

历春艳,张磊,张西亮,等.播种密度与多效唑组合对小豆农艺性状及产量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(9):134-138.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.029

播种密度与多效唑组合对小豆农艺性状及产量的影响

历春艳^{1,2}, 张磊^{1,2}, 张西亮^{1,2}, 张月辰^{1,2}, 尹宝重^{1,3}

(1. 河北农业大学农学院,河北保定 071001; 2. 河北省作物生长调控重点实验室,河北保定 071001;

3. 河北农业大学植物保护学院,河北保定 071001)

摘要:以唐山红小豆为供试材料,采用裂区试验设计主处理,为 3 个播种密度: A_1 (7 万株/hm²)、 A_2 (15 万株/hm²)、 A_3 (23 万株/hm²);副处理为 3 个多效唑喷施浓度: B_1 (100 mg/L)、 B_2 (200 mg/L)、 B_3 (300 mg/L), 3 个密度处理条件下均设置 1 个喷施等量清水为对照 (B_0), 研究不同多效唑浓度和密度组合对小豆农艺性状及产量的影响。结果表明,随播种密度增加,小豆生育期推迟,多效唑可缩短初花至成熟的天数,加快生育进程;株高随密度增大而增加,多效唑可降低株高;鼓粒成熟期, A_1B_3 处理较对照 A_1B_0 降低 50.27%;结荚期, A_1B_2 处理较对照 A_1B_0 降低 37.48%;茎粗随密度增加降低,多效唑对小豆植株茎粗影响不明显;主茎节数和分枝数随密度增加减少,多效唑可减少分枝数;高密条件下,喷施多效唑可增加叶片数;单株地上部干质量随播种密度增加而减少。

关键词:小豆;播种密度;多效唑;农艺性状;产量

中图分类号: S521.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0134-04

小豆作为一种典型的杂粮作物,具有较强适应能力,耐瘠薄,生育期短,对发展优质农业有重要作用^[1-2]。小豆是河北省的重要杂粮作物之一,但由于多种历史原因及作物自身特性的限制,小豆落花落荚严重,产量低且不稳,影响了小豆产业的发展^[3-4]。因此,如何调控小豆落花落荚比例,是构建小豆高产稳产栽培体系的重要途径。研究表明,影响豆科作物花荚脱落的因素有很多,包括光照、温度、供水、养分、行间距配置以及品种等都可不同程度上影响落花,且各种因素相互影响^[5-7]。种植密度是调控作物行间距配置,改善群体结构,提高田间通风透光效果,协调植株间水分与养分竞争的重要途径,通过优化种植密度挖掘作物生长潜力是高产栽培体系的重要手段^[7-9]。

植物生长调节物质能有效改善植株农艺性状和生理特性、增强作物抗逆性、提高产量。郭丽果等研究表明,在分枝期或初花期对叶面喷施多效唑,加快了同化产物向生殖生长转移和运输,提高了生育后期的干物质积累^[10]。人工合成的植物生长调节剂在小豆上的应用研究取得了一定的进展和成果^[10-11],但是需要进一步探索,确定更为合理的施用比例和喷施时期组合。本研究围绕小豆种植密度、多效唑喷施浓度,

以及二者相互协同影响小豆生长及产量形成效应,旨在为小豆高产栽培体系构建提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2016 年 6—9 月,在河北省保定市永果树盆栽基地进行。试验地土质为壤土,肥力均匀。耕层土壤碱解氮含量 89.75 mg/kg,有效磷含量 64.075 mg/kg,有效钾含量 120.4 mg/kg。以晚熟品种唐山红小豆为供试材料。多效唑是由河南力克化工有限公司生产的 15% 可湿性粉剂。于 2016 年 6 月 25 日播种,设密度为主处理: A_1 (7 万株/hm²)、 A_2 (15 万株/hm²)、 A_3 (23 万株/hm²);多效唑浓度为副处理: B_1 (100 mg/L)、 B_2 (200 mg/L)、 B_3 (300 mg/L), 3 个密度处理条件下均设置 1 个喷施等量清水为对照 (B_0), 共 12 个处理,每个处理 3 次重复,每个重复 1 个小区,小区面积为 20 m²。在小豆分枝期进行叶面喷施。根据小豆生育进程,记录其生育期;在小豆分枝、初花、盛花、结荚、鼓粒成熟等时期,采用常规方法取样测定小豆叶柄长、株高、茎粗,并测定干物质质量。

