



蔡鑫鑫,王舒,吕晓丽,等.腐殖酸对芸豆农艺性状及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):36-41.

腐殖酸对芸豆农艺性状及产量的影响

蔡鑫鑫,王舒,吕晓丽,谭娟,张崎峰

(黑龙江省农业科学院 黑河分院,黑龙江 黑河 164300)

摘要:为促进腐殖酸在芸豆生产上的应用,本文以施用底肥和底肥+腐殖酸两种肥料施用方式,研究5个芸豆品种不同生育时期农艺性状及产量的影响。结果表明:与施入底肥(CK)相比,底肥+腐殖酸的适量施入,能提高叶面积、叶绿素含量、植株干物重及产量,腐殖酸处理下产量最高的芸豆品种为龙12-2614,产量达到2 769.2 kg·hm⁻²,较对照增长49.99%,可见,腐殖酸对芸豆高产栽培有促进作用。

关键词:腐殖酸;芸豆;农艺性状;产量

芸豆(*Phaseolus vulgaris* L.)是中国主要食用豆类,是普通菜豆和多花菜豆的总称。其营养丰富,具有药用和保健价值^[1],是调节人类膳食结构的优良食品。目前,中国已成为世界芸豆主要生产国,面积、产量皆超过美国(26万~28万hm²)、加拿大(20万~25万hm²)等国家。在中国小杂粮对外贸易中,芸豆出口量近年来一直占据第一位^[2],芸豆越来越被人们所关注。

腐殖酸是自然界中广泛存在的大分子有机物质,广泛应用于农、林、牧、石油、化工、建材、医药卫生、环保等各个领域。在目前大力提倡生态农业建设、无公害农业生产、绿色食品、无污染环保等背景下,更使腐殖酸备受推崇。

腐植酸类肥料是以腐植酸为载体的肥料,是一种多功能有机肥料,施入土壤后能够改良土壤,提高土壤的保肥供肥能力,加强土壤微生物的活性,活化土壤养分,使氮、磷、钾等营养缓慢释放^[3]。在农业方面,与氮、磷、钾等元素结合制成的腐植酸类肥料,具有肥料增效、改良土壤、刺激作物生长、改善农产品质量等功能。硝基腐殖酸可用作水稻育秧调酸剂^[4],增加马铃薯株高、茎粗和产量^[5];提高糙米率、精米率,降低水稻直链淀粉含量^[6];增加分蘖成穗率、单位面积穗数、穗粒数、千粒重、结实率^[7],提高菜豆产量^[8]。目前,有关芸豆肥料的研究报道甚少,而腐殖酸在芸豆上的应用更是鲜有报道。本试验以芸豆为研究对

象,探讨底肥(CK)、底肥+腐殖酸(处理)两种肥料施入方式,对芸豆产量及农艺性状的影响,为促进腐殖酸在芸豆生产上的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

芸豆品种为中芸3号、中芸6号、龙12-2614、龙12-2578、克52,由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所提供。

腐殖酸由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2018年在黑龙江省农业科学院黑河分院试验田进行。供试土壤:草甸暗棕壤,0~20 cm耕层土壤pH6.12,有机质含量42.2 g·kg⁻¹,碱解氮含量55.9 g·kg⁻¹,速效磷含量8.1 mg·kg⁻¹,速效钾含量122 mg·kg⁻¹。

试验设底肥(CK)、底肥+腐殖酸(处理)两种肥料施入方式,播种时同时施入腐殖酸,腐殖酸(粉末)使用量为15 g·m⁻²。底肥用量为:磷酸二铵200 kg·hm⁻²,尿素100 kg·hm⁻²,钾肥80 kg·hm⁻²。采用播前施肥,肥料一次性施入,前茬为大豆。试验设5 m行长,6行区,垄距0.65 m,3次重复。常规大田管理。

1.2.2 调查项目及方法 调查芸豆出苗期、初生叶期、第一复叶展开期、第二复叶展开期、第三复叶展开期、始花期、终花期、鼓粒期;并测定各时期的株高、鲜重、干重、叶面积、叶绿素含量。

