

叶面喷施烯效唑对旱地胡麻抗倒性和产量性状的影响

杨崇庆, 曹秀霞, 张 炜, 陆俊武, 钱爱萍 剡宽将
(宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000)

摘 要: 以宁亚 20 号为材料, 采用盆栽试验(2014 年)和大田试验(2015 年)相结合的方法, 研究了烯效唑对旱地胡麻抗倒性以及产量相关性状的影响。盆栽试验结果表明: 现蕾期胡麻对烯效唑反应最敏感, 现蕾期喷施一次对胡麻株高和一级分枝的降幅最为显著, 株高比对照降低 14.79 cm, 一级分枝缩短 10.75 cm。田间试验结果表明, 喷施 50 ~ 150 mg·kg⁻¹ 烯效唑, 株高随着烯效唑浓度增大逐渐降低, 其中 150 mg·kg⁻¹ 处理株高降幅最大为 16.46 cm; 茎粗、根粗、根抗折力、有效分枝数、单株果数、每果粒数、千粒重和产量均随烯效唑浓度增大整体呈现先增大后减小趋势, 其中 100 mg·kg⁻¹ 处理的产量增产幅度最大, 较对照增产 27.83%。通过产量构成因子综合分析, 现蕾期喷施 100 mg·kg⁻¹ 烯效唑, 对矮化胡麻植株和增加茎粗、单株结果数、千粒重及产量效果显著。

关键词: 胡麻; 烯效唑; 喷施浓度; 抗倒伏; 产量性状
中图分类号: S318; S565.9 **文献标志码:** A

Effect of uniconazole foliage spraying on lodging resistance and yield traits of oil-flax in arid land

YANG Chong-qing, CAO Xiu-xia, ZHANG Wei, LU Jun-wu, QIAN Ai-ping, YAN Kuan-jiang
(Guyuan Branch of Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: We conducted pot experiment (in 2014) and field experiment (in 2015) to study the effect of foliage spraying of uniconazole on lodging resistance and yield traits of oil-flax in arid land, with oil-flax cv. "Ningya20" as experimental material. Pot experiment results showed that the oil-flax was most sensitive to uniconazole in budding period, and there was a significant decrease in plant height and primary branch length of oil-flax with foliage spraying. Compared with control group, the plant height and primary branch length was reduced by 14.79 cm and 10.75 cm respectively. Field experiment results indicated that there was a negative correlation between the plant height and uniconazole concentration within the range of 50 ~ 150 mg·kg⁻¹. The treatment with 150 mg·kg⁻¹ uniconazole significant decreased the plant height, stem diameter, root diameter, anti-fracture of root, effective branch number, fruits per plant, seeds per fruit, 1000-grain weight. The treatment of 100 mg·kg⁻¹ uniconazole showed the largest effect, with an increasing yield by 27.83%.

Keywords: oil-flax; uniconazole; spraying concentration; lodging resistance; yield traits

胡麻 (*Linum usitatissimum* L.), 又称油用亚麻, 含有丰富的 α -亚麻酸 ω -3 系不饱和脂肪酸, 是 α -亚麻酸含量最高的油料作物之一, 被称为“21 世纪的功能食品”^[1], 因其具有较强的耐旱性和耐瘠薄性主要分布在华北、西北高寒干旱地区和农牧交错带, 在宁夏主要在中南部山区种植, 是宁夏主要的油料作物和抗旱避灾作物^[2]。

胡麻作为一种密植作物, 茎秆纤细柔弱而冠层较大, 在生育后期遭受大风连阴雨天气, 极易发生根倒伏, 造成产量、品质下降, 无法开展机械作业, 是制约胡麻产业发展的突出难题^[3-4]。倒伏问题也是我国胡麻高产创建中研究的热点, 近年来, 相继有学者