1.2 数据统计与分析

采用 Office 2013 进行数据整理,用 DPS V7.05 对数据进行方差分析,多重比较分析采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 密度和多效唑组合对小豆生育进程的影响

由表 1 可知,不同播种密度处理对小豆播种至出苗天数无影响,各播种密度条件下出苗天数一致。随着播种密度的增加,分枝期推迟 1~2 d。随着生育期的递进和分枝期喷施多效唑的影响,各个处理之间的生育期天数发生变化。多效唑对生育进程的影响较为明显,喷施多效唑使小豆提前进入了生殖生长期,使初花期到鼓粒成熟期各时期缩短 1~2 d。

收稿日期:2018-08-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:31271653);河北省自然科学基金(编号:C2015204095)。

作者简介:历春艳(1978—),女,河北衡水人,硕士研究生,主要从事作物栽培学研究, E-mail: 705464245@qq.com;共同第一作者:张磊(1990—),男,山东潍坊人,博士研究生,主要从事作物栽培学研究, E-mail: 1576182660@qq.com。

通信作者:尹宝重,硕士,副教授,硕士生导师,主要从事作物栽培学研究, E-mail: yinbaozhong@hebau.edu.cn;张月辰,博士,教授,博士生导师,主要从事作物栽培学研究, E-mail: zhangyc1964@126.com。

表 1 密度和多效唑组合对小豆生育进程的影响

密度处理	多效唑处理	日期(月-日)						
		播种	出苗	分枝	初花	盛花	结荚	成熟
A ₁	B ₀	06-25	07-02	07-26	08-20	09-08	09-27	10-23
	B ₁	06-25	07-02	07-26	08-20	09-07	09-27	10-21
	B ₂	06-25	07-02	07-26	08-18	09-07	09-26	10-21
	B ₃	06-25	07-02	07-26	08-19	09-07	09-26	10-21
A ₂	B ₀	06-25	07-02	07-26	08-21	09-08	09-28	10-22
	B ₁	06-25	07-02	07-26	08-20	09-07	09-27	10-22
	B ₂	06-25	07-02	07-28	08-20	09-07	09-27	10-21
	B ₃	06-25	07-02	07-27	08-20	09-07	09-27	10-21
A ₃	B ₀	06-25	07-02	07-27	08-22	09-09	09-28	10-25
	B ₁	06-25	07-02	07-27	08-21	09-08	09-27	10-24
	B ₂	06-25	07-02	07-28	08-21	09-07	09-27	10-24
	B ₃	06-25	07-02	07-28	08-22	09-09	09-27	10-24

2.2 密度和多效唑对小豆农艺性状影响

2.2.1 对株高的影响 由表 2 可知,在多效唑用量一定时株高随着播种密度的增大而增大。分枝期,A₂ 密度处理下植株株高较 A₁ 处理平均增加了 24.00%,A₃ 较 A₂ 增加 25.03%。在分枝期喷施多效唑情况下,初花期各处理的株高较对照都有不同程度的降低;其中 A₁、A₃ 播种密度下,B₂(中等多效唑浓度)较对照(B₀)株高降幅最大,分别达 33.69%、21.38%;在 A₂ 密度下,与 B₀ 相比株高降幅最大的是 B₁ 浓度处理,达

到 32.90%。盛花期,A₁、A₂、A₃ 密度下的多效唑各浓度处理株高较对照下降显著,降幅最大的分别是 A₁B₂、A₂B₁ 和 A₃B₂,分别达到 47.16%、40.26% 和 37.99%。结荚期各处理的株高较对照增长速度放缓,株高有所降低。在 A₁、A₂ 和 A₃ 密度下,各处理中降幅最大的分别是 A₁B₂、A₂B₁ 和 A₃B₂,分别达到 37.48%、38.15% 和 27.58%。在鼓粒成熟期各处理较对照高度的差距有所升高,A₁、A₂ 和 A₃ 密度下降幅最大的分别是 A₁B₃、A₂B₃ 和 A₃B₂,分别达到 50.27%、39.53% 和 38.51%。