叶面积:按照株高,将芸豆植株分为3层,上中下分别为冠层、中层和基层。叶面积=长·宽·0.75,本文取各叶片的平均叶面积。

收稿日期:2018-11-27

基金项目:国家食用豆产业技术体系(CARS-08-02A)。

第一作者简介:蔡鑫鑫(1983-),女,硕士,助理研究员,从事杂粮育种与栽培技术研究。E-mail:hhnkyccx@163.com。

干物质:分别于各物候时期取整株芸豆,每个处理取 10 株,按茎秆、叶片以及后期的荚皮和籽粒分别于 105 ℃ 杀青 30 min,然后在 80 ℃ 恒温条件下烘至恒重。

叶绿素含量:使用 SPAD- 502 型叶绿素仪测定植株的叶绿素含量,选择每株最上面完全展开复叶的倒三叶,得到叶绿素相对含量(SPAD),每个叶片测定 3 次(勿测到主叶脉),每个小区测定 3 片叶子,取平均值。

芸豆产量指标:芸豆成熟后每小区选择芸豆长势较为均匀的一行,连续取 10 株进行室内考

种,测芸豆株高、节数、分枝数、有效荚数、每荚粒数和百粒重,记录各性状考种数据并求出其平均值,产量以各小区其他三行芸豆实际收获产量为准。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 腐殖酸对芸豆生育日期的影响

表 1 田间调查结果表明,腐殖酸对芸豆生育日期的影响较小,各个芸豆品种之间存在一些差异,这种差异是由品种特性决定的。

表 1 腐殖酸对芸豆生育日期的影响 (月-日)
Table 1 Effect of humic acid on the growth date of kidney bean (month-day)

品种名称 Variety	处理 Treatment	出苗期 Emergence	初生叶期	第一叶复	第二叶复	第三叶复	始花期 Early blooming	终花期 Final flowering stage	鼓粒期 Seedfilling stage
			Primary leaf stage	叶展开期 1st Compound leaf expansion period	叶展开期 2nd Compound leaf expansion period	叶展开期 3rd Compound leaf expansion period			
中芸 3 号	底肥 CK	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-13	08-25	07-28 至 08-30
	底肥+腐殖酸	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-14	08-25	07-28 至 08-30
中芸 6 号	底肥 CK	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-14	08-25	07-28 至 08-30
	底肥+腐殖酸	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-14	08-25	07-28 至 08-30
龙 12-2614	底肥 CK	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-16	08-27	07-30 至 08-30
	底肥+腐殖酸	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-16	08-27	07-30 至 09-01
龙 12-2578	底肥 CK	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-17	08-27	07-30 至 09-03
	底肥+腐殖酸	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-16	08-27	07-30 至 09-01
克 52	底肥 CK	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-16	08-27	07-28 至 08-30
	底肥+腐殖酸	05-26	05-30	06-12	06-20	06-27	07-16	08-27	07-28 至 08-30

2.2 腐殖酸对芸豆初生叶时期农艺性状的影响

由表 2 可知,腐殖酸处理对芸豆初生叶期植株性状的影响较小,且存在品种间差异,施用腐殖酸时芸豆品种龙 12-2578、克 52 的植株鲜、干重增加,而龙 12-2614 的表现情况与其相反;叶绿素含量的变化为对照龙 12-2614、龙 12-2578、克 52 的叶绿素含量高于施入腐殖酸处理,而对照中芸 3 号和中芸 6 号低于施入腐殖酸处理;而叶面积的变化与叶绿素的变化正好相反,腐殖酸处理可使芸豆中芸 3 号、中芸 6 号的叶面积增加,而使其它 3 个品种的叶面积降低。

2.3 腐殖酸对芸豆第一复叶展开期性状的影响

由表 3 可以看出,随着生育进程的推进,腐殖酸对芸豆的影响更加明显,除个别处理外,供试的 5 个品种在植株鲜重、干重上施入腐殖酸整体上呈现不同程度的提高。另腐殖酸对中芸 3 号、中芸 6 号、克 52 叶绿素含量有所提高,对芸豆龙 12-2614、龙 12-2578 的叶绿素含量有所降低;腐殖酸的施入使芸豆中芸 3 号、中芸 6 号、龙 12-2614、克 52 的叶面积增加,而龙 12-2578 叶面积有所降低。