收稿日期: 2016-04-12 修回日期: 2017-03-20
基金项目: 宁夏自然科学基金项目 (NZ13247); 国家胡麻产业技术体系项目 (CARS-17-GW-5)
作者简介: 杨崇庆 (1982—), 男, 甘肃武威人, 助理研究员, 从事胡麻抗旱增产栽培技术研究。E-mail: nxnlkxyyq@163.com。
通信作者: 曹秀霞 (1967—), 宁夏固原人, 研究员, 主要从事胡麻新品种选育及栽培技术研究。E-mail: kyglk@126.com。

开展了胡麻抗倒伏方面的研究,其中陈双恩等^[5]研究发现通过培土等耕作措施可以显著提高胡麻的抗倒伏能力,高珍妮等^[6]研究发现适宜增施氮肥能够提高胡麻茎秆木质素合成酶活性,并增强其抗倒性,杨东贵^[7]研究发现倒伏对胡麻农艺性状、产量和品质的影响较大,抗倒伏是目前胡麻生产中亟待解决的问题。

烯效唑作为新型植物生长调节剂,由于其能够有效抑制 GAs 的生物合成,对塑造植株型、降低植株高度和提高抗倒伏能力,且具有生物活性高,使用安全等优点^[8-10],广泛应用于甜荞^[11]、中草药^[12]、水稻^[13]、大豆^[14-15]、马铃薯^[16]、油菜^[17-18]小麦^[19-21]等农作物。本研究采用盆栽试验和大田试验相结合的方法,探索研究烯效唑的施用时期、施用量对胡麻抗倒伏、株高、株型、产量的影响,进一步明确产量与烯效唑施用时期与施用量的相关性,为胡麻化控技术研究和胡麻新品系抗倒伏鉴定与评价提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验地在宁夏回族自治区固原市彭阳县古城镇挂马沟村,位于六盘山东麓,东经 106°44',北纬 35°73',海拔 1 894 m,年平均气温 7.4℃~8.5℃,无霜期 140~156 d,降水量 350~550 mm,>10℃有效积温 2 400℃,是典型的雨养农业区,雨季多集中在 6—8 月,与胡麻需水期吻合,是旱地胡麻生长的适宜区域。

1.2 试验材料、方法与设计

1.2.1 试验材料 烯效唑由郑州信联生化科技有限公司生产。种植品种为宁亚 20 号,由宁夏农林科学院固原分院胡麻课题组选育,具有较强的抗旱性和丰产性,在试验区广泛种植,是当地的主栽品种。

1.2.2 盆栽试验方法 所用塑料盆口径 28 cm,高 30 cm,试验用土为取旱地耕作层(20 cm)土壤混合过筛,每盆装土 10 kg,以每 667 m²耕作层(20 cm)土壤的重量 163 698.9 kg 计算出施入底肥磷酸二铵的量为 1.83 g,研磨水溶后施入。采用人工点播,播种深度 3 cm,每盆播种 60 粒,出苗后按 45 苗/盆定植,浇水采用渗灌法,用 500 ml 带盖的矿泉水瓶打 1.5~2.0 mm 8 个孔(瓶身自下而上的开孔数为 3:2:2,底部 1 个),装土时埋在盆中间。播种后将试验盆中土壤水分控制在 21%,出苗后土壤水分控制在 16%~18%,低于 16%时应及时补水;生长期采用称重

法定量加水,土壤水分控制在 15%~16%。

1.2.3 试验设计 盆栽试验设计:按上述试验方法播种,每三盆为一个处理,烯效唑浓度为 75 mg·kg⁻¹,分别在苗期、枞型期、现蕾期、初花期、苗期+枞型期、苗期+初花期在叶面喷施,成熟后考种测定株高、一级分枝长度。田间试验设计:试验设在彭阳县古城镇挂马沟村,采用随机区组排列法,重复三次,小区面积 12.6 m²(7 m×1.8 m),行距 15 cm,区距 30 cm,排距 50 cm,试验地周围设保护行。喷施烯效唑时选择在没有风、晴朗、露水较少的早晨喷施。烯效唑各处理浓度 0、50、75、100、125、150 mg·kg⁻¹,喷施前每小区挂牌标记生长均匀的 20 株胡麻,测量其株高,成熟后考种并测产。