表 2 不同密度和多效唑浓度对小豆株高的影响

密度	多效唑浓度	株高(cm)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀		62.33 ± 2.49abc	88.33 ± 12.18ab	78.50 ± 3.19bc	96.17 ± 10.27a
	B ₁	41.33 ± 1.64b	46.42 ± 1.59cd	53.83 ± 5.50de	51.33 ± 8.72ef	59.08 ± 7.76bcd
	B ₂		41.33 ± 2.71d	46.67 ± 3.47e	49.08 ± 2.71f	51.08 ± 4.05cd
	B ₃		47.00 ± 4.02bcd	51.83 ± 7.92de	51.67 ± 5.04ef	47.83 ± 3.88d
A ₂	B ₀		77.00 ± 10.03a	89.00 ± 18.12ab	93.50 ± 1.08a	95.50 ± 2.16a
	B ₁	51.25 ± 7.50b	51.67 ± 4.19bcd	53.17 ± 1.84de	57.83 ± 6.11def	58.33 ± 1.31bcd
	B ₂		64.67 ± 4.52ab	60.83 ± 3.92cde	65.67 ± 1.55cde	63.33 ± 7.44bc
	B ₃		55.92 ± 1.12bcd	58.50 ± 3.67cde	61.92 ± 3.20def	57.75 ± 3.02bcd
A ₃	B ₀		77.17 ± 15.60a	101.33 ± 3.92a	84.00 ± 12.33ab	95.67 ± 1.70a
	B ₁	64.08 ± 6.94a	62.83 ± 11.29abc	75.17 ± 6.20bc	68.83 ± 10.05cd	69.33 ± 3.09b
	B ₂		60.67 ± 3.06abc	62.83 ± 7.26cde	60.83 ± 6.34def	58.83 ± 8.00bcd
	B ₃		63.83 ± 8.82abc	68.33 ± 3.86cd	63.33 ± 6.14def	69.50 ± 7.65b

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。数据为平均值 ± 标准差。下表同。

2.2.2 对茎粗的影响 由表 3 可知,初花期各处理较分枝期茎粗有所增加,初花期各处理除了 A₁ 外其他各处理的茎粗较对照有不同程度的增加,A₂ 和 A₃ 增幅最大的分别是 A₂B₃ 和 A₃B₁,分别达到 10.69% 和 1.14%。盛花期各处理的茎粗继续增长,在 A₁、A₂ 和 A₃ 密度下,各处理中增幅最大的分别是 A₁B₂、A₂B₃ 和 A₃B₁,分别达到 4.09%、20.30% 和 3.48%。结荚期各处理茎粗较盛花期增长不明显,在 A₁、A₂ 和 A₃ 密度下,各处理中增幅最大的分别是 A₁B₁、A₂B₁ 和 A₃B₂,分别达到 2.06%、2.56% 和 13.16%。鼓粒成熟期在 A₁、A₂ 和 A₃ 密度下,各处理中增幅最大的分别是 A₁B₂、A₂B₁ 和 A₃B₃,分别达到 0.74%、6.68% 和 5.19%,茎粗的增长幅度进一步放缓。

2.2.3 对主茎节数的影响 由表 4 可知,在分枝期随着密度的增加,小豆的主茎节数越来越少,中密度 A₂ 比低密度 A₁

减少了 8.06%。初花期,除 A₁B₃、A₂B₀、A₂B₂ 外,低密度的 A₁B₀ 处理显著高于其他处理。在盛花期的各处理中,只有 A₂B₂ 处理的主茎节数大于对照(A₂B₀),比对照增加 2.61%。结荚期各处理中主茎节数与对照相比有所减少但是部分差异不显著。鼓粒成熟期,各处理的主茎节数均小于对照。由此得出,多效唑对于增加小豆植株的主茎节数的效果不明显。

