



韩冬,周伟鑫,张景云,等.不同植物生长调节剂对大豆生长及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2023(12):20-27,28.

不同植物生长调节剂对大豆生长及产量的影响

韩冬,周伟鑫,张景云,吴成龙,王平

(黑龙江省农垦科学院 农作物开发研究所,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为探究不同植物生长调节剂拌种和叶面喷施对大豆生长发育及产量的影响,进而为植物生长调节剂在大豆栽培上的推广和实际应用提供科学依据。本试验于2019—2021年在黑龙江省农垦科学院试验基地进行,以黑农84为试验材料,通过拌种ABT生根粉3号、多微抗寒抗旱保水种衣剂及叶面喷施爱多收、芸苔素内酯、烯效唑、胺鲜酯,研究拌种剂对大豆根部形态以及叶面喷施对叶绿素、叶面积指数和两种处理方式对大豆地上部形态与产量构成因素的影响。结果表明,大豆种子经过ABT生根粉3号处理后,其主根长度、侧根长度、侧根数均明显增加,对根系发育的正向调控效果优于多微抗寒抗旱保水种衣剂,但对产量影响不显著。始花期喷施烯效唑能降低大豆株高,与对照相比,株高降低10.22%,并且在R2和R4期显著降低大豆叶面积指数。胺鲜酯和芸苔素内酯分别在R4和R6期促进大豆叶片生长,但对叶绿素含量无显著影响。各植物生长调节剂对大豆生物产量的影响主要体现在可以增加荚干重,在R6期,各处理荚干重显著高于对照。爱多收能提高大豆百粒重,2020年百粒重20.6 g,比对照增加3.5%,其余年份差异不显著。胺鲜酯能显著提高大豆产量,与对照相比,2019年和2020年产量分别增加41.56%和17.73%。

关键词:植物生长调节剂;形态指标;叶绿素含量;产量性状

大豆是重要的粮油饲兼用类作物,在粮油作物中占有重要地位^[1-2]。同时大豆既是世界上种植面积最大的油料作物^[3],也是黑龙江省主栽作物之一,尤其近些年随着农作物种植结构的不断调整优化,黑龙江省大豆种植面积不断加大,目前已经占到全国的42%左右^[1-3]。但各种种植区域大豆种植水平良莠不齐,以及栽培技术配套措施不完善,导致产量差异很大。

近些年,化学调控技术在改善作物抗逆性、提高品质、增加产量方面应用较多,并且取得了良好效果^[4-7]。化学调控技术是指施用植物生长调节剂后,通过影响植物内源激素系统而调节作物的生长发育过程,其具有成本低、见效快、效益高等特点^[8-10]。作物生产中应用的化控剂种类较多,按照化控剂作用性质及类别来区分,可将其分为植物生长促进剂、植物生长延缓剂和植物生长抑制剂三大类。国内外学者在化控剂对作物生长发育的影响方面做了大量研究,刘冰等^[11]研究指出,胺鲜酯和烯效唑浸种处理均能提高垦农4号

大豆根系建成前期的根系活力,增加根系同化物含量。宫香伟等^[12]研究了大豆始花期叶片喷施胺鲜酯和烯效唑对叶片光合特性及产量的影响,结果指出胺鲜酯和烯效唑可以改善大豆不同冠层叶片的光合特性,延缓叶片衰老,进而提高大豆产量。

另研究表明,烯效唑浸种处理大豆种子,可以调节大豆株形、加强光合特性、提高产量^[13]。以及在淹水胁迫下喷施烯效唑能提高淹水胁迫期间大豆叶片光合特性指标及产量^[14]。外施芸苔素内酯可增强玉米幼苗的根系活力,提高玉米幼苗的光合性能,从而提高抗旱性^[15]。李青超等^[16]研究指出水稻秧苗期及水稻移栽后5和12 d用0.003%丙酰芸苔素内酯喷施后,可显著提高秧苗素质,并对水稻提质增产效果明显。赵丽梅等^[17]研究了不同化控剂对杂交大豆制种产量的影响,认为爱多收可显著提高大豆不育系的结莢率和结实率,并且具有专一提高母本产量的作用。

目前,市场上化控剂种类较多,本研究选取生产上应用较为广泛的6种植物生长调节剂为供试药剂,并以黑龙江省第二积温带主栽大豆品种黑农84为供试品种,在2019—2021年间研究6种植物生长调节剂对大豆生长及产量的影响,以期筛选出促进大豆生长,提高产量,增强抗逆性的植

收稿日期:2023-09-07

基金项目:北大荒集团2023年基层农技推广体系改革与建设补助项目;高标准农田建设和黑龙江垦区社会公益性事务专项。

第一作者:韩冬(1991—),男,硕士,助理研究员,从事大豆高产栽培研究。E-mail:kxyhandong@163.com。

物生长调节剂,旨在为大豆生产上合理选择植物生长调节剂提供一定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 供试品种黑农 84 由黑龙江省农垦科学院大豆育种室提供,黑农 84 株高95 cm,紫花,尖叶,灰色茸毛,亚有限结荚习性,在适应区出苗至成熟生育日数 118 d,需 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温2 400 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.1.2 供试药剂 供试植物生长调节剂共计 6 种,ABT 生根粉 3 号购自北京艾比蒂生物科技有限公司;多微抗寒抗旱保水种衣剂购自哈尔滨市瀚地收仓生物科技有限公司;爱多收购自旭化学工业(漳州)有限公司;芸苔素内酯购自河南省利华科技开发有限公司;烯效唑购自江苏剑牌农化股份有限公司;胺鲜酯购自河南神雨生物科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 拌种试验:在网室采用盆栽试验,研究 ABT 生根粉 3 号和多微抗寒抗旱保水种衣剂对大豆苗期根系形态的影响,盆栽试验供试土壤为大田地块土壤,在 30 cm \times 30 cm 塑料盆内均匀播种 10 粒黑农 84 大豆种子,播深 2.5 cm,保证水分供应充足。设置 3 个处理,处理 1,ABT 生根粉 3 号拌种有效成分含量 50.00%;处理 2,