1.3 主要测试指标和测试方法

1.3.1 抗倒伏指标测定方法 根部抗折力测定采用四川汇巨仪器设备有限公司生产的 YYD-1A 抗折力测定仪,该机量程 0~50 N,测量精度 0.01 N。2015 年 7 月 18 日(胡麻终花期)每个处理选取生长一致性较好的 30 株胡麻,在子叶痕向下 4 cm 处测定,重复三次。称取第一分枝处以上部位鲜重为冠重,子叶痕处至第一分枝处鲜重为茎重,两者之比即为冠茎比。用数显卡尺子叶痕向下 5 cm 处测量根粗,子叶痕向上 5 cm 处测量茎粗,重复三次。

倒伏指数^[6] = 株高(cm) × 地上部鲜重(g) ÷ 抗折力(g) × 100。

1.3.2 生物学特性和产量性状记载测定方法 在胡麻生理成熟期从试验小区中分别随机选取 30 株胡麻测定植株的株高、茎粗、单株果数、主茎分枝数、每果粒数、千粒重和单株粒重。胡麻收获后,将 3 次重复的胡麻分别脱粒,经过干燥和清选获得饱满、清洁的种子称重,计算小区的平均产量,然后换算成每公顷产量,形态特征与生物学特征参考《亚麻种质资源描述规范和数据标准》^[22]。

1.4 统计分析

试验采集数据采用 Microsoft Excel 2007 处理后,用 DPS 13.5 软件分析。

2 结果分析

2.1 烯效唑喷施时期和喷施次数对胡麻株高以及一级分枝的影响

采用盆栽试验,在胡麻不同生育期叶面喷施浓度为 75 mg·kg⁻¹的烯效唑,结果表明(图 1),在现蕾期喷施一次烯效唑株高降幅显著,比对照降低 14.79 cm,其次是苗期和现蕾期各喷施一次的处理,株高降低 9.83 cm,在苗期喷施一次的处理株高降幅最小

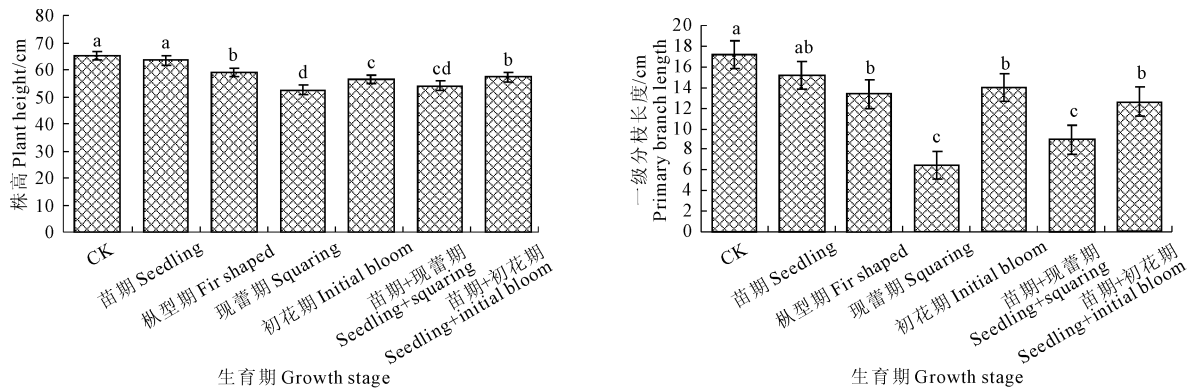


图 1 烯效唑喷施时期和喷施次数对胡麻株高和一级分枝的影响

Fig.1 Effect of spraying stage and frequency on plant height and grade branch length of oil-flax

注:数据为 3 次重复的平均值 ± 标准差,同一时期内标以不同字母的值在处理间差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Data are the mean of three replicates ± SD ($n = 3$). Different letters indicated significant difference among treatments at $P < 0.05$.