2.2.4 对主茎分枝数的影响 由表 5 可知,主茎分枝数随播种密度的增加有降低趋势。分枝期,A₂ 比 A₁ 减少了 21.27%,A₃ 比 A₂ 减少了 19.17%。在初花期,A₁B₁、A₂B₁、A₂B₂ 和 A₃ 各个处理的分枝数较对照均有所增加,其中增加最多的是 A₂B₁,与 A₂B₀ 相比增加 21.93%,其次是 A₃B₁,与 A₃B₀ 相比增加 20.82%。盛花期各处理分枝数除 A₃B₂、A₃B₃ 外,其余与对照差异不显著。结荚期,只有 A₁B₃ 处理的分枝数接近对照,其他处理均低于对照。鼓粒成熟期各处理分枝

表 3 不同密度和多效唑浓度对小豆茎粗的影响

密度	多效唑浓度	茎粗 (mm)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀	8.17 ± 1.07a	9.2 ± 0.55a	9.54 ± 1.87ab	10.21 ± 0.26a	9.40 ± 0.94a
	B ₁		9.14 ± 0.38a	9.58 ± 0.36ab	10.42 ± 0.77a	8.57 ± 0.59a
	B ₂		8.91 ± 0.24ab	9.93 ± 0.59a	9.67 ± 0.88ab	9.47 ± 1.08a
	B ₃		8.86 ± 0.76ab	9.19 ± 0.61abc	9.85 ± 0.71ab	7.89 ± 0.20a
A ₂	B ₀	7.17 ± 0.30a	7.67 ± 0.16bcd	7.88 ± 0.37c	8.97 ± 1.07abcd	8.68 ± 0.25a
	B ₁		8.45 ± 0.47ab	7.87 ± 0.26c	9.20 ± 0.37abc	9.26 ± 1.14a
	B ₂		8.31 ± 0.64abc	9.12 ± 0.23abc	8.72 ± 0.36bcde	9.14 ± 0.46a
	B ₃		8.49 ± 0.71ab	9.48 ± 0.30ab	7.83 ± 0.38cde	8.07 ± 0.49a
A ₃	B ₀	6.57 ± 0.04a	7.88 ± 0.26abc	8.33 ± 0.11bc	7.52 ± 0.41de	8.48 ± 0.56a
	B ₁		7.97 ± 0.32abc	8.62 ± 1.18abc	7.65 ± 0.62de	8.74 ± 0.43a
	B ₂		6.58 ± 0.89d	8.07 ± 0.02bc	8.51 ± 0.45bcde	8.26 ± 0.55a
	B ₃		7.04 ± 0.78cd	8.18 ± 0.17bc	7.45 ± 0.62e	8.92 ± 0.57a

表 4 不同密度和多效唑浓度对小豆主茎节数的影响

密度	多效唑浓度	主茎节数 (节)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀	16.50 ± 0.82a	18.83 ± 0.24a	21.17 ± 0.62a	21.00 ± 0.41a	21.67 ± 1.31a
	B ₁		17.00 ± 0.41b	19.67 ± 0.94ab	20.83 ± 1.03ab	20.17 ± 1.55ab
	B ₂		17.33 ± 0.85b	18.50 ± 1.78ab	20.17 ± 1.31abc	19.17 ± 0.85ab
	B ₃		17.83 ± 0.62ab	20.17 ± 2.01ab	19.83 ± 1.65abc	20.50 ± 1.08ab
A ₂	B ₀	15.17 ± 0.47a	18.17 ± 0.47ab	19.17 ± 2.01ab	20.50 ± 0.41abc	20.00 ± 0.41ab
	B ₁		17.33 ± 0.62b	17.33 ± 2.05b	18.50 ± 0.41bcd	18.50 ± 1.41bc
	B ₂		17.83 ± 0.24ab	19.67 ± 2.05ab	19.00 ± 0.41abc	17.83 ± 1.25bc
	B ₃		17.00 ± 0.71b	19.00 ± 0.41ab	16.50 ± 1.22d	18.33 ± 1.03bc
A ₃	B ₀	15.17 ± 0.47a	17.17 ± 0.94b	19.33 ± 1.03ab	19.17 ± 0.85abc	19.83 ± 0.85ab
	B ₁		16.83 ± 0.62b	19.00 ± 1.63ab	18.33 ± 1.03cd	16.33 ± 1.25c
	B ₂		16.67 ± 1.03b	17.83 ± 0.24ab	18.17 ± 1.93cd	16.33 ± 0.94c
	B ₃		17.00 ± 0.00b	17.83 ± 0.85ab	18.50 ± 0.71bcd	19.17 ± 1.03ab