多微抗寒抗旱保水种衣剂拌种;以清水处理作为对照(CK),详见表 1。每个处理重复 9 盆,共播种 27 盆。当幼苗真叶完全展开时,每盆保留 5 株长势一致,健康的幼苗。各处理分别在出苗后 10,14 和 18 d 进行取样,每个处理每次取 3 盆,15 株幼苗。用流水将幼苗根部泥土冲洗干净,用于苗期根系形态指标测定。

叶面喷施试验:采用随机区组设计,2019—2021 年在黑龙江省农垦科学院农作物开发研究所 10 号地开展了大田叶面喷施试验。设置 5 个处理,处理 3,爱多收剂量有效成分含量 1.80%;处理 4,芸苔素内酯有效成分含量 0.01%;处理 5,烯效唑有效成分含量 10.00%;处理 6,胺鲜酯有效成分含量 98.00%;叶面喷施采用手提式喷壶进行人工喷雾,以清水作为对照(CK)。不同化控剂处理的施用方式、施用时期及用药剂有效成分含量见表 1。试验于 5 月 3 日播种,在初花期,选择晴朗无风的天气进行叶面喷施,用液量均为 225 L $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。每个处理 4 行区,行长 5 m,小区面积 13 m²,过道 0.5 m,每个处理 3 次重复,试验区共计 300.3 m²。试验地块为秋起垄,垄宽 65 cm,播种密度 25 万 hm²,施用磷酸二铵 250 kg $\cdot\text{hm}^{-2}$,氯化钾 50 kg $\cdot\text{hm}^{-2}$,尿素 25 kg $\cdot\text{hm}^{-2}$,肥料在大豆播种时一次性施入土壤中,其他田间管理同大田生产。

表 1 不同植物生长调节剂的施用方式、施用时期及用药浓度

处理	药剂名称	施用方式	施用时期	药剂有效成分含量/%
1	ABT 生根粉 3 号	拌种	种子处理	50.00
2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	拌种	种子处理	—
3	爱多收	喷雾	始花、盛花期	1.80
4	芸苔素内酯	喷雾	始花、盛花期	0.01
5	烯效唑	喷雾	始花期	10.00
6	胺鲜酯	喷雾	始花、结荚期	98.00
7	清水(CK)	喷雾	—	—

1.2.2 测定项目及方法 拌种试验苗期根系形态指标测定:主根长、侧根数及侧根长度。采用直接测定法对主根长、侧根数进行直接观测测量,利用下述公式计算侧根长度。侧根长度=(最长侧根长度+最短侧根长度) $\times 0.5 \times$ 测根条数 $\times 0.618$ 。

叶面喷施试验叶绿素含量、叶面积指数及生物产量测定:使用活体叶绿素仪 SPAD 502 在盛花期(R2)、盛荚期(R4)、鼓粒期(R6)测定各处理主茎倒 4 叶叶片的叶绿素含量,每个处理连续测定 3 株,取平均值。使用 LAI 2000 冠层分析仪在 R2、R4、R6 期测定叶面积指数,每个处理测定 3 株,

取平均值。各处理在 R2、R4、R6 期进行取样,将取样植株各器官分开,放入 105 ℃烘箱中杀青 1 h,后 80 ℃烘干至恒重,称得干重,测得生物产量。

拌种试验和叶面喷施试验形态指标、产量及产量构成因素测定:每个处理选择具有代表性的 5 株大豆进行形态指标的测定,采用直尺测量子叶痕至生长点距离记为株高;通过人工计数的方式记录主茎节数。大豆成熟时,每个小区连续选取 5 株植株,测量产量构成因素相关指标。单株荚数、单株粒数分别采用人工计数法进行,百粒重和单株粒重采用称重法。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2003 和 SPSS 24.0

表 2 2 种植物生长调节剂拌种对大豆苗期根系主根长度的影响

处理	主根长度/cm		
	出苗后 10 d	出苗后 14 d	出苗后 18 d
ABT 生根粉 3 号	12.7±0.5 a	15.9±0.7 a	25.6±1.3 a
多微抗寒抗旱保水种衣剂	10.2±0.3 b	12.8±0.6 b	20.1±1.1 ab
清水(CK)	9.5±0.6 b	10.9±0.4 b	18.9±1.6 b

注:不同小写字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.1.2 侧根长度、侧根数 由表 3 可知,从各处理对侧根长度的影响上来看,ABT 生根粉 3 号在出苗后 10、14 和 18 d 的侧根长度均显著高于其

软件进行数据处理及分析。

2 结果与分析

2.1 植物生长调节剂拌种处理对大豆苗期根系形态的影响

2.1.1 主根长度 由表 2 可知,各处理随着取样时间的推进主根长度逐渐增长,ABT 生根粉 3 号和多微抗寒抗旱保水种衣剂与对照相比均能促进主根伸长。其中,ABT 生根粉 3 号主根长度始终显著高于对照清水处理,在出苗 10 d 后比对照增长 3.2 cm,出苗 18 d 后长度为 25.6 cm,比对照增长 6.7 cm。说明 ABT 生根粉 3 号能明显对主根发育起到正向调控作用。

