



卢环,王成,曾玲玲,等.不同浓度烯效唑浸种对绿豆生理及生长的影响[J].黑龙江农业科学,2023(8):50-57.

不同浓度烯效唑浸种对绿豆生理及生长的影响

卢环,王成,曾玲玲,于运凯,季生栋,徐婷,周超,崔秀辉

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:为提高绿豆产量,解决绿豆生产问题,以绿丰2号为试验材料,用6个浓度的烯效唑浸种,研究烯效唑对绿豆生长及苗期生理指标的影响,筛选出较适宜的3个浓度对3个绿豆品种进行田间试验,探究烯效唑浸种对绿豆生育期、根系、生长指标和产量的影响。结果发现,40 mg·L⁻¹的烯效唑浸种最为适宜,烯效唑浸种可以显著降低绿豆的株高,3个适宜浓度下株高平均降幅为6.3%、13.2%和18.6%;显著增加绿豆根重,3个适宜浓度下根重平均增加16.9%、34.4%和30.5%。烯效唑20和40 mg·L⁻¹处理能显著增加绿豆产量,产量平均增加7.1%和11.7%;并能增加绿豆的分枝、荚数、单株粒重、单株重、根长及侧根数;提高苗期保护酶(SOD和POD)的活性和叶绿素含量,减少MDA含量。

关键词:绿豆;烯效唑;浸种;生理指标;生长性状;产量

绿豆(*Vigna radiata*)具有粮食、蔬菜、绿肥和医药等用途,是中国人民的传统豆类食物^[1]。绿豆适应能力较其他作物强,对逆境环境抵抗能力也较强,对水分、土壤、光照要求都不严苛。绿豆整个生长周期较短,播种时节和区域较宽,并有

固氮养地能力,一般用作补充作物,进行轮作倒茬、间套种或填补小面积地块种植,是禾谷类作物、棉花、薯类间作套种的适宜作物和良好前茬,在农业种植结构调整和高产、优质、高效农业发展中具有其他作物不可替代的重要作用。但绿豆产量较低,是制约绿豆产业发展的主要原因。为提高产量,人们常常过量施用化肥,一旦肥力充足,绿豆营养生长过盛,株高过高,遇风雨灾害必然倒伏,无法机械收获,传统人工收获成本太高,这也是影响绿豆产业的重要原因。选择无公害可控上促下并增产的植物生长调节剂是简便快捷有效解

收稿日期:2023-04-26

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-08-Z09);齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2022044);黑龙江省农业跨越创新工程(GA21B009-09)。

第一作者:卢环(1987—),女,硕士,助理研究员,从事植物生理及杂粮育种研究。E-mail:469512007@qq.com。

通信作者:崔秀辉(1963—),女,硕士,研究员,从事杂粮育种研究。E-mail:zls1963@163.com。

Antibacterial Effects of Flavonoids from Fresh Leaves of *Nerium oleander* L. on *Rhizoctonia solani*

ZHANG Ye,ZHANG Guoliang,HUANG Zhiwei,DENG Jiangxia,LI Bianhao

(College of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

Abstract:In order to study the antibacterial activity of oleander fresh leaves flavonoids on rice blight and the mechanism of action on the cell wall and cell membrane of rice blight, different concentrations of oleander fresh leaves flavonoids were used to treat rice blight fungus to study their effects on the mycelium of rice blight bacteria. The results showed that the minimum inhibitory concentration of oleander fresh leaves flavonoids against blight blight was 4 g·L⁻¹. The scanning electron microscopy results showed that the thickness of the untreated hyphae's thickness was uniform, the surface of the hyphae was smooth and full, and the stretch was good. After the treatment of oleander fresh leaves flavonoids, the hyphae were seriously damaged, the folds were obvious, the inner concave holes were deepened, the cells were ruptured. The activities of chitinase and β-1,3 glucan enzyme were significantly induced. Flavonoids from fresh leaves of *Nerium* significantly affect the permeability of cell membrane of *Rhizoctonia solani*, and a large amount of cell contents were released, which improved the permeability of the cell membrane of pathogenic bacteria and inhibited the synthesis of ergosterol, the structural substance of the membrane, and the longer the action time, the more destructive it was. In summary, it affects its normal physiological function and provides new ideas for effectively preventing rice sheath blight.

