

植物生长调节剂在胡麻上的应用效果研究

陈军, 叶春雷, 王炜, 李进京

(甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为探讨植物生长调节剂在胡麻生产中的应用效果, 通过田间试验研究烯效唑和多效唑对现蕾期和盛花期胡麻生长、叶片生物酶活性及产量的影响, 以为胡麻化控栽培提供科学依据。结果表明, 2种生长调节剂在胡麻现蕾期和盛花期分2次喷施均可以明显降低胡麻的株高和重心高度, 明显增加茎粗, 进而影响胡麻产量形成。4个喷施植物生长调节剂的处理在胡麻现蕾期和盛花期, 与清水对照相比, 平均株高降低15.09%和19.22%, 平均重心高度降低10.47%和20.18%, 平均鲜重降低7.73%和13.51%, 平均茎粗增加7.69%和13.33%, 且盛花期喷施的效应更加明显。现蕾期和盛花期不同处理间CAT含量、SOD含量、MDA含量均存在显著差异。随生育期的推进, CAT含量均呈明显下降趋势; SOD含量表现出不同的变化, 喷施烯效唑处理和清水对照SOD含量均呈上升趋势, 喷施多效唑处理均呈下降趋势; MDA含量均呈上升趋势。综上所述, 喷施5%烯效唑可湿性粉剂1995 g/hm²兑水450 kg和15%多效唑可湿性粉剂1995 g/hm²兑水450 kg效果良好, 能够在稳定产量的同时有效地增强抗倒伏能力。

关键词: 胡麻; 生长调节剂; 产量; 抗倒伏; 生物酶活性

中图分类号: S565.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)02-0157-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.02.011

Study on the Application Effect of Plant Growth Regulators on Flax

CHEN Jun, YE Chunlei, WANG Wei, LI Jinjing

(Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to explore the application effect of plant growth regulators in flax production, field experiments were conducted to study the effects of uniconazole and paclobutrazol on the growth, enzyme activity of leaves, and yield of flax during the budding and blooming stages, so as to provide a theoretical basis for the study of flax chemical control and high-yield cultivation. The results showed that two growth regulators applied twice during the budding and blooming stages of flax could significantly reduce the plant height and center of gravity height of flax, which could significantly increase stem diameter, and thus affect the formation of flax yield. During the two stages, when compared to the control with water spraying, the 4 treatments showed an average reduction of 15.09% to 19.22% in plant height, an average reduction of 10.47% to 20.18% in center of gravity height, an average decrease of 7.73% to 13.51% in flesh weight, and an average increase of 7.69% to 13.33% in stem diameter. Moreover, the effect of spraying during the peak flowering period was more significant. There were significant differences in CAT content, SOD content, and MDA content between different treatments during the two periods. As the growth progressed, the CAT content showed a significant downward trend, whereas the SOD content showed different changes, with both the uniconazole treatment and the control showing an upward trend, while the paclobutrazol treatment showed a downward trend. The MDA content showed an upward trend. In summary, under the conditions of this experiment, spraying 5% uniconazole wettable powder at a restrained dose of 1 995 g/ha diluted with 450 kg water and 15% paclobutrazol wettable powder at a restrained dose of 1 995 g/ha diluted with 450 kg water are the optimal spraying concentration, which can effectively enhance the lodging resistance of flax while stabilizing yield.

Key words: *Linum usitatissimum* L.; Growth regulator; Yield; Lodging resistance; Biological enzyme activity

胡麻(*Linum usitatissimum* L.)为亚麻科(Linaceae) 是我国北方干旱及半干旱地区重要的经济和油料
亚麻属(*Linum*)一年生草本植物, 属于油用亚麻, 作物^[1]。近年来, 随着种植面积和效益的逐渐提

收稿日期: 2023-08-22; 修订日期: 2023-11-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(GARS-17-SYZ-6); 甘肃省农业科学院生物育种专项(2019GAAS05)。