为 1.62 cm,与对照差异不显著。叶面喷施烯效唑对一级分枝影响结果与对株高影响结果基本一致,在现蕾期喷施能将一级分枝缩短 10.75 cm,一级分枝降幅由大到小的顺序为,现蕾期 (10.75 cm) > 苗期 + 现蕾期 (8.24 cm) > 苗期 + 初花期 (4.64 cm) > 枞型期 (3.83 cm) > 初花期 (3.24 cm) > 苗期 (2.03 cm),因此,胡麻对烯效唑较为敏感的生育期是现蕾期,在现蕾期喷施一次对胡麻株高和一级分枝的降幅最为显著。

2.2 不同浓度烯效唑对胡麻抗倒伏能力及其相关性状的影响

在胡麻现蕾初期,叶面喷施不同浓度烯效唑 (50,75,100,125,150 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),清水喷施作对照,在终花期测定株高、茎粗、根粗、冠茎比和根抗折力,并计算了倒伏指数,结果如表 1 所示,随着烯效唑浓度增大,株高逐渐降低,其中 150 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理降幅最大为 16.46 cm,平均降幅 11.94 cm。冠茎比随烯效唑喷施浓度增大而减小,主要原因是烯效唑对株冠

的控制作用较大,而对茎秆的影响较小造成的,冠茎比的减小,使胡麻植株重心高度降低,抗倒伏能力也随之增强。不同浓度烯效唑对茎粗、根粗、根抗折力和倒伏指数差异显著,并不呈正相关关系,而是先增大后减小,因为随着烯效唑浓度的增大,一级分枝缩短,二级分枝生长受限,功能叶减少,植株长势纤弱,产生了轻微药害。

2.3 不同浓度烯效唑对胡麻产量及其相关性状的影响

2.3.1 不同浓度烯效唑对胡麻产量的影响 由表 2 可知,与对照 ($0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 比较,其它处理均增产。随烯效唑浓度增大呈现先增大后减小的现象,增产幅度分别为 5.50% ($50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、18.23% ($75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、27.83% ($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、12.57% ($125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和 1.57% ($0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),其中 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的增产幅度最大,较对照增产 27.83%,居第一位,各处理差异显著。

表 1 不同浓度烯效唑对胡麻抗倒伏能力及其相关性状的影响

Table 1 Effects of different concentrations of uniconazole on lodging resistance and its related traits of oil-flax

喷施浓度 Spraying concentration /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	根粗/mm Root diameter	冠/茎 Corolla/stem	根抗折力(N) Anti-fracture of root	倒伏指数 Lodging index
0	55.54 ± 1.57a	0.13 ± 0.03b	0.24 ± 0.02bc	3.73 ± 0.06a	3.01 ± 0.45bc	523.83 ± 87.31a
50	48.31 ± 4.48b	0.21 ± 0.03ab	0.25 ± 0.02bc	2.69 ± 0.81b	3.48 ± 0.31b	309.70 ± 99.82b
75	46.76 ± 0.46bc	0.22 ± 0.06ab	0.31 ± 0.05a	2.44 ± 0.08bc	4.28 ± 0.15a	205.56 ± 23.97bc
100	42.48 ± 1.86cd	0.27 ± 0.09a	0.28 ± 0.02ab	2.17 ± 0.47bc	3.44 ± 0.30b	231.01 ± 5.19bc
125	41.35 ± 1.65d	0.25 ± 0.04a	0.23 ± 0.02bc	1.98 ± 0.49bc	3.25 ± 0.20bc	183.47 ± 35.99c
150	39.08 ± 0.96d	0.21 ± 0.04ab	0.21 ± 0.03c	1.74 ± 0.16c	2.78 ± 0.15c	240.58 ± 21.88bc

注:数据为 3 次重复的平均值 ± 标准差,数据后不同字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。
Note: Data are the mean of three replicates ± SD ($n = 3$). Values followed by different letters are significantly different among treatments at $P < 0.05$. The same as below.