Keywords:oleander fresh leaves flavonoids; rice blight; minimum inhibitory concentration; antibacterial mechanism

决绿豆生产问题的途径。

植物生长调节剂在自然界中广泛存在,具有可以影响植物体内逆境代谢相关生理活动的作用,能明显提高植株的抗逆性^[2-4]。烯效唑是一种安全高效且生物活性高的三唑类植物生长控制剂^[5-6],具有很强的生长调节能力,许多研究表明,烯效唑能控制植物株型、降低植株高度^[7-8]和提高抗倒伏能力^[9-10]。还可以缓解膜脂过氧化程度,增强渗透调节能力和保护酶活性,改变植物激素的含量和作用方式,使植株生命活动发生改变,最终达到抗逆、增产等一系列效果^[11-14]。烯效唑已广泛应用于小麦^[15-17]、水稻^[18]、豆类^[19-21]、马铃薯^[22]、甜荞^[23-24]、油菜^[25-26]等农作物。目前有研究表明^[27]喷施一定浓度的烯效唑可以起到矮化绿豆株高、适合机械化收获,对叶片数、叶绿素含量和单株荚数有促进作用。刘洋等^[28]研究发现,田间条件下喷施烯效唑能够增强鼓粒期绿豆叶片SOD、POD和CAT活性,提高净光合速率,显著增加单株粒数及籽粒产量。机械喷施药剂不仅增加生产成本,更会对植株造成机械伤害,基于此本试验研究烯效唑浸种对绿豆生理、生长、产量的影响,以期为解决绿豆生产问题提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

烯效唑浸种浓度初步筛选试验以绿丰2号(来自黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院)为试验材料,烯效唑采用国光品牌5%可湿性粉剂。试验仪器及用品有培养皿、容量瓶、移液枪、洗瓶、镊子、恒温培养箱、烘干箱、天平。

烯效唑浸种浓度田间鉴定试验以绿丰2号(来自黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院)、绿丰5号(来自黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院)、JLPX02(来自吉林省农业科学院)3个绿豆品种(系)为试验材料;烯效唑采用国光品牌5%可湿性粉剂。

1.2 方法

1.2.1 烯效唑浸种浓度初步筛选 试验于2022年2月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院实验室进行。本试验设置6个烯效唑浓度梯度(10, 20, 40, 100, 150和200 mg·L⁻¹)和1个清水对照。

挑选颗粒饱满、大小均匀一致的种子,放入配制好的烯效唑溶液中,浸种8 h。浸种结束后用清水冲洗3遍,放入铺有滤纸的培养皿中,每皿

30粒,种子下方盖上海纸,喷水至上下滤纸均湿润,并保持滤纸一直湿润,每个处理重复3次;在光照培养箱中培养,温度28℃,相对湿度60%,子叶长出前一直黑暗处理,子叶长出后分阶段处理,光强1500~2000 lx处理8 h,黑暗16 h。

在24 h后计数吸水膨胀率,种皮膨胀裂开即可计入;第3天记录发芽粒数,以胚根长至种子长度两倍即为发芽;第7天记录发芽粒数,测株高、鲜重、干重、下胚轴长度。然后选取长势一致的植株种植在直径15 cm的花盆里,每盆6株,在缓苗以后每盆留3株长势均匀的植株,每个处理3次重复,在植株的三叶期(三片复叶完全展开)取叶片测定叶绿素,超氧化物歧化酶(SOD),过氧化物酶(POD),丙二醛(MDA)四项指标。

1.2.2 烯效唑浸种浓度田间鉴定 试验于2022年5月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研基地进行。实验地为旱地,前茬玉米,土质为碳酸盐黑钙土,地力中等,垄宽65 cm,根据前部分试验结果选定3个浸种浓度:20, 40和80 mg·L⁻¹,设置一个清水对照。每个小区6行5 m长,每个处理3次重复。在播种前1 d对挑选好的种子浸种8 h,浸种结束后用清水冲洗3遍,晾干种子表面水分,分装在牛皮纸袋中。人工条播,出苗后株距10 cm留苗,正常田间管理。