作者简介: 陈军(1984—), 男, 兰州榆中人, 助理研究员, 主要从事作物栽培及生理、生化研究工作。Email: chenjun004@126.com。

通信作者: 叶春雷(1980—), 男, 甘肃秦安人, 副研究员, 主要从事作物新品种选育及推广工作。Email: yclei@gsagr.ac.cn。

高, 胡麻已成为农民调整种植结构的重要作物。胡麻作为密植作物, 茎秆纤细柔弱而冠层较大, 加之受气候因素、水肥条件、栽培方式等诸多因素影响, 极易发生根倒伏, 造成籽粒产量低而不稳, 品质下降, 严重制约胡麻产业可持续发展^[2-3]。如何提高胡麻抗倒性, 达到增产稳产就成为学者研究的热点。目前认为, 与胡麻抗倒性相关的生长性状主要有株高、重心高度、茎粗、茎秆抗折力和茎秆纤维含量等指标^[4]。植物生长调节剂能够有效地调控作物生长发育进程, 其高效而显著的调节效应在作物抗倒伏研究中发挥了积极作用。喷施生长调节剂能够明显影响作物株高、重心高度、茎粗等, 且在多种大田作物生产中得已验证。杨晶等^[5]、王丹等^[6]、杨崇庆等^[7]分别在燕麦、小麦和胡麻研究中证实了这一论断。植物生长调节剂应用比较成熟的作物为水稻、玉米、大豆、小麦等, 而相关应用研究在胡麻生产方面报道较少。我们选择多效唑和烯效唑 2 种以化控抗倒制剂为主的植物生长调节剂, 在河西灌区水浇地胡麻现蕾期和开花期 2 个关键物候期开展药剂喷施试验, 探讨叶面喷施生长调节剂对提高胡麻抗倒伏能力和产量的影响, 并从形态特征和生理生化方面分析其影响机制, 以期为胡麻高产稳产栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试药剂为 5% 烯效唑可湿性粉剂、15% 多效唑可湿性粉剂, 均由四川国光农化股份有限公司提供。指示胡麻品种为陇亚 14 号, 由甘肃省农业科学院作物研究所提供。

1.2 试验方法

试验设在甘肃省农业科学院黄羊麦类作物试验站(东经 107° 12'、北纬 40° 40')。海拔 1 740 m, 年均温度 6.8 °C, 年日照时数 3 000 h 以上, 年均降水量 141.2 mm, 年均蒸发量 2 000 mm 以上, 属于典型的绿洲灌溉农业区。试验共设 5 个处理, 处理 T1, 5% 烯效唑可湿性粉剂制剂量 1 320 g/hm² 兑水 450 kg 于胡麻现蕾期和盛花期各喷施 1 次; 处理 T2, 5% 烯效唑可湿性粉剂制剂量 1 995 g/hm² 兑水 450 kg 于胡麻现蕾期和盛花期各喷施 1 次; 处理 T3, 15% 多效唑可湿性粉剂制剂量 1 320

g/hm² 兑水 450 kg 于胡麻现蕾期和盛花期各喷施 1 次; 处理 T4, 15% 多效唑可湿性粉剂制剂量 1 995 g/hm² 兑水 450 kg 于胡麻现蕾期和盛花期各喷施 1 次; 处理 T5(CK)为清水对照, 于胡麻现蕾期和盛花期各喷施 450 kg 清水 1 次。

试验随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 40 m²(10 m × 4 m)。试验设置 2 个喷施节点, 即胡麻现蕾期(6月 17 日)进行第 1 次喷药, 盛花期(6月 25 日)进行第 2 次喷药。各处理均施 N 112.5 kg/hm²、P₂O₅ 75.0 kg/hm²、K₂O 52.5 kg/hm², 其中氮肥的 2/3 作为基肥, 1/3 作为追肥于现蕾前追施; 磷肥和钾肥均作为基肥全部施用。其他田间管理措施同常规。

1.3 测试项目及方法

于胡麻现蕾期(Budding period, BP)(77 d)、盛花期(Blooming, B)(85 d)分别选取具有代表性的植株 10 株, 喷药后 7 d 取样, 测定以下指标。

1.3.1 植株形态特征测定 以茎秆基部齐地面处为起点, 将直尺沿着主茎量到植株顶部(生长点)即为株高(PH); 将植株从茎秆基部齐地面处剪断, 再把植株横放, 用食指水平托起植株, 平衡时手指所在位置距离茎秆基部的距离为重心高度; 用游标卡尺测定茎秆子叶节以上 5 cm 处的直径, 即为茎粗。