表 2 腐殖酸对芸豆初生叶时期的影响

Table 2 Effects of humic acids on the primary leaf period of kidney bean

品种 Variety	处理 Treatment	植株鲜重 Plant fresh weight/g	植株干重 Plant dry Matter/g	株高 Plant height/cm	叶绿素含量 Chlorophyll content	叶面积 Leaf area/cm ²
中芸 3 号	底肥 CK	0.88	0.09	7.80	38.93	5.83
	底肥+腐殖酸	0.75	0.09	7.47	42.27	7.19
中芸 6 号	底肥 CK	0.75	0.10	7.63	38.87	4.58
	底肥+腐殖酸	0.73	0.13	7.87	40.47	4.98
龙 12-2614	底肥 CK	0.81	0.11	6.77	45.73	3.22
	底肥+腐殖酸	0.69	0.10	7.07	35.87	2.37
龙 12-2578	底肥 CK	0.67	0.10	6.53	43.17	3.48
	底肥+腐殖酸	0.71	0.11	7.20	40.33	3.47
克 52	底肥 CK	0.55	0.06	6.87	39.77	2.21
	底肥+腐殖酸	0.60	0.11	6.23	39.37	2.19

表 3 腐殖酸对芸豆第一复叶展开期性状的影响

Table 3 Effects of humic acid on the first compound leaf expansion period of kidney bean

品种 Variety	处理 Treatment	植株鲜重 Plant fresh weight/g	植株干重 Plant dry weight/g	株高 Plant height/cm	叶绿素含量 Chlorophyll content	叶面积 Leaf area/cm ²
中芸 3 号	底肥 CK	5.07	0.60	10.77	39.30	14.5
	底肥+腐殖酸	6.00	0.69	9.90	44.93	18.6
中芸 6 号	底肥 CK	5.97	0.65	11.83	41.67	18.9
	底肥+腐殖酸	5.98	0.68	11.20	42.52	19.2
龙 12-2614	底肥 CK	5.41	0.60	9.93	43.32	17.3
	底肥+腐殖酸	5.57	0.57	9.43	42.16	17.8
龙 12-2578	底肥 CK	5.28	0.61	10.30	42.90	17.8
	底肥+腐殖酸	5.21	0.65	11.23	42.30	17.1
克 52	底肥 CK	4.59	0.56	9.33	43.89	16.9
	底肥+腐殖酸	4.75	0.54	8.30	45.37	17.4

2.4 腐殖酸对芸豆第二复叶展开期性状的影响

如表 4 所示,中芸 3 号、中芸 6 号、龙 12-2614、龙 12-2578 和克 52 在第二复叶展开期腐殖酸处理的芸豆植株鲜重较对照的比分别增长 19.41%,9.58%,7.84%,24.78%,−0.58%;植株干重较对照的增长比分别为 21.05%,29.03%,19.62%,24.17%,−1.17%;叶绿素含量的变化为除龙 12-2578、克 52 施入腐殖酸有所降低外,其他 3 个品种有不同程度增加;叶面积的变化为施入腐殖酸使得中芸 3 号、中芸 6 号的叶面积增加,而另外 3 个品种叶面积降低。

2.5 腐殖酸对芸豆第三复叶展开期性状的影响

如表 5 所示,5 个品种在第三复叶展开期腐殖酸处理下的植株性状都有所提高,中芸 3 号、中芸 6 号、龙 12-2614、龙 12-2578 和克 52 腐殖酸处理下植株鲜重较对照的增长幅度分别为 2.78%,2.26%,22.4%,4.42%,37.56%;植株干重较对照的增长幅度分别为 −16.75%,11.30%,11.11%,33.51%,90.00%;该时期的叶绿素含量及叶面积的变化趋势一致,均为施入腐殖酸处理高于对照,对比生育前期结果可见,腐殖酸施入土壤中芸豆生育早期发挥作用较小。