表 5 不同密度和多效唑浓度对小豆分枝数影响

密度	多效唑浓度	分枝数 (个)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀	5.50 ± 1.08a	5.83 ± 0.62a	5.17 ± 0.85a	5.67 ± 0.85a	5.33 ± 0.85abc
	B ₁		6.17 ± 0.85a	5.17 ± 0.47a	5.17 ± 0.47a	6.00 ± 0.82a
	B ₂		5.17 ± 0.24ab	5.17 ± 1.03a	5.00 ± 0.41ab	5.67 ± 0.24ab
	B ₃		5.17 ± 0.85ab	5.00 ± 1.08ab	5.67 ± 0.62a	4.00 ± 0.00bcd
A ₂	B ₀	4.33 ± 0.62a	3.83 ± 0.62bc	4.67 ± 0.24ab	5.50 ± 1.08a	3.50 ± 0.41cd
	B ₁		4.67 ± 0.85abc	4.17 ± 0.94abc	4.50 ± 0.41abcd	4.67 ± 1.18abcd
	B ₂		4.00 ± 0.82bc	4.00 ± 0.41abc	4.83 ± 0.47abc	3.83 ± 0.62bcd
	B ₃		3.67 ± 0.85bc	4.67 ± 0.62ab	3.50 ± 0.71bcde	3.67 ± 0.85cd
A ₃	B ₀	3.50 ± 0.71b	3.17 ± 0.62c	4.00 ± 0.41abc	4.17 ± 1.03abcde	3.67 ± 1.03cd
	B ₁		3.83 ± 0.62bc	3.83 ± 1.03abc	3.33 ± 0.62cde	4.00 ± 0.82bcd
	B ₂		3.50 ± 0.41c	3.33 ± 0.24bc	2.67 ± 0.47e	4.83 ± 1.03abcd
	B ₃		3.67 ± 0.24bc	2.67 ± 0.47c	3.17 ± 1.25de	3.33 ± 0.62d

数较对照增加得不明显。总体来看,各时期分枝数随播种密度的增加而减少;喷施多效唑并没有明显地增加小豆的有效分枝数,反而有可能减少小豆植株分枝数。

3.2.5 对叶柄长的影响 由表 6 可知,各处理叶柄长先升高,到初花期为最长,随后整体为降低趋势。随播种密度的增加,分枝期叶柄长度逐渐增大,其中 A₂ 比 A₁ 增加了 10.74%,A₃ 比 A₂ 增加了 5.53%。在初花期各个密度条件下,与对照相比,喷施多效唑明显降低了叶柄的长度,A₁ 处理

中较对照 A₁B₀ 降幅最大的是 A₁B₂,达到 21.76%,A₂B₁ 较对照 A₂B₀ 降幅达到 18.40%,A₃B₂ 较对照 A₃B₀ 降幅达到 17.32%。初花期整体的叶柄长要稍大于其他 4 个时期。盛花期喷施多效唑明显地降低了小豆叶柄的长度,A₁、A₂、A₃ 的最大降幅分别是 A₁B₁、A₂B₁、A₃B₁ 分别达到 26.72%、14.20%和 28.75%。结荚期与对照相比各处理均降低了叶柄长,A₁B₂ 较对照 A₁B₀ 的降幅最大,达到 29.43%。鼓粒成熟期 A₁、A₂ 和 A₃ 密度下降幅最大的是 A₁B₃、A₂B₂ 和 A₃B₂,