1.3.2 籽粒产量及其构成因子测定 胡麻成熟收获前在每小区中间行随机取样 10 株考种, 测定单株有效果数、角果粒数、千粒重和单株产量等。收获时按小区单收, 晒干后测产。

1.3.3 叶片生物酶活性测定 在现蕾期、盛花期分别采集植株新鲜叶片, 装袋后冰盒保存带回实验室及时测定植株叶片过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)等酶活性(均用微量法 - solarbio 试剂盒测定)。

1.4 数据分析

采用 Excel 整理数据及作图, 采用 SPSS 20.0 软件进行相关性(Pearson 分析法)、差异显著性检验($\alpha=0.05$, Duncan 法)分析。

2 结果与分析

2.1 现蕾期和盛花期喷施生长调节剂对胡麻形态特征的影响

由表 1 可看出, 现蕾期和盛花期喷施生长调

节剂均不同程度降低了胡麻株高和重心高度及鲜重,增加了茎粗,进而影响其生物量。4个喷施植物生长调节剂的处理在胡麻现蕾期和盛花期,平均株高较CK降低15.09%和19.22%,平均重心高度较CK降低10.47%和20.18%,平均鲜重较CK分别降低7.73%和13.51%,平均茎粗较CK分别增加7.69%和13.33%。现蕾期株高处理T1、T2比CK降低了17.67%、15.95%,处理T3、T4比CK降低了14.66%、12.07%;重心高度处理T1、T2比CK分别降低了18.60%、5.12%,处理T3、T4比CK分别降低了5.81%、2.33%;茎粗处理T1、T2比CK分别升高了1.54%和7.18%,处理T3、T4比T5分别升高了10.26%、16.92%。盛花期株高处理T1、T2比CK分别降低了21.09%、19.39%,处理T3、T4比CK分别降低了19.05%、17.69%;重心高度处理T1、T2比CK分别降低了24.77%、19.27%,处理T3、T4比CK分别降低了18.81%、17.43%;茎粗处理T1、T2比CK分别升高了5.71%、6.67%,处理T3、T4比CK分别升高了18.57%、22.38%。现蕾期CK株高显著高于其他处理,T4和CK重心高度显著高于处理T1和处理T2,处理T4和CK鲜重显著高于其他处理,处理T3和处理T4茎粗显著高于其他处理。盛花期4个喷施生长调节剂处理的株高、重心高度和鲜重均显著低于CK($P<0.05$),处理T3和T4茎粗均显著高于其他处理。从两个时期的喷施效果来

看,盛花期喷施的各项指标的变化均高于现蕾期,说明盛花期喷施对胡麻生长的影响效应更明显。从烯效唑和多效唑的喷施浓度来看,随着浓度增加,4个喷施生长调节剂处理的各项指标均有所增加,而低浓度喷施时在2个时期对株高、重心高度的影响要高于高浓度,而茎粗则相反。

2.2 喷施生长调节剂对胡麻产量构成因子及产量的影响

2.2.1 产量构成因子

胡麻产量形成受株高、千粒重、角果粒数影响较大^[8-9]。由表2可看出,喷施多效唑与烯效唑对胡麻产量构成的影响主要表现在株高和千粒重,对胡麻的单株果数、角果粒数影响不大。与CK相比,处理T1、T2的千粒重分别增加2.67%、5.33%,处理T3、T4的千粒重分别增加8.00%、12.00%。处理T4千粒重较CK差异显著,且随烯效唑和多效唑浓度增加,胡麻株高、千粒重均有所增加,而角果粒数有所降低。

2.2.2 产量

由图1可看出,不同处理间产量存在显著差异,处理T4较其余处理均差异显著,且随烯效唑和多效唑浓度增加产量也相应增加。其中以处理T4产量最高,为1668 kg/hm²,较CK增产4.40%;处理T2次之,为1656 kg/hm²,较CK增产3.62%;处理T1、处理T3分别较CK增产0.96%、2.21%。说明喷施较高浓度的烯效唑和多效唑有利于胡麻稳产。