表 4 腐殖酸对芸豆第二复叶展开期性状的影响

Table 4 Effects of humic acid on the character of kidney bean in the expansion period of the second compound leaf

品种 Variety	处理 Treatment	植株鲜重 Plant fresh weight/g	植株干重 Plant dry weight/g	株高 Plant height/cm	总叶绿素含量 Chlorophyll content	总叶面积 Total leaf area/cm ²
中芸 3 号	底肥 CK	8.09	1.33	9.5	48.13	16.91
	底肥+腐殖酸	9.66	1.61	10.5	50.80	16.99
中芸 6 号	底肥 CK	6.26	0.93	8.5	40.20	23.58
	底肥+腐殖酸	6.86	1.20	12.5	42.93	24.24
龙 12-2614	底肥 CK	6.25	1.07	11.0	56.43	16.20
	底肥+腐殖酸	6.74	1.28	10.5	56.43	14.10
龙 12-2578	底肥 CK	7.02	1.20	11.0	51.77	17.66
	底肥+腐殖酸	8.76	1.49	10.5	46.73	15.00
克 52	底肥 CK	5.15	0.85	9.0	46.17	16.75
	底肥+腐殖酸	5.12	0.84	9.5	41.73	15.53

表 5 腐殖酸对芸豆第三复叶展开期性状的影响

Table 5 Effect of humic acid on the character of kidney bean in the third compound leaf development stage

品种 Variety	处理 Treatment	植株鲜重 Plant fresh weight/g	植株干重 Plant dry weight/g	株高 Plant height/cm	总叶绿素含量 Chlorophyll Content	叶面积 Total leaf area/cm ²
中芸 3 号	底肥 CK	11.87	2.09	10.0	21.30	20.00
	底肥+腐殖酸	12.20	1.74	13.0	23.60	20.50
中芸 6 号	底肥 CK	9.72	1.77	12.5	26.50	16.31
	底肥+腐殖酸	9.94	1.97	13.5	29.80	19.50
龙 12-2614	底肥 CK	5.17	0.99	10.0	35.10	11.06
	底肥+腐殖酸	6.33	1.10	12.0	39.60	17.31
龙 12-2578	底肥 CK	9.51	1.85	11.5	32.77	17.69
	底肥+腐殖酸	9.93	2.47	12.0	40.30	19.75
克 52	底肥 CK	6.47	1.00	9.50	33.13	12.38
	底肥+腐殖酸	8.90	1.90	12.0	35.50	15.07

2.6 腐殖酸对芸豆开花期性状的影响

由表 6 可知,开花期腐殖酸对芸豆各性状的影响较大,在腐殖酸处理下各植株的测定指标高于对照处理。其中中芸 3 号、中芸 6 号、龙 12-2614、龙 12-2578 和克 52 腐殖酸处理下植株叶片鲜重较对照的增长幅度分别为 50.08%, 64.35%, 23.65%, 27.64%, 12.58%; 除中芸 3 号荚干重,龙 12-2614、龙 12-2578 和克 52 叶干重腐殖酸处理低于对照外,其他品种各性状腐殖酸处理均高于对照,可见在开花期,腐殖酸的施入

在植株叶片上有促进作用。另外开花期叶绿素含量、叶面积含量的变化趋势与第三复叶展开期的变化趋势一致。

2.7 腐殖酸对芸豆成熟期性状的影响

如表 7 所示,腐殖酸的施用能显著增加荚内总粒数,百粒重及产量,其中中芸 3 号、中芸 6 号、龙 12-2614、龙 12-2578 和克 52 腐殖酸处理下植株最下节间长度较对照的增长幅度分别为 5.88%, - 21.05%, - 16.67%, - 11.76%, 13.33%; 植株最下结荚部位距离地面高度较对照

的增长幅度分别为－49.47%，－39.08%，－35.62%，－19.30%，57.14%；可见，腐殖酸不仅能有效降低最下节间长度，而且能有效降低最下结荚部位距离地面的高度，即腐殖酸的施入能有效降低芸豆植株倒伏情况的发生。通过对各芸