他处理,出苗后 18 d 侧根长度比对照增长 8.5 cm。说明多微抗寒抗旱保水种衣剂各取样时期和对照相比差异不明显。

表 3 2 种植物生长调节剂拌种对大豆苗期根系侧根长度和侧根数的影响

处理	侧根长度/cm			单株侧根数/条		
	出苗后 10 d	出苗后 14 d	出苗后 18 d	出苗后 10 d	出苗后 14 d	出苗后 18 d
ABT 生根粉 3 号	15.2±0.5 a	19.6±0.9 a	28.6±1.2 a	33.2±1.2 a	45.6±3.6 a	91.8±5.6 b
多微抗寒抗旱保水种衣剂	10.8±0.7 b	15.3±1.1 b	22.6±1.9 b	32.6±2.6 a	41.4±2.9 a	77.7±4.9 a
清水(CK)	10.7±0.6 b	14.9±0.8 b	20.1±2.1 b	29.1±2.3 a	39.5±3.8 a	75.9±6.2 a

从各处理对侧根数的影响上来看,ABT 生根粉 3 号在取样后期增长较快,显著高于其他处理。总体来说 ABT 生根粉 3 号对大豆苗期侧根长度和侧根数的正向调控效果要优于多微抗寒抗旱保水种衣剂。

2.2 叶面喷施植物生长调节剂处理对大豆叶面积指数和叶绿素含量及生物产量的影响

2.2.1 叶面积指数和叶绿素含量 由图 1 可知,R2 期和 R4 期,烯效唑处理后的叶面积指数最小,分别为 3.8 和 6.1,胺鲜酯处理叶面积指数最大,分别为 5.2 和 8.7;R6 期芸苔素内酯叶面积

指数最大,且显著高于爱多收。说明胺鲜酯和芸苔素内酯分别在花荚期和鼓粒期促进叶片生长,而烯效唑在花荚期显著抑制叶片生长,对叶片增长的抑制作用明显。

由图 2 可知,R2 期喷施各化控剂处理时,叶绿素含量差异显著,芸苔素内酯处理叶绿素含量最高,为 42.9,清水最低,为 40.2。各处理均能提高叶片叶绿素含量。R4 和 R6 期各处理大豆叶片叶绿素含量无明显差异,说明各处理对大豆生殖生长后期叶绿素含量影响不大。

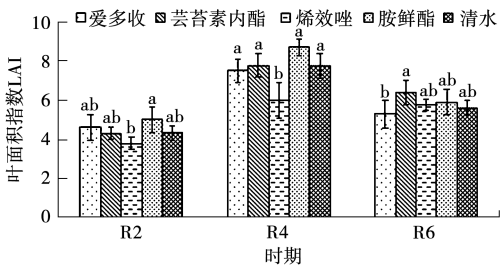


图 1 4 种植物生长调节剂对大豆叶面积指数的影响

注:图柱上不同小写字母表示同一时期不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

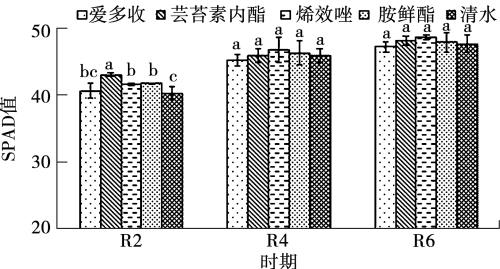


图 2 4 种植物生长调节剂对大豆叶绿素含量的影响

2.2.2 干物质积累量 由图 3 可知,各处理在 R2 期对大豆干物质积累量影响差异显著,各处理

均高于对照,其中烯效唑处理最高,除烯效唑外,其余各处理与对照相比无显著差异;R4 和 R6 期各处理间差异不显著;烯效唑处理在 R6 期干物质积累量最高,为 63.03 g。

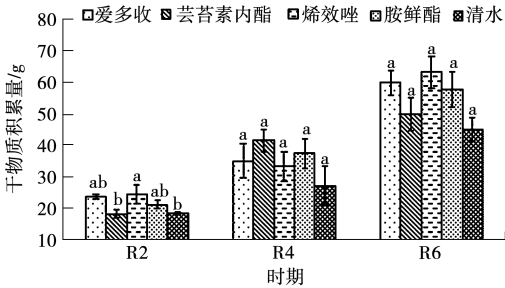


图 3 4 种植物生长调节剂对干物质积累量的影响

由表 4 可知,R4 期各处理对大豆单株荚干重影响与对照相比差异不明显,而在 R6 期均高于对照,其中烯效唑处理单株荚干重最高,其次为爱多收、胺鲜酯和芸苔素内酯。综合调查结果表明,各处理在生殖生长后期单株荚干重的积累速度加快,并显著高于对照。

表 4 4 种植物生长调节剂对大豆单株荚干重的影响

单位:g

时期	爱多收	芸苔素内酯	烯效唑	胺鲜酯	CK
R4	0.92±0.11 a	1.02±0.21 a	1.38±0.17 a	0.77±0.13 a	1.00±0.11 a
R6	15.92±0.26 ab	11.12±0.19 ab	17.74±0.24 a	13.05±0.65 ab	9.51±0.55 b

