混肥对重茬烤烟氮吸收和产量的影响[J].黑龙江农业科学,2016(11):49-53.
- [4] 李玉知.腐殖酸肥料的作用与使用技术[J].河北农业,2015(10):32-35.
- [5] 张瑜,王若楠,邱小倩,等.腐殖酸对植物生长的促进作用[J].腐殖酸,2018(2):5-9.
- [6] 吕玮,李玉环,张军,等.基于不同腐殖酸供应水平下小麦叶片理化参数及其光谱响应分析[J].华北农学报,2017,32(5):232-238.

- [7] 庄振东,李絮花,张健,等.冬小麦-夏玉米轮作制度下腐殖酸氮肥去向与平衡[J].水土保持学报,2016,30(6):201-206.
- [8] Canellas L P, Piccolo A, Dobbss L B, et al. Chemical composition and bioactivity properties of sizefractions separated from a vermicompost humic acid[J]. Chemosphere, 2010, 78(4): 457-466.
- [9] 高娃,郜翻身,赵春晓,等.含腐殖酸复合肥对马铃薯产量的影响[J].现代农业,2018(3):52-53.
- [10] 郭洋.不同氮磷肥处理对红小豆生长发育及产量的影响[D].保定:河北农业大学,2012.
- [11] 郭中校,王明海,包淑英,等.绿豆和红小豆氮磷钾肥适宜用量初探[J].吉林农业科学,2010,35(2):24-26.
- [12] 陈剑,敖雪,姚兴东,等.施氮肥对不同株型赤豆品种光合生理、干物积累及产量的影响[J].江苏农业科学,2018,46(23):90-93.
- [13] 薛仁风,丰明,赵阳,等.不同生物有机肥对绿豆生长与生理特性的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):9-12,71.
- [14] 张敬敏,桑茂朋,刘春生,等.不同水分下腐殖酸对杨树生长和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2013,29(31):64-68.
- [15] 邢尚军,刘方春,杜振宇,等.腐殖酸肥料对杨树生长及土壤性质的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):126-129.
- [16] 张吉立.旅游景观园林早熟禾合理施肥试验研究[J].中国土壤与肥料,2012(4):65-69.
- [17] 张敬敏,邢尚军,桑茂朋,等.不同水分下腐殖酸对杨树生理生化特性和生长的影响[J].水土保持学报,2010,24(6):200-203.

(责任编辑:刘洪霞)