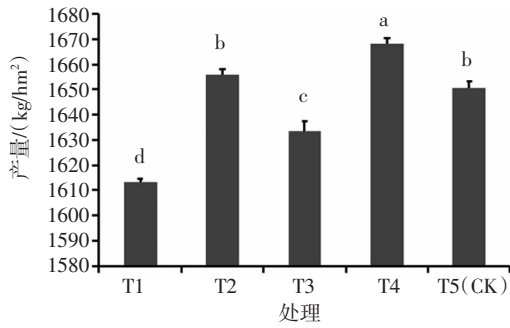
表1 不同处理对胡麻现蕾期和盛花期形态特征的影响

处理	现蕾期				盛花期			
	株高 /cm	重心高度 /cm	鲜重 /g	茎粗 /mm	株高 /cm	重心高度 /cm	鲜重 /g	茎粗 /mm
T1	38.2±1.4 b	14.0±0.3 b	17.0±0.07 c	1.98±0.01 c	46.4±1.0 b	16.4±1.0 b	31.3±0.11 c	2.22±0.07 b
T2	39.0±1.0 b	14.6±0.4 b	17.5±0.10 c	2.09±0.03 b	47.4±0.9 b	17.6±0.7 b	36.2±0.14 b	2.24±0.09 b
T3	39.6±1.4 b	16.2±0.8 ab	18.0±0.08 b	2.15±0.03 a	47.6±1.8 b	17.7±0.6 b	36.3±0.18 b	2.49±0.13 a
T4	40.8±0.5 b	16.8±0.2 a	19.1±0.11 a	2.28±0.07 a	48.4±1.4 b	18.0±1.2 b	36.9±0.17 b	2.57±0.10 a
T5(CK)	46.4±1.7 a	17.2±0.7 a	19.4±0.09 a	1.95±0.05 c	58.8±1.4 a	21.8±1.5 a	40.7±0.20 a	2.10±0.13 b

①同一时期不同小写字母表示不同处理间差异在 $P<0.05$ 水平显著,下表同。

表2 不同处理下的胡麻产量构成因子

处理	株高 /cm	工艺长度 /cm	有效分茎数 /个	有效分枝数 /个	单株果数 /个	角果粒数 /粒	千粒重 /g
T1	49.9±1.0 b	35.1±2.0 a	1.1±0.1 a	4.6±0.3 a	15.2±2.3 a	6.8±0.5 a	7.7±0.1 ab
T2	50.9±0.9 b	35.6±1.3 a	1.3±0.1 a	4.8±0.2 a	15.7±1.6 a	6.5±0.1 a	7.9±0.1 ab
T3	51.1±1.8 b	33.1±2.3 a	1.4±0.1 a	4.7±0.5 a	15.8±3.0 a	6.9±0.1 a	8.1±0.4 ab
T4	51.7±1.4 b	35.6±1.2 a	1.5±0.1 a	5.0±0.4 a	16.6±1.1 a	6.7±0.1 a	8.4±0.1 a
T5(CK)	59.1±1.4 a	34.5±1.9 a	1.6±0.1 a	5.2±0.4 a	17.1±1.1 a	6.7±0.1 a	7.5±0.1 b



(不同小写字母表示不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著, 下同)

图 1 不同处理下的胡麻产量

2.3 现蕾期和盛花期药剂喷施对胡麻叶片酶活性的影响

2.3.1 对 MDA 酶活性的影响 丙二醛(MDA)是反映细胞膜脂过氧化程度的重要标志, 其含量高低反映植物细胞和组织的衰老程度。叶片衰老使植物体内的保护酶活性会不断下降, MDA 含量上升^[7]。由图 2 可看出, 随生育期的推进, MDA 含量呈上升趋势, 其中处理 T1 和 T4 处理 MDA 含量增加较大, 盛花期与现蕾期相比较, 分别增加了 8.28、7.51 nmol/g。喷施生长调节剂处理盛花期与现蕾期不同处理间 MDA 含量差异均达显著水平。