2.3 植物生长调节剂叶面喷施与拌种处理对收获期大豆地上部形态和产量的影响

2.3.1 株高和节数 由表 5 可知,在叶面喷施 4 种植物生长调节剂中,爱多收处理株高在 3 年中均为最高,与清水对照相比,烯效唑处理在 3 年中株高降低且在 2021 年达到显著水平。胺鲜酯与芸苔素内酯 2021 年与 2019 年相较清水处理略有增加,而在 2020 年有降低趋势但并不显著。拌种处理中,ABT 生根粉 3 号在 2019 年和 2020 年株高较 CK 略有增加,而多微抗寒抗旱保水种衣剂在 2020 年和 2021 年株高与 CK 差异不显著。与拌种处理相比,叶面喷施植物生长调节剂对株高影响较大。2019 年与清水对照相比,6 种植物生长调节剂处理都能够使大豆节数增加,节间距降低,而 2021 年只有芸苔素内酯和烯效唑处理大豆节数比 CK 增加 4.69% 和 1.88%。2020 年所有植物生长调节剂处理均使大豆节数有轻微降低但并无显著差异,这可能与当年降雨量有关。

2.3.2 产量及构成因素 由表 6 可知,2020 年两个拌种处理中 ABT 生根粉 3 号产量与清水对照相比增加 13.30% 且达到显著差异。2019 年爱多收、芸苔素内酯、烯效唑和胺鲜酯 4 种叶面喷施处理产量均比 CK 增加,增产率分别为 9.69%、9.14%、35.85% 和 41.56%,其中烯效唑与胺鲜酯产量显著高于 CK。在 3 年中叶面喷施处理产量均高于 CK,且在 2019 年效果最好。

从各处理对大豆产量构成因素的影响上来看,烯效唑处理能有效提高大豆荚数和粒数,爱多收和胺鲜酯处理能明显提高大豆百粒重,2020 年尤以爱多收提高粒重最明显,百粒重为 20.6 g,比 CK 增加 3.52%。3 年中胺鲜酯处理产量最高,其中 2019—2020 年分别较 CK 增产 41.56%、17.74% 和 12.91%。芸苔素内酯、烯效唑、爱多收处理也在不同程度上提高了大豆产量。2021 年大豆生育中期遭遇高温干旱天气,各处理产量表现与对照相比无显著差异。

综合表明,多雨、低温天气条件下烯效唑处理可显著提高大豆的结荚数和粒数,有助于保花荚、抗倒伏、塑造株型。而爱多收和胺鲜酯处理能有效增加粒重。胺鲜酯处理能显著增产,起着稳产、增产作用,并且干旱年份也能保持较不错的增产效果。

表 5 6 种植物生长调节剂对大豆株高、节数、节间距的影响

年份	处理	药剂名称	株高/cm	株高较 CK 增加/%	节数/节	节间距/cm
2019	1	ABT 生根粉 3 号	87.67±9.54 a	0.77	17.6±3.1 a	5.0±0.8 a
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	78.00±15.10 a	-10.34	17.0±2.6 a	4.6±0.4 a
	3	爱多收	95.00±5.67 a	9.2	18.7±0.6 a	5.1±0.2 a
	4	芸苔素内酯	93.33±6.11 a	7.28	18.0±1.0 a	5.2±0.4 a
	5	烯效唑	83.33±2.08 a	-4.22	18.0±1.7 a	4.4±0.5 a
	6	胺鲜酯	87.00±9.85 a	0	19.0±0.0 a	4.6±0.5 a
	7	清水(CK)	87.00±23.00 a	—	17.0±1.0 a	5.5±1.1 b
2020	1	ABT 生根粉 3 号	86.67±13.89 a	2.36	16.3±2.1 a	5.3±0.4 a
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	84.67±12.34 a	0	17.0±1.0 a	5.0±0.5 a
	3	爱多收	88.67±4.04 a	4.72	16.3±1.2 a	5.4±2.5 a
	4	芸苔素内酯	83.33±7.02 a	-1.58	16.7±0.6 a	5.0±0.5 a
	5	烯效唑	79.33±8.14 a	-6.31	17.0±1.7 a	4.6±0.4 a
	6	胺鲜酯	80.33±8.74 a	-5.13	17.0±1.0 a	4.7±0.5 a
	7	清水(CK)	84.67±6.81 a	—	18.0±1.7 a	4.7±0.7 a
2021	1	ABT 生根粉 3 号	101.70±6.50 a	-2.87	21.0±3.5 a	4.9±1.2 a
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	105.00±5.00 a	0.29	20.3±1.5 a	5.2±0.4 a
	3	爱多收	108.70±4.00 a	3.82	21.3±0.6 a	4.8±0.1 a
	4	芸苔素内酯	103.30±4.00 a	-1.34	22.3±1.5 a	4.9±0.3 a
	5	烯效唑	94.00±3.60 b	-10.22	21.7±1.6 a	4.5±0.3 a
	6	胺鲜酯	105.00±3.00 a	0.29	19.7±1.5 a	5.4±0.3 a
	7	清水(CK)	104.70±1.50 a	—	21.3±1.5 a	5.0±0.4 a