表 6 不同密度和多效唑浓度对小豆叶柄长的影响

密度	多效唑浓度	叶柄长 (cm)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀		18.29 ± 0.22abc	17.55 ± 0.56ab	17.26 ± 0.31a	15.04 ± 2.03a
	B ₁	15.36 ± 0.74b	14.64 ± 1.01ef	12.86 ± 0.72d	14.20 ± 0.75cde	13.30 ± 2.15abc
	B ₂		14.31 ± 0.82f	14.40 ± 0.68bcd	12.18 ± 0.19e	14.23 ± 0.46ab
	B ₃		15.08 ± 0.89ef	13.70 ± 1.20cd	13.12 ± 0.75de	8.98 ± 1.58bc
A ₂	B ₀		19.08 ± 1.13ab	17.32 ± 0.35ab	16.97 ± 2.04ab	13.08 ± 3.86abc
	B ₁	17.01 ± 0.52a	15.57 ± 1.58def	14.86 ± 1.16abcd	14.66 ± 0.77cd	13.23 ± 0.34abc
	B ₂		17.27 ± 0.48bcd	16.09 ± 1.12abcd	14.90 ± 1.15bcd	11.21 ± 2.83abc
	B ₃		16.67 ± 0.29cde	16.09 ± 1.52abc	15.77 ± 0.37abc	14.18 ± 0.73ab
A ₃	B ₀		19.28 ± 0.81a	18.40 ± 0.78a	17.22 ± 0.63a	13.09 ± 2.61abc
	B ₁	17.95 ± 0.94a	16.32 ± 0.53cdef	13.11 ± 3.91d	14.46 ± 0.92cd	11.50 ± 3.68abc
	B ₂		15.94 ± 0.78def	16.96 ± 1.45abc	13.88 ± 0.83cde	8.36 ± 3.30c
	B ₃		16.19 ± 0.55def	16.04 ± 0.92abcd	15.88 ± 1.31abc	10.83 ± 2.97abc

分别较对照 A₁B₀、A₂B₀ 和 A₃B₀ 下降了 40.29%、14.30% 和 36.13%。各处理条件下,只有在鼓粒成熟期 A₂B₁ 和 A₂B₃ 较对照 A₂B₀ 有一定的升高,但这可能是取样的问题,个别样本不能代表整个群体。

3.2.6 对地上部干质量影响 由表 7 可知,分枝期随着播种密度的增加,地上部的干质量呈现显著地下降趋势,A₂ 较 A₁ 下降了 26.93%,A₃ 较 A₂ 下降了 28.53%。初花期各密度处理下,多效唑处理干质量都有不同程度增加,其中 A₁、A₂、A₃ 密度下增幅较大的是 A₁B₁、A₂B₂ 和 A₃B₃,分别达到 8.26%、

0.48% 和 15.41%。盛花期较初花期地上部干质量增加明显,A₁、A₂、A₃ 密度下增幅最大的分别是 A₁B₂、A₂B₃ 和 A₃B₁,分别达到 33.22%、51.80% 和 13.20%。结荚期除了 A₂B₃ 和 A₃B₂ 以外,其余处理的地上部干质量较前一个时期进一步增加,可能是与该期多效唑效应降低有关,该时期的生殖生长要大于营养生长,这可能是为荚下一步的生长积累条件,也可能与多效唑抑制了叶片的生长有关系。鼓粒成熟期的情况类似于结荚期。

表 7 不同密度和多效唑浓度对小豆干质量影响

密度	多效唑浓度	干质量 (g/株)				
		分枝期	初花期	盛花期	结荚期	鼓粒成熟期
A ₁	B ₀		18.64 ± 6.69ab	30.58 ± 12.55a	53.20 ± 6.21a	59.5 ± 4.66ab
	B ₁	18.42 ± 6.55a	20.18 ± 5.55ab	36.39 ± 7.02bc	47.45 ± 8.23ab	48.72 ± 3.46a
	B ₂		19.10 ± 8.12ab	40.74 ± 3.42ab	44.96 ± 14.40abcd	47.74 ± 0.61a
	B ₃		19.56 ± 2.75ab	39.77 ± 11.11ab	46.68 ± 5.76abc	49.25 ± 4.87cd
A ₂	B ₀		22.89 ± 5.56a	23.38 ± 1.64cde	49.11 ± 12.04ab	51.11 ± 2.29bc
	B ₁	13.46 ± 2.09b	16.98 ± 4.98ab	19.97 ± 3.74e	33.27 ± 8.83bcde	36.34 ± 2.75bcd
	B ₂		23.00 ± 7.20a	27.96 ± 3.62bcde	30.21 ± 4.88cde	37.00 ± 0.73cd
	B ₃		20.58 ± 3.52ab	35.49 ± 4.27bcd	29.44 ± 2.68de	32.52 ± 8.75bc
A ₃	B ₀		17.84 ± 2.82ab	25.22 ± 7.20cde	26.61 ± 2.94e	28.91 ± 3.96cd
	B ₁	9.62 ± 0.29c	15.17 ± 1.15b	28.55 ± 9.56bcde	29.16 ± 11.32de	33.66 ± 1.95cd
	B ₂		18.05 ± 8.04ab	21.19 ± 0.56de	20.89 ± 3.71e	21.46 ± 2.08d
	B ₃		20.59 ± 5.91ab	22.87 ± 0.11cde	22.93 ± 7.63e	26.90 ± 6.39cd