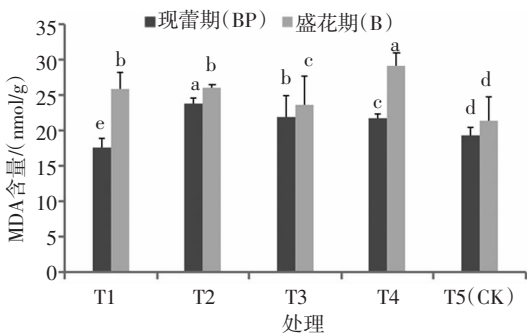


图 2 不同处理的 MDA 酶活性

2.3.2 对 SOD 酶活性的影响 超氧化物歧化酶(SOD)是植物体细胞中清除活性氧的重要保护酶, 它能够防御活性氧或其他过氧化物自由基对细胞膜系统的伤害。SOD 与植物细胞多种代谢活动有关, 能消除活性氧和超氧阴离子自由基对细胞造成的伤害, 保护膜结构免受氧化损伤。由图 3 可看出, 现蕾期与盛花期不同处理间 SOD 含量均存在显著差异, 现蕾期处理 T4 较其余处理差异显著, 盛花期处理 T2 较其余处理差异显著。随生育期的推进, 不同处理 SOD 含量表现出不同的变化, 盛花期与现蕾期相比较, 处理 T1、T2、CK 的

SOD 含量均呈增加趋势, 处理 T3、T4 均呈下降趋势。

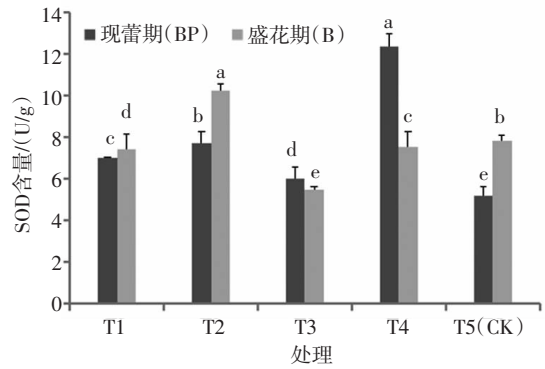


图 3 不同处理的 SOD 酶活性

2.3.3 对 CAT 酶活性的影响 过氧化氢酶(CAT)与生长素、NADH、NADPH 的作用有关, 与植物体内的代谢、抗性关系密切。过氧化氢酶普遍存在于植物的所有组织中, 保护生物机体免受过氧化氢的毒害作用, 其活性与植物的代谢强度及抗寒、抗病能力有一定关系。由图 4 可看出, 现蕾期与盛花期不同处理间 CAT 含量差异显著; 随生育期的推进, CAT 含量均呈明显下降趋势, 盛花期与现蕾期相比较, 处理 T1、T2、T3、T4、CK 分别降低了 57.28、115.3、100.6、122.63、53.51 U/g, 且较高浓度下 CAT 含量降低更明显。

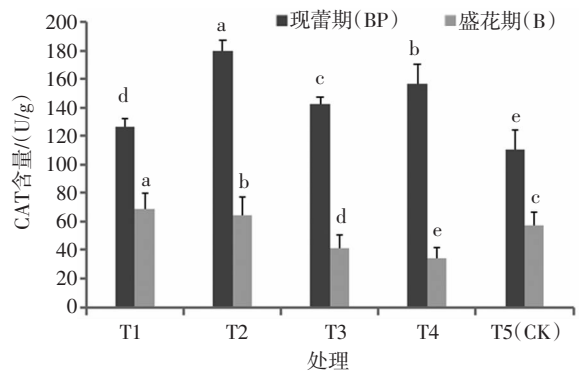


图 4 不同处理的 CAT 酶活性

2.4 胡麻产量与生长性状间相关性分析

由表 3 可看出, 2 次药剂喷施后胡麻产量与生长性状株高、重心高度、鲜重间存在负相关, 与茎粗间存在正相关, 与千粒重存在显著正相关, 与叶片 MDA、SOD 酶活性间存在负相关, 与 CAT 酶活性间存在显著正相关; 株高与重心高度间为极显著正相关, 重心高度与鲜重间为显著正相关; 茎粗与株高、重心高度、鲜重间为负相关。千粒