表 2 不同浓度烯效唑对胡麻产量及其相关性状的影响

喷施浓度 Spraying concentration /(mg·kg ⁻¹)	有效分枝数 Effective branch number	单株果数 Fruits per plant	每果粒数 Seeds per fruit	千粒重/g 1000-seed weight	单株产量 Yield per plant	小区产量/kg Plot yield
0	6.44 ± 0.84a	14.15 ± 3.97c	8.00 ± 0.06a	7.14 ± 0.31b	0.65 ± 0.11bc	2.11 ± 0.02c
50	6.75 ± 0.68a	16.61 ± 1.03a	8.13 ± 0.31a	7.37 ± 0.32ab	0.73 ± 0.13bc	2.23 ± 0.05bc
75	6.76 ± 0.43a	20.35 ± 3.45ab	8.06 ± 0.64a	7.64 ± 0.52ab	0.77 ± 0.22bc	2.50 ± 0.13ab
100	7.72 ± 0.73a	24.37 ± 1.66a	8.63 ± 0.25a	8.13 ± 0.26a	1.16 ± 0.76a	2.71 ± 0.20a
125	6.84 ± 0.48a	16.27 ± 2.37bc	8.40 ± 0.87a	7.67 ± 0.37ab	0.93 ± 0.30ab	2.39 ± 0.22bc
150	6.71 ± 0.53a	14.16 ± 3.73c	8.20 ± 0.36a	7.12 ± 0.65b	0.50 ± 0.02c	2.15 ± 0.08c

2.3.2 不同浓度烯效唑对胡麻产量相关性状的影响 由表 2 可知,喷施烯效唑后,有效分枝数和每果粒数较对照均有所增加,有效分枝数较对照增幅为 4.20% ~ 19.91%,平均增幅 8.07%,每果粒数较对照增幅为 0.83% ~ 7.91%,平均增幅 3.58%。方差分析结果表明,各处理间差异不显著。单株结果数随烯效唑浓度增大,先增大后减小,处理 100 mg·kg⁻¹单株结果数为 24.37,比对照高 10.22,显著高于对照。各处理千粒重分别为 7.37、7.64、8.13、7.67 g 和 7.12 g,除处理 150 mg·kg⁻¹较对照降低外,其它处理均比对照增加,增幅分别为 3.17%、7.05%、13.86%和 7.51%。单株产量各处理差异显著,100 mg·kg⁻¹处理最高为 1.16 g,比对照高0.51 g,150 mg·kg⁻¹单株产量最低为 0.50 g,比对照低 0.15 g。在对产量构成因子综合分析比较得出,在现蕾期喷施 100 mg·kg⁻¹烯效唑处理在抑制胡麻株高生长的同时显著增加了胡麻植株的单株产量、单株结果数及千粒重,产量增加显著。

3 讨 论

在亚麻抗倒伏机理研究中,高珍妮^[6]研究认为木质素含量与 PAL、TAL、CAD、4CL、POD 酶活性及茎秆抗折力呈正相关,适宜的施氮量能够增加茎秆木质素含量,提高相关合成酶活性,从而增强了茎秆抗倒伏能力。陈双恩^[5]研究认为茎秆抗折力对倒伏程度的直接作用最大,其次为茎粗和单茎鲜重。快速生长期至现蕾期培土,可降低植株重心高度,使倒伏程度降低,产量增加。以上研究主要关注到了茎秆抗折力与胡麻倒伏的关系,但笔者认为,在生产中胡麻倒伏有两种类型,即茎倒伏和根倒伏,胡麻在快速生长期至成熟期之间都有可能因为天气原因发生不同程度的倒伏,但开花期至成熟期倒伏发生较为普遍,在遇到大风降雨天气,胡麻株冠会附着大量的雨水,超出了茎秆承重能力而发生茎倒伏。由于胡麻茎秆柔韧性较好,通常这种倒伏不会损伤胡麻的茎