1.2.3 测定项目及方法 采用丙酮法测定叶片光合色素含量^[29]。采用硫代巴比妥酸法测定MDA含量^[29]。采用NBT还原法测定SOD活性(氯化硝基四氮唑蓝光还原法)^[29]。采用愈创木酚法测定POD的含量^[29]。

调查各处理的生长期:出苗、初花期、结荚、成熟。

在结荚期植株生长最繁茂时期每处理及重复取植株3株测量根重、根长、侧根数及根瘤数;在成熟时期每处理及重复取3株测量分枝数、节数、株高、荚数、荚长、整单株重、单株粒重、单荚粒数、百粒重、产量。

1.2.4 数据分析 利用统计软件WPS 11.8.2.10251-Release进行数据统计分析与作图,用SPSS 17.0软件进行数据差异性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 烯效唑浸种浓度初步筛选结果

2.1.1 不同浓度烯效唑浸种对绿豆发芽时各指标的影响 在试验中发现烯效唑浸种各浓度处理

对绿豆种子的吸水膨胀率、发芽势和发芽率基本没有影响,所有处理浓度均正常吸水膨胀、发芽,只在发芽后胚轴伸长减缓,所以在表 1 中仅展示发芽后的数据。由表 1 可知,与对照相比,处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 整株鲜重均显著增加,处理 1 增加最多,处理 4 增加较小,处理 5、处理 6 较对照有减少,处理 5 与对照差异不显著,处理 6 与对照差异显著,说明较低浓度的烯效唑浸种能促进植株生长,过高浓度对植株生长有抑制作用。

与对照相比,燃效唑处理的整株干重均显著减少,其中处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 之间差异不显著,而处理 5、处理 6 显著低于其他处理,说明烯效唑浸种影响发芽期绿豆干物质的积累,处理 1~处理 4 浓度抑制作用效果接近,随着浓

度继续加大抑制作用显著增加。

与对照相比,烯效唑处理的根鲜重均显著增加,随着处理浓度的增加,根鲜重的增加呈抛物线形;根干重除处理 6 外较对照均有增加,处理 3、处理 4 根干重增加显著,说明适当浓度的烯效唑浸种能促进绿豆根的生长,并促进根干物质的积累。

与对照相比,烯效唑处理的下胚轴长度均有显著下降,并且处理浓度越大下胚轴长度越短,说明烯效唑能抑制绿豆下胚轴的生长,处理浓度越大抑制作用越强。

与对照相比,除处理 1 的鲜重根冠比外,各烯效唑处理鲜重和干重的根冠比均显著增加,说明烯效唑浸种能促进绿豆根系的生长,抑制上部的生长,处理浓度越大促进和抑制作用越显著。

表 1 不同浓度烯效唑浸种对绿豆发芽时各指标的影响

处理	整株鲜重/g	整株干重/g	根鲜重/g	根干重/g	下胚轴长度/cm	根冠比(鲜重)/%	根冠比(干重)/%
CK	2.25 c	0.31 a	0.39 e	0.06 b	4.69 a	0.17 c	0.18 e
1	3.81 a	0.22 b	0.72 c	0.07 b	1.53 b	0.19 c	0.32 d
2	3.31 a	0.19 b	0.83 b	0.08 b	1.33 c	0.25 b	0.40 c
3	3.38 a	0.22 b	1.10 a	0.10 a	1.56 b	0.33 a	0.45 b
4	2.99 b	0.21 b	1.19 a	0.11 a	1.29 c	0.40 a	0.50 a
5	2.19 c	0.17 c	0.82 b	0.08 b	1.06 d	0.37 a	0.48 a
6	1.58 d	0.13 d	0.58 d	0.06 b	0.89 d	0.37 a	0.47 a

注:数据为 3 次重复的平均值,由于幼苗较小,所以整株鲜重、整株干重、根鲜重、根干重 4 个指标均是 10 株的数据。同列数据不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.1.2 不同浓度烯效唑浸种对绿豆保护酶 SOD 和 POD 活性的影响 由图 1 可知,两种保护酶的活性均随处理浓度的增加先上升后下降,均在处理 3 活性达到最强,而后随处理浓度增加活性急剧下降,说明处理 3 的浓度对提高保护酶的活性效果最好。