表 3 药剂喷施后胡麻产量与生长性状间相关性分析^①

指标	产量	株高	重心高度	鲜重	茎粗	MDA	SOD	CAT	千粒重
产量	1.000								
株高	-0.355	1.000							
重心高度	-0.324	0.984**	1.000						
鲜重	-0.313	0.755	0.855*	1.000					
茎粗	0.630	-0.507	-0.422	-0.201	1.000				
MDA	-0.247	-0.432	-0.431	-0.185	-0.318	1.000			
SOD	-0.170	-0.034	-0.019	-0.007	-0.511	0.178	1.000		
CAT	0.899*	-0.316	-0.264	-0.188	0.353	-0.019	0.210	1.000	
千粒重	0.839*	-0.482	-0.406	-0.248	0.946**	-0.361	-0.370	0.619	1.000

① * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关, ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

重与茎粗间为极显著正相关, 与其他倒伏性状间为负相关, 与 CAT 酶活性间为正相关, 与 SOD、MDA 间为负相关。

3 讨论及结论

植物生长调节剂的应用是调控植物生长发育的重要手段, 在改变株型、抑制器官脱落、植物抗逆性及提高产量等方面发挥着极其重要的作用^[10-11]。目前研究应用较广的是多效唑和烯效唑。多效唑由内源赤霉素合成, 可延缓植株生殖生长、缩短茎节并对植株叶片中叶绿素有所影响; 烯效唑能够控制赤霉素生物合成途径中的环化和氧化位点, 有效抑制 GAs 的生物合成, 对塑造植物株型、降低植株高度和提高抗倒伏能力作用显著^[12-13]。张倩等^[14]、姜龙等^[15]、何虎等^[16]均认为喷施烯效唑和多效唑可以有效提升水稻的抗倒伏能力, 增强茎秆强度, 降低株高和茎秆重心高度; 王耀等^[17]认为, 浓度为 100 mg/L 的多效唑可增强胡麻的抗倒伏能力, 有效地促进胡麻增产。曹豪等^[18]认为施用多效唑、烯效唑等可诱导作物抗逆性基因表达, 增强作物耐旱、抗寒能力。本研究表明, 喷施不同浓度的多效唑、烯效唑可有效控制胡麻株高及重心高度, 增加茎粗, 进而影响其生物量、千粒重和产量, 有利于胡麻抗倒性的提高。喷施 5% 烯效唑可湿性粉剂制剂量 1 995 g/hm² 和 15% 多效唑可湿性粉剂制剂量 1 995 g/hm² 的稳产效应显著。但烯效唑和多效唑在胡麻生长、产量及生物酶活性等方面是否存在浓度效应还需要进一步研究。另外, 现蕾期和盛花期哪个时期喷施更佳还有待于进一步研究。

植物生长调节剂与植物体内 SOD、POD、CAT

等酶活性联系紧密。聂荫恩等^[19-20]、梁笃等^[21]、高珍妮等^[22]分别在谷子、高粱和亚麻上得出喷施多效唑后叶片 SOD 和 POD 活性提高, MDA 含量降低的结论。在本研究中, 2 个喷药时期下不同处理 SOD 含量存在显著差异, MDA、CAT 含量差异不显著, 可能与胡麻正处于生长与生殖生长交替的时段相关。随生育期的推进, 不同处理 MDA 含量呈上升趋势, CAT 含量呈下降趋势, SOD 含量有增有降, 说明植物叶片细胞中活性氧的代谢平衡正在发生改变, 细胞膜相对透性有可能增加。

选择多效唑和烯效唑 2 种以化控抗倒制剂为主的植物生长调节剂, 在河西灌区水浇地胡麻现蕾期和开花期 2 个关键时间节点开展喷施试验的结果表明, 2 种生长调节剂在胡麻现蕾期和盛花期分 2 次喷施均可以明显降低胡麻的株高和重心高度, 明显增加茎粗, 进而影响胡麻产量形成。4 个喷施植物生长调节剂的处理在胡麻现蕾期和盛花期, 平均株高较清水对照降低 15.09% 和 19.22%, 平均重心高度较清水对照降低 10.47% 和 20.18%, 平均鲜重较清水对照降低 7.73% 和 13.51%, 平均茎粗较清水对照增加 7.69% 和 13.33%, 且盛花期喷施的影响效应更加明显。现蕾期和盛花期不同处理间 CAT 含量、SOD 含量、MDA 含量均存在显著差异。随生育期的推进, CAT 含量均呈明显下降趋势; SOD 含量表现出不同的变化, 喷施烯效唑处理和对照 SOD 含量均呈上升趋势, 喷施多效唑处理均呈下降趋势; MDA 含量均呈上升趋势。综上所述, 在本试验条件下, 喷施 5% 烯效唑可湿性粉剂 1 995 g/hm² 兑水 450 kg 和 15% 多效唑可湿性粉剂 1 995 g/hm² 兑水 450 kg 效果良好, 能够在稳定