3 讨论与结论

前人有关播种密度与多效唑调控作物生长的研究有许多。徐宁等研究表明,分枝数、主茎节数、单株荚数和单株产量有随着密度增大而减少的趋势^[12]。郭建华等研究表明,主茎荚数随密度增加呈降低趋势^[13]。马爽研究表明,喷施烯效唑(S₃₃₀₇)和激动素(KT)能够在一定程度上提高黎小豆植株叶面积指数,并能显著增加生育后期植株干质量和籽粒产量^[14]。邓小鹏研究表明,多效唑处理使红小豆株高、叶面积降低,增加茎粗、分枝数和比叶重^[15]。王娟等研究表明,在玉米上喷施一定浓度的多效唑溶液,能明显降低玉米的株高、穗位,而且茎粗也有所增加,从而提高了玉米的抗倒伏能力,对玉米起到了增产作用^[16-17]。张海生等研究表明,喷施多效唑后大豆株高和结荚高度明显降低,分枝增多,节间距缩短,粒

质量、荚数和产量明显增加^[18]。本试验研究表明,喷施多效唑可显著降低株高,还可降低主茎节数、叶柄长。密度增加,植株出现徒长现象,节数减少,叶柄长增加;随着播种密度的增加小豆地上部干质量逐渐降低,喷施多效唑后,盛花期较初花期地上部干质量增加明显,但生育期进入到结荚期和鼓粒成熟期,地上部干质量较对照差异不显著。另外,随着播种密度的增加,小豆生育期推迟,多效唑可缩短初花至成熟各时期天数,加快生育进程。

参考文献:

[1] 李茉莉,孙桂华,高贵忱,等. 小豆高产及配套栽培技术[J]. 杂粮作物,2004,24(2):101-102.
[2] 李曙轩. 几种豆类作物的光周期反应[J]. 作物学报,1963,3(2):251-260.

杨 泉,王学华,罗小仁,等. 不同施肥水平下生物质高粱的生物量和重金属吸收效果的研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(9):138-142.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.030

不同施肥水平下生物质高粱的生物量和重金属吸收效果的研究

杨 泉,王学华,罗小仁,杨 柳,刘乾锋

(湖南农业大学农学院,湖南长沙 410128)

摘要:以 3 个生物质高粱品种为材料,设置 4 个施肥量梯度。研究不同施肥量水平对 3 个高粱品种的生物产量、养分利用率以及重金属吸收效果的影响。结果表明,3 个品种对耕地中 Cd 的吸收效果较好,N2562、M4264 这 2 个品种在施纯氮 300 kg/hm²、P₂O₅ 180 kg/hm²、K₂O 210 kg/hm² 时可实现 60 t/hm² 以上的生物产量,对 Cd 的吸收量分别可达 25.42、26.47 g/hm²;而 N5D61 品种在施纯氮 225 kg/hm²、P₂O₅ 135 kg/hm²、K₂O 180 kg/hm² 水平下就可以达到生物产量 57 t/hm² 以上,且对 Cd 的生物积累量比另 2 个品种高,吸收量可达 36.98 g/hm²,表明 N5D61 品种为修复耕地重金属 Cd 污染的理想材料。