SOD 活性在处理 1 较对照显著增加,在处理 2、处理 3 浓度活性增加减缓,在处理 3 浓度活性达到最强,在处理 4 活性急剧下降在处理 5 活性显著低于对照,处理 6 活性更低,说明低浓度的烯效唑能提高 SOD 活性,过高浓度影响 SOD 的活性。

在处理 1 浓度,POD 活性稍低于对照,说明处理 1 浓度过低还不能影响 POD 的活性,处理 2 的 POD 活性显著升高,处理 3 活性最强,处理 4 活性虽高于对照,但是活性呈减弱趋势,处理 5、处理 6 活性持续下降,并显著低于对照。

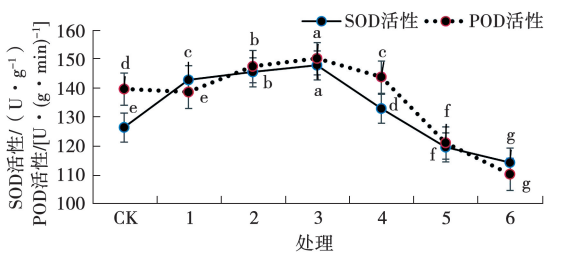


图 1 不同浓度烯效唑浸种对绿豆保护酶活性的影响 注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

2.1.3 不同浓度烯效唑浸种对绿豆 MDA 含量的影响 由图 2 可知,与对照相比较,各烯效唑处理 MDA 的含量均有减少,说明烯效唑浸种能抑制绿豆 MDA 的合成。随着烯效唑浓度的增加,MDA 含量呈先减少后增加的趋势,在处理 4 含量最低,说明低浓度的烯效唑抑制 MDA 合成的作用较强,过高的浓度抑制作用下降。

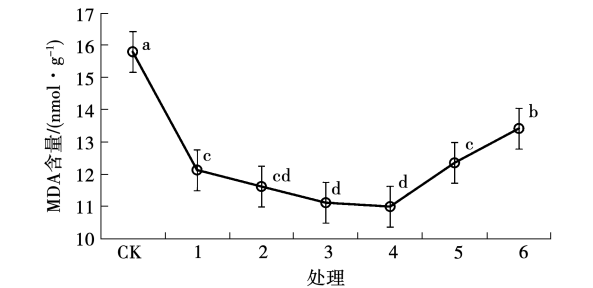


图2 不同浓度烯效唑浸种对绿豆MDA含量的影响

2.1.4 不同浓度烯效唑浸种对绿豆叶绿素含量的影响 由图3可知,烯效唑浸种对绿豆叶片类胡萝卜素含量的影响不明显,处理1、处理2、处理3较对照缓慢减少,处理6含量显著高于对照。叶绿素a和叶绿素b的含量随烯效唑处理浓度升高先增加后减少,均在处理2含量最高,叶绿素a含量在处理2后缓慢减少,叶绿素b含量在处理2后持续减少。说明烯效唑浓度在处理2时对叶绿素含量的影响最明显,高于处理2浓度时影响作用减弱或产生抑制作用。

2.1.5 烯效唑浸种浓度初步筛选结果 根据烯效唑浸种对绿豆发芽及苗期生理影响的结果,综合各生长指标发现处理2、处理3、处理4浓度作用较明显。综合各生理指标发现,在处理2、处理3、

处理4作用效果达到最明显并出现转折点。整体作用效果发现,从处理3到处理4转折较大,所以在后续大田试验将处理4(100 mg·L⁻¹)调整为80 mg·L⁻¹,大田试验采用烯效唑浓度为20,40和80 mg·L⁻¹。

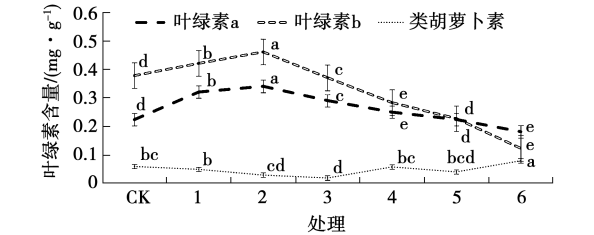


图3 不同浓度烯效唑浸种对绿豆叶绿素含量的影响

2.2 田间烯效唑浓度鉴定筛选结果

2.2.1 不同浓度烯效唑浸种对绿豆生育期的影响 由表2可知,烯效唑浸种使绿豆出苗日期稍有延后,是因为烯效唑抑制胚轴的伸长,致使幼苗出土时间稍晚;浸种使各绿豆的始花期、现荚日期均明显延后,浸种浓度越大延后时间越长;成熟期亦明显延后,浸种浓度越大,延后时间越长。说明烯效唑浸种可以延后绿豆的生育期,浓度越大,生育期延后天数越多。因此烯效唑浸种较适用于中早熟品种。