豆品种的产量性状进行分析，结果可以看出，腐殖酸能有效的增加植株鲜重、荚、茎秆的干重以及百粒重和产量。中芸3号、中芸6号、龙12-2614、龙12-2578和克52相较单施入底肥增产幅度分别为0.97%，90.49%，49.99%，99.99%，14.52%。

表 6 腐殖酸对芸豆开花期性状的影响

Table 6 Effect of humic acid on the character of kidney bean in flowering period

品种 Variety	处理 Treatment	株高 Plant height/ cm	叶绿素含量 Chlorophyll Content	叶面积 Leaf area/cm ²	叶鲜重 Fresh leaf weight/g	叶干重 Leaf dry weight/g	荚鲜重 Fresh weight of pod/g	荚干重 Pod dry weight/g
中芸3号	底肥CK	47.0	28.6	34.3	50.44	9.46	6.70	0.70
	底肥+腐殖酸	56.1	35.0	38.5	75.70	14.06	10.70	0.65
中芸6号	底肥CK	37.0	33.6	31.6	43.67	10.07	4.40	0.40
	底肥+腐殖酸	42.8	34.5	36.7	71.77	15.27	9.63	0.60
龙12-2614	底肥CK	55.1	31.7	35.4	96.00	28.45	1.70	0.01
	底肥+腐殖酸	59.0	33.5	39.8	118.70	19.87	4.70	0.45
龙12-2578	底肥CK	42.5	33.3	35.2	101.30	27.34	2.10	0.01
	底肥+腐殖酸	59.2	34.9	39.6	129.30	18.96	3.80	0.43
克52	底肥CK	45.0	32.2	34.2	59.20	14.34	15.30	3.25
	底肥+腐殖酸	46.9	40.5	37.8	66.65	13.03	37.60	10.51

表 7 腐殖酸对芸豆成熟期性状的影响

Table 7 Effect of humic acid on character of kidney bean in mature period

品种 Variety	方式处理 Treatment	株高 Plant height/ cm	底荚高 Bottom pod height/ cm	分枝数 Branch number	荚数 Pod number	瘪荚数 Emtypod number	节数 Pitch number	荚内 总粒数 Number of total seeds in pods	最下 节间长 The lowest internode length/ cm	最下结荚 部位距地面 The lowest pods position to the ground/ cm	鲜重 Fresh weight/ g	荚干重 Pod dry weight/ g	茎秆干重 Stem dry weight/ g	百粒重 100 - grain weight/ g	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)
中芸3号	底肥CK	41.0	8.0	3	8	1	15	38.7	1.7	9.5	44.51	3.67	6.88	25.5	1230.8
	底肥+腐殖酸	42.8	3.0	3	6	0	13	44.3	1.8	4.8	57.32	3.85	10.38	28.8	1242.8
中芸6号	底肥CK	58.0	11.1	3	9	0	15	47.9	1.9	8.7	50.79	3.78	5.67	27.7	969.2
	底肥+腐殖酸	78.6	9.3	2	9	1	17	51.5	1.5	5.3	61.31	6.67	10.78	36.4	1846.2
龙12-2614	底肥CK	59.0	9.0	3	25	1	15	96.5	1.8	7.3	57.86	9.81	12.72	29.7	1846.2
	底肥+腐殖酸	62.1	10.2	4	14	1	15	70.8	1.5	4.7	70.09	8.41	10.53	40.1	2769.2
龙12-2578	底肥CK	41.8	9.0	3	24	1	14	75.3	1.7	5.7	68.35	7.62	9.72	36.2	1230.8
	底肥+腐殖酸	76.0	8.5	4	23	1	14	71.5	1.5	4.6	110.75	13.60	21.78	35.5	2461.5
克52	底肥CK	68.0	3.3	4	27	1	14	83.1	1.5	3.5	81.76	8.61	10.82	27.0	1875.6
	底肥+腐殖酸	70.9	4.8	5	25	1	15	80.2	1.7	5.5	97.83	7.67	10.67	31.0	2147.9