秆输导组织,在天气晴好雨水蒸发后即可恢复,但是有时候会因为风向不稳定,茎倒伏的胡麻株冠分枝之间相互缠绕而不能恢复,上层胡麻的遮挡造成下层倒伏胡麻无法光合作用,胡麻产量损失严重。根倒伏是由于茎倒伏过程中造成胡麻根部维管束等输导组织损伤造成的,这种损伤由于不能恢复,对胡麻产量损失最为严重。在胡麻终花期,胡麻地上部分的鲜重处于高峰值,冠茎比最大,胡麻重心高度最高,土壤湿度大、松软、胡麻须根不发达,这种特定的环境条件下胡麻茎倒伏时最易发生根倒伏,此时,胡麻根部抗倒伏能力最差,也是本研究中选择在终花期测量根倒伏等相关指标的主要原因。

烯效唑作为一种高效植物生长调节剂,具有控高、杀菌、抗倒伏、抗徒长和提高作物产量的作用^[23],其使用方法有浸种^[24-26]、干拌种^[11,19]和叶面喷施^[18]。陈丽芬^[27]等研究认为,烯效唑能使苦荞株高明显矮化,茎粗显著增加;张倩^[13]等研究认为,使用烯效唑微乳剂,能使水稻株高和茎秆重心高度显著下降,基部节间长度缩短,茎粗增大;龚万灼等^[14]研究表明,烯效唑能降低大豆株高,增加茎粗,缩短节间长度。本研究采用叶面喷施的方法,研究结果表明,喷施烯效唑使胡麻株高明显降低,一级分枝显著缩短,这与前人的研究结果基本一致。本研究结果表明,现蕾期对烯效唑的敏感性最强,因为在该生育阶段,胡麻处于快速生长期,生长点生长激素分泌最为旺盛,这与烯效唑能够抑制生长点生长激素合成理论相符,且以 100 mg·kg⁻¹烯效唑处理在抑制胡麻株高生长的同时显著增加了胡麻植株的单株产量、单株结果数及千粒重,产量增加显著。这主要是由于该浓度下胡麻个体长势健壮,胡麻群体结构更为合理,同时喷施烯效唑后,胡麻叶片颜色浓绿,叶面积、茎粗明显增大,这与其产量增加有着密切的关系。在以后的研究中,将继续关注叶面喷施烯效唑对胡麻光合作用、茎和根的组织结构的影响,进一步明确叶面喷施烯效唑对胡麻的增产机理。

grassland soil, China[J]. Soil Science Society of American Journal, 2002, 66: 1648-1655.

[9] 徐万里,唐光木,盛建东,等.垦殖对新疆绿洲农田土壤有机碳组分及团聚体稳定性的影响[J].生态学报,2010,30(7):1773-1779.

[10] 闫靖华,张凤华.盐渍化弃耕地不同恢复年限土壤有机碳及其碳库管理指数变化[J].干旱地区农业研究,2015,2: 203-207, 213.

[11] 杨海昌,张风华,王东方,等.近 60 年玛河流域绿洲蒸散量变化趋势及其影响因素分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(7):18-23.

[12] 刘玉国,杨海昌,王开勇,等.新疆浅层暗管排水降低土壤盐分提高棉花产量[J].农业工程学报,2014,30(16):84-90.

[13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999.

[14] Prentice K C, Fung I Y. The sensitivity of terrestrial carbon storage to climate change[J]. Nature, 1990,346:48-51.

[15] 隋跃宇,张兴义,焦晓光,等.长期不同施肥制度对农田黑土有机质和氮素的影响[J].水土保持学报,2005,6(19):190-200.

[16] 张兴义,隋跃宇,于 莉.薄层农田黑土速效氮磷钾含量的空间异质性[J].水土保持学报,2002,18(4):85-88.

[17] 柳梅英,包安明,陈 曦,等.近 30 年玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对植被碳储量的影响[J].自然资源学报,2010,25(6):926-938.