表2 不同浓度烯效唑浸种对绿豆生育期的影响

处理/ (mg·L ⁻¹)	出苗期			始花期			现荚期			成熟期		
	绿丰2号	绿丰5号	JLPX02	绿丰2号	绿丰5号	JLPX02	绿丰2号	绿丰5号	JLPX02	绿丰2号	绿丰5号	JLPX02
0(CK)	6月2日	6月2日	6月2日	7月20日	7月28日	8月1日	7月25日	8月2日	8月6日	9月5日	9月10日	9月12日
20	6月3日	6月3日	6月2日	7月22日	7月29日	8月3日	7月26日	8月4日	8月7日	9月6日	9月13日	9月15日
40	6月3日	6月3日	6月3日	7月25日	8月3日	8月6日	8月1日	8月8日	8月11日	9月9日	9月15日	9月19日
80	6月4日	6月4日	6月4日	7月30日	8月8日	8月10日	8月5日	8月14日	8月15日	9月13日	9月18日	9月23日

2.2.2 不同浓度烯效唑浸种对绿豆生长指标的影响 烯效唑浸种对绿豆各生长指标均产生显著影响,由表3可知,各品种、各指标的影响效果整体趋势相同,具体效果有所不同。

与对照相比,3个绿豆品种的分枝在3个处理浓度下均有增加,3个品种整体趋势一致,随处理浓度增加分枝数先增加后减少,均在40 mg·L⁻¹处理分枝数最大,显著高于对照。3个品种烯效唑处理下的节数较对照虽有差异但数值变化不大,影响效果不明显。

与对照相比,3个品种烯效唑处理下的荚数均有增加,绿丰2号增加最多,3个浓度分别增加

14.00,38.67和12.33个;绿丰5号分别增加4.00,4.67和3.34个;JLPX02分别增加5.66,18.33和1.33个,综合3个品种发现,在40 mg·L⁻¹处理增加均最多。

与对照相比,3个品种烯效唑处理下的荚长虽有显著变化,但变化量很小,绿丰2号3个处理均较对照显著增加,在40 mg·L⁻¹处理增加最大;绿丰5号在20和40 mg·L⁻¹处理增加,在80 mg·L⁻¹处理较对照减少;JLPX02在3个处理下较对照均稍有减少。

烯效唑浸种处理3个品种的单荚粒数指标表现不一致,绿丰2号较对照单荚粒数均有显著增

加,其中 40 mg·L⁻¹处理增加最多,结合荚长指标可以发现,荚长增加,单荚粒数也会增加;绿丰 5 号在 3 个处理下较对照均显著减少,在 40 mg·L⁻¹处理减少最多,结合荚长指标发现,绿丰 5 号和绿丰2 号表现不一致,荚长长单荚粒数可能少,这可能和品种特性有关,有荚长长但有效荚长却不

足的现象;JLPX02 在烯效唑 3 个浓度处理下单荚粒数均显著减少,和荚长指标表现一致。综合 3 个品种发现,荚长和单荚粒数两项指标息息相关,但烯效唑浸种对荚长和单荚粒数两个指标的影响效果在 3 个品种上表现不一致,影响效果或受品种特性制约,需进一步试验验证。