3 结论与讨论

腐植酸是动、植物残体及遗骸,主要是指植物的遗骸,经过微生物的分解与合成的产物,经再聚合而形成的一类成分复杂的高分子有机化合物^[9-10]。本研究结果表明,腐殖酸对供试的各个芸豆品种在各生育期的农艺性状及成熟期产量上有不同程度的提高,在本试验中,腐殖酸的施入使芸豆叶面积和叶绿素增加,在各生育时期表现最明显的是第三复叶展开期和开花期;另外腐殖酸能有效降低最下节间长度和最下结荚部位距离地面的高度,即腐殖酸的施入能有效降低芸豆植株倒伏情况的发生,且利于机械收获,减少成本。从产量表现上看,供试的 5 个品种中,腐殖酸处理下龙 12-2614 产量最高,为 $2\,769.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较对照增长 49.99%,龙 12-2578 施入腐殖酸后的产量为 $2\,461.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 增长幅度最大,为 99.99%。可见,适量的施入腐殖酸对芸豆生长发育及产量有明显促进作用。

本研究表明,由于品种间的差异使得腐殖酸的作用在生育前期个别品种中未能及时表现出来。如龙 12-2614 和克 52 植株鲜重、干重在初生叶期、第一、二复叶展开期时呈施入腐殖酸较对照低的趋势,而随着生育进程的推进,施入腐殖酸的芸豆品种的各项指标不同程度的高于对照,尤其是在叶绿素含量和叶面积的变化中更明显,即在初生叶期、第一复叶展开期、第二复叶展开期这两

项指标的表现中,中芸 3 号、中芸 6 号在腐殖酸处理高于对照品种,而龙 12-2614 和龙 12-2578 在生育中后期腐殖酸的作用更明显,而且二者在产量表现中,分别为产量最高和产量相比对照增长幅度最大,可见,腐殖酸的施入可有效提高芸豆产量。

参考文献:

- [1] 林如法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:242-258.
- [2] 柴岩,万富世.中国小杂粮产业发展报告[M].北京:中国农业科学技术出版,2007:84-90.
- [3] 黄红军.腐植酸类肥料在农业生产上的应用[J].种业导刊,2010(3):37.
- [4] 穆金丽.腐殖酸与氮肥互作对烤烟生长及土壤性状的影响[D].郑州:河南农业大学,2017.
- [5] 白雪.腐殖酸对不同水分条件下马铃薯光合、养分及产质量的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [6] 赫臣,郑桂萍,赵海成,等.增施腐殖酸及减施化肥对盐碱地粳稻品质的影响[J].中国农业科技导报,2018,20(9):106-112.
- [7] 张秀顺,鲍红春,钱永德.不同氮肥配施对垦鉴稻 6 号生长发育及产量的影响[J].北方农业学报,2018,46(5):62-67.
- [8] 徐婷,周传余,周超,等.腐殖酸液体叶面肥对保护地菜豆产量与品质的影响[J].北方园艺,2013,37(9):187-189.
- [9] 彭志对,黄继川,于俊红,等.施用腐植酸肥料对茶叶产量和品质的影响[J].广东农业科学,2012,38(22):6-8.
- [10] 何生丽,徐万里,马海刚,等.施用腐植酸肥料对洋葱产量和品质的影响[J].新疆农业科学,2010,47(6):178-181.

Effects of Humic Acid on Agronomic Characters and Yield of Kidney Bean

CAI Xin-xin, WANG Shu, LYU Xiao-li, TAN Juan, ZHANG Qi-feng

(Heihe Branch of Heilongjiang Agricultural Sciences, Heihe 164300, China)

Abstract: In order to promote the application of humic acid in kidney bean production, the effects of base fertilizer and base fertilizer plus humic acid on agronomic traits and yield of five kidney bean varieties at different growth stages were studied. The results showed that compared with CK, proper application of base fertilizer and humic acid could increase leaf area, chlorophyll content, dry matter weight of plant and yield. The highest yield of kidney bean cultivar under humic acid treatment was Long12-2614, reaching $2\,769.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, an increase of 49.99% compared with the control. It was obvious that humic acid could promote the high yield cultivation of kidney bean.

Keywords: humic acid; kidney bean; agronomic traits; yield