表 6 6 种植物生长调节剂对大豆产量构成因素的影响

年份	处理	药剂名称	单株荚数/个	单株粒数/粒	百粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)	增产率/%
2019	1	ABT 生根粉 3 号	28.7±6.5 b	78.0±29.0 b	20.7±1.2 a	1852.85±96.07 b	1.46
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	33.3±8.0 b	84.0±21.1 ab	21.6±1.8 a	1738.97±59.59 b	-4.77
	3	爱多收	34.0±8.2 b	84.7±9.6 ab	21.6±1.1 a	2003.08±215.58 ab	9.69
	4	芸苔素内酯	36.7±4.5 ab	90.0±12.3 ab	21.4±0.8 a	1993.08±165.93 ab	9.14
	5	烯效唑	47.7±12.3 a	114.0±18.3 a	21.4±0.2 a	2480.77±297.13 a	35.85
	6	胺鲜酯	33.0±3.0 b	79.0±6.1 b	22.1±0.4 a	2585.13±113.47 a	41.56
	7	清水(CK)	30.0±1.0 b	73.7±14.4 b	21.5±0.9 a	1826.15±100.76 b	—
2020	1	ABT 生根粉 3 号	53.7±5.1 a	115.7±4.0 ab	19.7±1.3 bc	3249.65±317.81 ab	13.30
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	63.3±15.5 a	97.7±5.1 b	19.8±0.3 bc	2727.32±140.82 d	-4.91
	3	爱多收	47.0±11.1 a	127.3±32.2 ab	20.6±0.5 a	3057.08±146.46 bcd	6.59
	4	芸苔素内酯	47.3±16.5 a	122.3±40.1 ab	19.3±0.1 bc	3141.70±253.71 abc	9.54
	5	烯效唑	63.0±7.9 a	156.7±27.2 a	19.1±0.6 c	2999.89±150.83 cd	4.60
	6	胺鲜酯	52.7±11.9 a	121.0±8.0 ab	19.9±1.3 bc	3376.83±232.07 ab	17.74
	7	清水(CK)	56.7±7.6 a	120.0±21.7 ab	19.9±0.6 bc	2868.09±147.78 cd	—

表 6 (续)

年份	处理	药剂名称	单株荚数/个	单株粒数/粒	百粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)	增产率/%
2021	1	ABT 生根粉 3 号	62.7±13.4 a	118.3±10.0 a	20.6±0.8 a	2957.95±365.67 a	-2.16
	2	多微抗寒抗旱保水种衣剂	63.3±12.1 a	125.7±11.2 a	20.9±0.8 a	2885.13±320.47 a	-4.57
	3	爱多收	61.7±5.1 a	116.3±12.0 a	21.4±0.1 a	3113.08±99.87 a	2.97
	4	芸苔素内酯	64.3±12.5 a	125.3±9.0 a	20.9±1.0 a	3101.28±144.86 a	2.58
	5	烯效唑	66.3±9.1 a	127.7±1.5 a	21.5±0.4 a	3051.79±25.19 a	0.94
	6	胺鲜酯	63.3±5.5 a	135.7±20.4 a	21.0±0.7 a	3413.59±347.03 a	12.91
	7	清水(CK)	58.3±10.1 a	117.7±7.0 a	21.0±0.1 a	3023.33±222.95 a	—

3 讨论

3.1 植物生长调节剂拌种处理对大豆苗期根系形态的影响

根系对于植物的生长发育、产量品质均具有重要作用。植物根系具有支撑、吸收、输导、合成、分泌和储藏作用,生产上广泛应用的调节剂对根发育的影响具有极其重要的意义^[18-22]。植物生长调节剂拌种处理首先作用于大豆根系,通过调节根的生理生化作用,进而促进地上部植株生长发育,实现大豆的优质高产。在进行植物根系研究时,一般都将植物主根长,侧根数目、根系体积、主根伸长量或根系生物量^[23-27]作为主要指标,其中以主根长度作为主要指标得到大多数人的肯定。本研究发现,两种拌种剂对黑农 84 的主根发育起到了正向调控作用,并在出苗 18 d 时与清水处理相比达到最大值。两种拌种剂均促进黑农 84 的侧根长度和侧根数,且 ABT 生根粉 3 号对大豆苗期侧根长度和侧根数的正向调控效果要优于多微抗寒抗旱保水种衣剂,两种拌种剂对黑农 84 的主根发育与侧根长度及侧根数规律相似。

3.2 叶面喷施植物生长调节剂对大豆叶面积指数和叶绿素及干物质积累量的影响

叶面积指数能较清晰地反映冠层的大小和遮蔽程度,适宜的叶面积指数是提高作物光能利用率,增加产量的必要保障^[28]。赵聪慧等^[29]认为,大豆的高产存在着适宜的叶面积指数范围,可以科学调控叶面积指数,在一定范围内使春大豆产量提高。James^[30]研究发现,在结荚期保证适宜的叶面积指数可以防止大豆减产。植物生长调节剂可对叶面积大小进行调节,进而通过改善植株中下部的冠层光照条件、延长叶片衰老时间促进产量提高。

本研究结果表明,R4 期喷施胺鲜酯处理大豆叶面积指数比 CK 增加 12.13%,这与前人研究结果类似,胺鲜酯作为植物生长促进剂适当增加叶面积指数可以使冠层中的强入射光分散为可被利用的弱光,从而提高光合利用率,实现增产。烯效唑作为植物生长延缓剂减少叶面积指数改善植株中下部透光条件,改善下部空间郁闭从而提高中下部叶片的光合效率来提高产量。