产量的同时有效地增强胡麻的抗倒伏能力, 进而有利于胡麻稳产增产。

参考文献:

- [1] 高珍妮. 油用亚麻抗倒伏特性及对栽培措施的响应[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2015.
- [2] 党占海, 赵蓉英, 王敏, 等. 国际视野下胡麻研究的可视化分析[J]. 中国麻业科学, 2010, 32(6): 305-313.
- [3] 张雯丽. 中国特色油料产业高质量发展思路与对策[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 167-174.
- [4] 朱占华. 植物生长调节剂对小麦茎秆抗倒伏能力及其产量和品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [5] 杨晶, 刘文辉, 梁国玲, 等. 高寒地区不同燕麦品系抗倒伏相关性状分析[J]. 草业学报, 2020, 29(12): 50-60.
- [6] 王丹, 丁位华, 冯素伟, 等. 不同小麦品种茎秆特性及其与抗倒性的关系[J]. 应用生态学报, 2016, 27(5): 159-165.
- [7] 杨崇庆, 曹秀霞, 张炜, 等. 叶面喷施烯效唑对旱地胡麻抗倒性和产量性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(3): 49-52.
- [8] 陈军, 叶春雷, 李进京, 等. 播种量+施肥量对水分胁迫下胡麻生长、产量及收获指数效应研究[J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(10): 139-148.
- [9] 陈军, 王立光, 叶春雷, 等. 栽培模式对甘肃旱区胡麻地土壤酶活性及胡麻产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2018(5): 42-46.
- [10] 陈双恩, 杜汉强. 亚麻抗倒伏性状分析及培土对亚麻抗倒伏的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(1): 83-88.
- [11] 陈永快, 王涛, 廖水兰, 等. 逆境及生长调节剂对作物抗逆性的影响综述[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 68-72.
- [12] 刘玄, 董宏伟, 高玉红, 等. 不同供钾水平下胡麻木质素代谢及其抗倒伏特性研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(5): 821-832.
- [13] 吴瑞香, 杨建春, 王利琴, 等. 胡麻品种(系)茎秆形态特征与抗倒伏的相关性分析[J]. 山西农业科学, 2022, 50(1): 33-40.
- [14] 张倩, 张海燕, 谭伟明, 等. 30%矮壮素·烯效唑微乳剂对水稻抗倒伏性状及产量的影响[J]. 农药学报, 2011, 13(2): 144-148.
- [15] 姜龙, 曲金玲, 孙国宏, 等. 矮壮素、烯效唑和多效唑对水稻倒伏及产量的影响[J]. 中国林副特产, 2018(2): 10-13; 18.
- [16] 何虎, 帅鹏, 尹建华, 等. 不同化控制剂对优质杂交稻泰优398抗倒伏特性的影响[J]. 杂交水稻, 2021, 36(2): 102-107.
- [17] 王耀, 孙小娟, 方子森. 多效唑叶喷施对胡麻抗倒伏能力和籽粒产量的影响[J]. 土壤与作物, 2018, 7(3): 338-348.
- [18] 曹豪. 不同药剂处理对番茄生长状况及品质的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.
- [19] 聂萌恩. 喷施多效唑对谷子生理特性和产量的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2014.
- [20] 聂萌恩, 柳青山, 白文斌, 等. 喷施多效唑对谷子生长及生理特性的影响[J]. 农学学报, 2020, 10(2): 18-23.
- [21] 梁笃, 郭琦, 周福平, 等. 烯效唑处理对高粱植株抗逆能力的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(33): 89-93.
- [22] 高珍妮, 郭丽琢, 李丽, 等. 氮肥对胡麻茎秆木质素合成酶活性及其抗倒性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(5): 610-615.

大力实施乡村振兴战略

绘制农村农业发展新蓝图