关键词:高粱;重金属;施肥水平;生物量;养分利用率

中图分类号: S514.06;X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0138-05

粮食安全问题是一个关乎人类健康的重大问题,而其中重金属超标粮问题不易解决且危害很大^[1]。许多耕地遭到尾砂矿、工厂废弃物和生活垃圾的不正确处理以及污水灌溉等因素的影响,耕地中重金属含量超过了农作物安全生产的国家标准,进而导致耕地产粮重金属含量超标^[2-4]。这部

分重金属超标粮倘若流入市场,进入食物链,最终危害的还是处于食物链顶端的人类自身^[5-6]。因此,耕地重金属污染治理也是我国粮食安全问题的一个重大课题。为了让老百姓能够吃到安全的粮食,国家已于 2014 年启动了针对耕地重金属污染修复治理的相关政策。在国家政策的鼓励下,广大科学工作者根据各地域重金属污染状况的特点,不断地尝试应用和创新各种方案来进行土壤重金属污染修复治理,力求能够找到最理想的方案去缓解或彻底解决耕地重金属污染问题。

以湖南省为例,其境内长株潭地区土壤重金属污染尤为严重^[7-8]。有色金属的开采,城市废水的排放,工厂三废的不妥善处理以及气候因素的影响,致使许多耕地土壤中重金属

收稿日期:2018-01-03

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD07B11)。

作者简介:杨 泉(1991—),男,湖南怀化人,硕士研究生,主要从事作物栽培研究。E-mail:1259220193@qq.com。

通信作者:王学华,博士,教授,博士生导师,主要从事作物栽培与耕作学研究。E-mail:13873160151@163.com。

[3]韩天富,王金陵,范彬彬,等. 开花后光照长度对大豆农艺性状的影响[J]. 应用生态学报,1996,7(2):169-171.

[4]郭立果. 多效唑和己杨酸酯对小豆生长发育影响的比较研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.

[5]邓小鹏,张月辰. 河北省小豆研发状况及其发展对策[J]. 中国农学通报,2005,21(10):413-415.

[6]Sacks F M. A literature review of phascolus angularis - the adzuki bean[J]. Economic Botany,1977,3(31):9-15.

[7]张兴文,任红玉,严 红. 大豆花荚败育及脱落的研究进展[J]. 大豆科学,2002,12(4):290-294.

[8]薛仁凤,陈 剑,赵 阳,等. 不同种植密度和种衣剂处理对小豆生长和生理特性的影响[J]. 河北农业大学学报,2015,38(2):13-18.

[9]郭 伟,郭建华,于 崧,等. 不同栽培模式与密度对小豆花后干物质积累及产量的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(2):29-34.

[10]郭丽果,陶佩君,尹宝重,等. 不同浓度多效唑与己杨酸酯对小豆生理生化特性的影响[J]. 贵州农业科学,2010,38(6):65-68.

[11]Seung - Hyun P, Masatoshi N, Masayuki S, et al. Gibberellin 2 -

Oxidases from seedlings of Adzuki Bean (*Vigna angularis*) show high gibberellin - binding activity in the presence of 2 - Oxoglutarate and Co²⁺ [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2005, 69 (8):1498-1507.

[12]徐 宁,王明海,王桂芳,等. 小豆(*Vigna angularis*)不同种植密度效应研究[J]. 作物杂志,2009(4):63-67.

[13]郭建华,于 崧,于立河,等. 种植方式和密度对小豆产量及干物质积累的影响[J]. 作物杂志,2017(1):113-118.

[14]马 爽. 烯效唑和激动素对水渍胁迫下黎小豆叶片生理代谢及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2016(1):58-63.

[15]邓小鹏. 不同播期红小豆产量结构形成及其调控研究[D]. 保定:河北农业大学,2006.

[16]王 娟. 多效唑处理对玉米农艺性状的影响[J]. 吉林农业,2014(8):19-19.

[17]蔡来龙,林克显,林俊城,等. 外源激素对甜玉米光合特性及产量构成因素的影响[J]. 福建师大学报(自然科学版),2013,42(1):1-9.

[18]张海生,李秀珍,吴聚兰,等. 不同浓度多效唑对晋遗 31 大豆农艺性状和产量的影响[J]. 大豆科学,2012(4):688-690.