叶绿素是作物光合作用的物质基础,叶绿素含量的高低直接影响光合作用的能力,叶绿素在光合作用中起着吸能和转能的重要作用^[31]。研究结果表明,随生育时期的升高大豆叶绿素含量逐渐升高,叶面喷施 4 种调节剂大豆叶绿素均有不同程度的提高,其中喷施芸苔素内酯与烯效唑对大豆叶绿素效果较好。相关研究表明烯效唑处理大豆种子,明显增加了大豆玉米间作下的大豆叶片总叶绿素含量、净光合速率、气孔导度和呼吸速率。因此,烯效唑处理显著抑制了间作大豆苗期的营养生长,延缓了荚建成期叶片的衰老,与大豆产量提高具有直接关系^[32]。

干物质积累是产量形成的物质基础,其积累与分配直接影响大豆产量的形成^[33]。邓贵仁等^[34]认为,分枝型大豆品种开花期的干物质积累是产量形成的关键,而主枝型大豆品种则为结荚期的干物质积累。本研究结果表明,随生育时期的递进,黑农 84 干物质积累逐渐升高。与清水对照相比,喷施烯效唑可明显增加 R6 期大豆全株干物质积累,喷施其他 3 种调节剂也可增加大豆干物质积累,但并未达到显著水平。王娜^[35]研究发现喷施胺鲜酯增加了绿豆地上部干物质总重,尤其是生育后期,促进了植株生长发育,延缓了衰老进程。这与本研

究结果一致,本研究喷施4种调节剂促进了光合产物向库器官的分配和转运,增大了对籽粒产量的贡献,满足了豆荚形成和籽粒灌浆对营养的需求。

3.3 叶面喷施化控剂和拌种处理对大豆地上部形态和产量及产量构成因素的影响

地上部形态体现了作物的品种特点和生长发育特点,是判断作物种质和生育期长势的重要分析指标。对大豆的主要农艺性状研究发现,适宜的株高和较多的主茎有效节数和分枝数是大豆高产增收的关键^[36]。研究发现植物生长调节剂可调控植株分枝数和节数等性状,实现增产。本研究发现,喷施4种调节剂中爱多收处理对株高的促进要高于芸苔素内酯和胺鲜酯处理,烯效唑处理显著降低株高。郭凌云等^[37]研究发现喷施吨田宝可增加小麦株高,增加产量,但使后期倒伏的风险加大。本研究中虽然爱多收可增加株高,但后期倒伏风险较大导致最终产量并不理想。而王娜^[35]研究表明喷施胺鲜酯虽然也增加株高,使倒伏的风险增大,但增加了茎粗,在一定程度上可缓解由于植株较高倒伏的风险。王诗雅等^[38]发现叶面喷施烯效唑可显著提高淹水胁迫下非酶抗氧化剂含量,增加关键酶活性,降低叶片MDA含量,抑制ROS积累,减少淹水胁迫对膜系统造成的伤害。冯彩军等^[39]研究指出芸苔素内酯浸种可通过提高干旱胁迫下种子的淀粉代谢速率来促进种子萌发和幼苗生长。本研究中,2020与2021年降雨条件较2019年差异较大,两种调节剂除促进植物生长发育以外,都发挥一定的抗逆作用,其中烯效唑在3年中表现较好,说明在雨水条件不好地区适量喷施烯效唑有助于缓解天气影响。

产量构成因素影响大豆最终产量的重要指标。保苗数量一定的情况下,单株粒数和百粒重直接影响最终产量,其中,干物质积累量、单株荚数又与单株粒数和百粒重密切相关。本研究指出,各处理在R2期对大豆干物质积累量影响差异显著,均高于对照,其中烯效唑处理最高,其次为爱多收和胺鲜酯。烯效唑处理在R6期对大豆的荚干重有显著提升效果,与对照相比差异显著。

本研究在2019—2021年间,通过叶面喷施的方式研究了6种植物生长调节剂对大豆产量及产

量构成因素的影响,但由于年份间天气条件存在差异,2019—2020年各植物生长调节剂处理对大豆产量及产量构成因素影响显著,2021年影响不显著。总的来看,烯效唑处理能有效提高大豆单株荚数和粒数,爱多收和胺鲜酯处理能显著提高大豆百粒重,尤以胺鲜酯对百粒重的提高最明显,除多微抗寒抗旱保水种衣剂外,其余各处理均能提升大豆产量,其中胺鲜酯处理的大豆产量最高,这一结果与宫香伟等^[12]研究结果一致。大田生产上还应根据天气状况合理应用化控剂,干旱条件下谨慎施用延缓类化控剂,应用不当不但无增产作用还可能导致减产。

4 结论

本研究指出,各植物生长调节剂处理均对大豆生长发育有影响。与对照相比,ABT生根粉3号能促进大豆根系发育;胺鲜酯能明显增加叶面积指数、叶绿素含量、单株荚数、粒数和百粒重;烯效唑降低大豆叶面积指数、株高和节间距。综合来看,烯效唑可明显提高大豆的结荚数和粒数,有助于保花荚、抗倒伏、塑造株型。而爱多收和胺鲜酯处理能有效增加粒重,胺鲜酯处理能显著增产,起到稳产、增产作用,并且干旱年份下也均能保持增产效果。

参考文献:

- [1] 陈玲玲,李战,刘亭萱,等.基于783份大豆种质资源的叶柄夹角全基因组关联分析[J].作物学报,2022,48(6):1333-1345.
- [2] 王通宇,方淑梅,王庆燕,等.叶面喷施不同化控复配剂对大豆产量与品质的影响[J].大豆科学,2023,42(1):70-76.
- [3] 高宇,孙晨祺,罗英,等.中国大豆种子处理剂应用现状及研究进展[J].大豆科学,2022,41(5):617-623.
- [4] 万燕,杨文钰.不同生长调节剂叶面喷施对套作大豆形态及产量的影响[J].大豆科学,2009,28(1):63-66.
- [5] 罗凯,谢琛,汪锦,等.外源喷施植物生长调节剂对套作大豆碳氮代谢和花荚脱落的影响[J].作物学报,2021,47(4):752-760.
- [6] 谢甫锦,郭小红,包雪艳,等.多效唑对大豆不同叶型近等位基因系产量和品质的影响[J].大豆科学,2010,29(6):948-952.
- [7] 张瑞琪.不同化控剂对夏玉米农艺性状和产量的影响[J].安徽农业科学,2006,34(1):80,153.
- [8] 郭志强,侯立白,赵明,等.高寒地区低温胁迫条件下化学调控对玉米生理变化的影响[J].作物杂志,2008(2):42-45.
- [9] 莫其文.化控技术在果树上的应用[J].吉林农业,2001(7):20.

- [10] 周凤兰. 浅谈植物生长调节剂在农业生产上的应用[J]. 吉林农业科学, 1997, 22(4): 76-79.
- [11] 刘冰, 翟瑞常, 郑殿峰, 等. 植物生长调节剂对大豆根建成期部分根系特性及同化物的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(5): 824-827.
- [12] 宫香伟, 刘春娟, 冯乃杰, 等. S3307 和 DTA-6 对大豆不同冠层叶片光合特性及产量的影响[J]. 植物生理学报, 2017, 53(10): 1867-1876.
- [13] 韩毅强, 石英, 高亚梅, 等. 赤霉素及烯效唑对大豆形态、光合生理及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(6): 820-827.
- [14] 张洪鹏, 张盼盼, 李冰, 等. 烯效唑对淹水胁迫下大豆叶片光合特性及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(5): 611-618.
- [15] 孙石昂, 何发林, 姚向峰, 等. 芸苔素内酯可提高玉米幼苗的抗旱性[J]. 植物生理学报, 2019, 55(6): 829-836.
- [16] 李青超, 王立达, 赵秀梅, 等. 0.003% 丙酰芸苔素内酯对水稻生长、产量和品质影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(6): 34-37, 38.
- [17] 赵丽梅, 彭宝, 孙寰, 等. 化控剂在杂交大豆制种中的应用[J]. 大豆科学, 2011, 30(5): 777-780, 785.
- [18] 罗玉英. 玉竹花粉中造粉质体形成及增殖的超微结构研究[J]. 电子显微学报, 1995, 14(3): 166-169.
- [19] SAMAC D A, TESFAYE M. Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils: a review[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2003, 75(3): 189-207.
- [20] 年海, 黄鹤, 严小龙, 等. 大豆对酸铝土壤的适应 I 大豆耐酸铝毒性材料的鉴定研究[J]. 大豆科学, 1999, 18(3): 191-197.
- [21] 沈金雄, 徐巧珍. 大豆耐铝酸毒害研究概况[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(2): 91-96.
- [22] STARTAION J B, KAMPRATH E J. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil[J]. Agronomy Journal, 1978, 70(1): 17-20.
- [23] DELHAIZE E, RYAN P R. Aluminum toxicity and tolerance in plants[J]. Plant Physiology, 1995, 107(12): 315-312.
- [24] CARVER B F, GARVIN D F. Role of the genotype in tolerance to acidity and aluminum toxicity[M]//RENGEL Z. Handbook of Soil Acidity. New York: CRC Press, 2003: 387-407.
- [25] 周蓉, 廖伯寿, 陈小媚, 等. 铝胁迫对花生根系的影响[J]. 花
- 生科技, 1998, 24(4): 1-4, 23.
- [26] 林咸永, 章永松, 罗安程. 不同小麦基因型耐铝性的差异及筛选方法的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 64-70.
- [27] 彭嘉桂, 陈成榕, 卢和顶, 等. 铝胁迫对大豆遗传基因型形态和生理特性的影响[J]. 福建省农科院学报, 1994, 9(2): 34-39.
- [28] 张永强, 张娜, 王娜, 等. 种植密度对北疆复播大豆光合特性及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2015, 35(3): 571-578.
- [29] 赵聪慧, 张淑娟, 王凤花, 等. 春大豆叶面积指数与产量的空间变异性及相关分析[J]. 农机化研究, 2010, 32(9): 162-165.
- [30] JAMES E BOARD. Soybean cultivars differences on light interception and leaf area index during seed filling[J]. Agronomy Journal, 2004, 96(1): 305-310.
- [31] AVICE J C, ETIENNE P. Leaf senescence and nitrogen remobilization efficiency in oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(14): 3813-3824.
- [32] YAN Y H, WAN Y, LIU W G, et al. Influence of seed treatment with uniconazole powder on soybean growth, photosynthesis, dry matter accumulation after flowering and yield in relay strip intercropping system[J]. Plant Production Science, 2015, 18(3): 295-301.
- [33] 刘忠堂, 何志鸿, 祖伟, 等. 重迎茬对大豆产量影响及机理的研究[J]. 大豆科学, 2001, 20(2): 153.
- [34] 邓贵仁, 侯敏. 大豆不同株型干物质积累动态与产量的关系[J]. 大豆科学, 1996, 15(3): 269-273.
- [35] 王娜. S3307 和 DTA-6 对绿豆源库生理特性及产量和品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
- [36] 费志宏, 谢甫绵, 朱洪德, 等. 黑龙江省早熟大豆品种主要农艺性状演变趋势. 中国油料作物学报, 2006, 28(1): 21-24.
- [37] 郭凌云, 刘凤洲, 郭凤芝, 等. 植物生长调节剂对小麦农艺性状及产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2015(4): 83-85.
- [38] 王诗雅, 郑殿峰, 冯乃杰, 等. 鼓粒期淹水胁迫对大豆叶片 AsA-GSH 循环的损伤及烯效唑的缓解效应[J]. 草业学报, 2021, 30(7): 157-166.
- [39] 冯彩军, 宋瑞娇, 宋凌宇, 等. 2,4-表芸苔素内酯浸种对干旱胁迫下大麦种子萌发期淀粉代谢的影响[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(10): 2112-2120.