[18] 赖冬梅,李志国,田长彦.干旱区棉田土壤剖面有机碳和全氮含量垂直分布特征及碳储量变化[J].中国棉花,2012,39(7): 24-28.

(上接第 52 页)

参 考 文 献:

[1] 党占海,赵 玮.胡麻产业技术[M].兰州:兰州大学出版社,2015:1-4.

[2] 安维太.宁夏油料作物[M].银川:宁夏人民出版社,2009:14-27.

[3] 田保明,杨光圣.农作物倒伏及其评价方法[J].中国农学通报,2005,21(7):111-114.

[4] 郭玉明,袁红梅,阴 妍,等.茎秆作物抗倒伏生物力学评价研究及关联分析[J].农业工程学报,2007,23(7):14-18.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 杨东贵,陆万芳.倒伏对胡麻农艺性状及品质的影响[J].甘肃农业科技,2012,(11):15-17.

[8] 潘瑞炽.植物生长延缓剂的生化效应[J].植物生理学通讯,1996,32(3):161-168.

[9] 杨文钰,樊高琼,任万军,等.烯效唑干拌种对小麦根叶生理功能的影响[J].中国农业科学,2005,38(7):1339-1345.

[10] 李玥莹,陈凤玉.水稻烯效唑浸种对秧苗影响的解剖学观察[J].中国水稻科学,2001,15(4):330-332.

[11] 刘星贝,汪 灿,胡 丹,等.烯效唑干拌种对甜荞茎秆抗倒性能的影响[J].作物学报,2016,42(1):93-103.

[12] 郜舒蕊,赵志刚,侯俊玲,等.植物生长延缓剂烯效唑对丹参植株形态及生物量分配的影响[J].中国中药杂志,2015,40(10): 1925-1929.

[13] 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.

[14] 龚万灼,张正翼,杨文钰,等.烯效唑干拌种对大豆形态特征和产量的影响[J].大豆科学,2007,26(3):369-372.

[15] 刘春娟,宋双伟,冯乃杰,等.干旱胁迫及复水条件下烯效唑对大豆幼苗形态和生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(6):222-227.

[16] 王东霞,杨宏羽,张 峰,等.甘露醇和烯效唑对培育马铃薯试管壮苗的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(4):94-100.

[17] 吴永成,倪 勇,张 川,等.烯效唑施用方式对高密度直播油菜农艺性状和产量的影响作物研究[J].作物研究,2014,28(4):354-357.

[18] 朱志武,刘雪基,陈 震,等.烯效唑对油菜植株及产量性状的影响[J].江苏农业科学,2013,41(5):77-78.

[19] 樊高琼,杨恩年,郑 亭,等.烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及子粒蛋白质品质的影响[J].生态学报,2012,32(12): 3940-3949.

[20] 杨文钰,于振文,余松烈,等.烯效唑干拌种对小麦的增产作用[J].作物学报,2004,30(5):502-506.

[21] 杨文钰,韩惠芳,任万君,等.烯效唑干拌种对小麦分蘖期间内源激素及糖氮比的影响[J].作物学报,2005,31(6):760-765.

[22] 王玉富,等.亚麻种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006:1-99.

[23] 田伯红.禾谷类作物抗倒性的研究方法 with 谷子抗倒性评价[J].植物遗传资源学报,2013,14(2):82-85.

[24] 刘传飞,金乐红,曾晓春,等.烯效唑和多效唑在大豆叶片和土壤中的降解动态比较[J].植物生理学通讯,1998,34(5):350-352.

[25] 廖尔华,丁 丽,罗延宏,等.烯效唑浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].西南农业学报,2014,27(6):2339-2344.

[26] 金喜军,张盼盼,屈春媛,等.烯效唑浸种对盐胁迫下糜子萌发和幼苗质量的调控效应[J].干旱地区农业研究,2015,33(6): 149-154.

[27] 陈丽芬,李凌飞,陈 晔.烯效唑拌种对苦荞生长的影响[J].江西农业学报,2008,20(9):38-39.