Effects of Different Growth Regulators on Growth and Yield of Soybean

HAN Dong, ZHOU Weixin, ZHANG Jingyun, WU Chenglong, WANG Ping

(Institute of Crop Development, Heilongjiang Academy of Agricultural Reclamation Science, Jiamusi 154007, China)



李濛池, 惠霖, 黄修梅, 等. 高寒黑土区不同微生物菌剂对马铃薯产量和疮痂病防治效果的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(12):28-33.

高寒黑土区不同微生物菌剂对马铃薯产量和疮痂病防治效果的影响

李濛池¹, 惠霖², 黄修梅¹, 贺秀芳³, 赵玉平⁴, 齐贝¹, 高世华¹

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 0141091; 2. 呼伦贝尔农垦谢尔塔拉农牧场有限公司, 内蒙古 呼伦贝尔 021000; 3. 内蒙古科学技术研究院, 内蒙古 呼和浩特 010000; 4. 乌兰察布市种业工作站, 内蒙古 乌兰察布 012000)

摘要:为了优化高寒黑土区马铃薯种植管理措施,以刘平1号为试验材料,采用大田试验设计,分析不同微生物菌剂对马铃薯产量、农艺性状以及疮痂病防治效果的影响。结果表明,4号微生物菌剂(T4)产量性状方面表现最好,产量最高,为 $4\,014\text{ kg}\cdot(666.7\text{ m}^2)^{-1}$,是CK的1.13倍。且4号微生物菌剂(T4)商品薯率最高,为88%,均显著高于其他处理[3号微生物菌剂(T3)除外],4号微生物菌剂(T4)的平均单株结薯个数高于其余处理;3号微生物菌剂(T3)在马铃薯疮痂病的防治效果上最好,显著高于其余处理,防治效果达到65%,是CK的1.76倍;农艺性状方面,2号微生物菌剂(T2)株高与3号微生物菌剂(T3)茎粗均显著高于CK,分别是CK的1.31倍和1.64倍。综合来看4号微生物菌剂(T4)与3号微生物菌剂(T3)更适用于高寒黑土区马铃薯的高产栽培种植。

关键词:高寒黑土区;马铃薯;微生物菌剂;产量;疮痂病

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是世界上重要的农作物之一,被广泛种植并用于食品加工供人类消费,已经成为我国四大主粮作物之一^[1],中

国马铃薯的种植面积和总产量均居世界第一^[2]。然而在高寒黑土区马铃薯种植受到了多种病害和环境限制的威胁,尤其是马铃薯疮痂病,马铃薯疮痂病是由放线菌目链霉菌属疮痂病链霉菌(*Streptomyces* spp.)引起的土传兼种传病害^[3],土传病害不仅会影响产量,还直接降低块茎的品质,而重茬连作、施肥不当等是引起马铃薯土传病害的主要原因^[4]。马铃薯疮痂病在马铃薯种植区域广泛分布,严重影响马铃薯的商品属性,给马铃

收稿日期:2023-06-16

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(2022YFDZ0010);内蒙古自治区科技重大专项(2021GG0011);内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目(BR221048)。

第一作者:李濛池(2000—),女,硕士研究生,从事作物栽培研究。E-mail:2352244690@qq.com。

通信作者:惠霖(1973—),男,学士,高级农艺师,从事作物栽培研究。E-mail:huangxm0404@126.com。

Abstract: The effects of seed dressing and foliar spraying with different plant growth regulators on the growth and yield of soybean were studied. The experiment was conducted in the Experimental Base of Heilongjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences from 2019 to 2021, the effects of seed dressing on root morphology, chlorophyll, leaf area index (LAI) and two treatments on aboveground morphology and yield components of soybean were studied by seed dressing Abt rooting powder No. 3, multi-minor cold-resistant and drought-resistant and water-retaining seed coating agent, and foliar spraying with adoxins, brassinolide, uniconazole and amyl ester. The results showed that the length of main root, the length of lateral root and the number of lateral root increased obviously after the seeds were treated with ABT rooting powder No. 3, but the effect on yield was not significant. Application of uniconazole at the beginning of flowering stage reduced plant height by 10.22% as compared with the control, and decreased leaf area index (LAI) significantly at R2 and R4 stages. Aminoacyl esters and Brassino lactone promoted leaf growth in R4 and R6 stages, respectively, but had no significant effect on chlorophyll content. The effect of chemical control agents on biological yield was mainly reflected in increasing pod dry weight. In R6 stage, pod dry weight of each treatment was significantly higher than that of the control. In 2020, the 100-seed weight was 20.6 g, which was 3.5% higher than the control. Compared with the control, the yield of Aminoacyl esters increased by 41.56% in 2019 and 17.73% in 2020.

Keywords: soybeans; plant growth regulators; morphological index; chlorophyll content; yield traits