表 3 不同浓度烯效唑浸种对绿豆生长指标的影响

品种	处理/(mg·L ⁻¹)	分枝/个	节数/节	荚数/个	荚长/cm	单荚粒数/粒	百粒重/g
绿丰 2 号	0(CK)	2.00±0.00 cd	12.67±0.58 abcd	32.00±2.65 c	7.51±0.58 j	10.80±0.53 g	4.60±0.11 f
	20	3.67±1.15 abc	11.67±0.58 d	46.00±1.00 b	7.80±0.56 h	12.10±0.58 e	4.20±0.13 g
	40	5.00±0.00 a	12.00±1.00 cd	70.67±2.08 a	7.97±0.23 g	13.00±1.00 c	3.50±0.35 i
	80	3.00±0.00 bcd	12.33±0.58 bcd	44.33±2.52 b	7.72±0.45 i	11.20±0.89 f	3.80±0.31 h
绿丰 5 号	0(CK)	1.33±0.58 d	14.00±0.00 ab	15.33±2.08 de	9.40±0.36 f	14.40±1.53 a	5.10±0.41 e
	20	2.33±0.58 cd	13.00±0.00 abcd	19.33±1.53 de	9.56±0.55 e	12.60±0.76 d	4.70±0.15 f
	40	3.33±1.15 bc	12.33±1.15 bcd	20.00±2.00 d	9.63±0.26 d	12.20±1.15 e	5.10±0.24 e
	80	2.33±0.58 cd	13.67±0.58 abc	18.67±1.53 de	9.35±0.66 f	13.20±0.89 c	5.40±0.32 d
JLPX02	0(CK)	2.33±0.58 cd	13.67±1.15 abc	14.67±2.52 e	11.87±0.82 a	14.00±1.15 b	5.70±0.33 c
	20	3.00±1.00 bcd	14.33±0.58 a	20.33±1.53 d	11.63±0.95 c	12.90±0.58 c	6.30±0.35 a
	40	4.33±0.58 ab	13.33±0.58 abcd	33.00±2.65 c	11.61±0.74 c	12.50±0.62 d	5.90±0.21 b
	80	2.67±0.58 bcd	14.00±0.00 ab	16.00±1.00 de	11.80±0.99 b	13.10±1.00 c	6.00±0.53 b
品种	处理/(mg·L ⁻¹)	单株粒重/g	单株重/g	根长/cm	侧根数/个	根瘤数/个	
绿丰 2 号	0(CK)	7.37±0.74 j	83.33±4.53 i	18.03±0.45 de	7.33±1.15 d	9.00±1.00 b	
	20	13.90±1.53 c	166.67±10.62 e	24.67±0.96 b	9.00±1.00 cd	3.67±0.58 e	
	40	29.70±3.55 a	255.00±15.55 a	25.90±0.79 a	10.33±0.58 bc	5.33±0.58 d	
	80	9.03±1.02 h	133.33±6.37 g	23.87±0.55 b	11.67±1.15 b	4.67±0.58 d	
绿丰 5 号	0(CK)	9.07±0.99 h	118.33±7.53 h	16.33±0.76 e	11.33±1.53 bc	11.33±0.58 a	
	20	11.07±1.22 f	216.67±13.35 b	17.67±0.21 de	12.67±0.58 ab	4.00±0.00 de	
	40	11.70±1.35 d	216.67±14.76 b	20.93±1.07 c	13.00±1.00 ab	7.00±1.00 c	
	80	10.77±0.97 g	151.67±9.74 f	18.53±0.61 d	14.33±1.53 a	8.00±1.00 bc	
JLPX02	0(CK)	8.33±0.85 i	183.33±10.35 d	17.17±0.58 de	11.33±1.15 bc	2.33±0.58 f	
	20	11.63±0.73 d	200.00±11.67 c	18.00±0.50 de	11.33±0.58 bc	1.67±0.58 f	
	40	16.67±1.75 b	200.00±13.21 c	21.60±0.66 c	13.00±1.00 ab	0.67±0.58 f	
	80	11.40±1.02 e	183.33±9.78 d	21.50±1.00 c	12.33±0.58 ab	5.00±1.00 d	

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。

由表 3 可知,烯效唑浸种对 3 个品种的百粒重影响效果不一致,与对照相比,绿丰 2 号在烯效唑处理下百粒重均显著减小,分别减小 0.40, 1.10 和 0.80 g;绿丰 5 号在 20 mg·L⁻¹处理下减小 0.40 g,在 80 mg·L⁻¹处理下增加 0.30 g;JLPX02 在 3 个浓度处理下均显著增加,分别增加 0.60,0.20 和 0.30 g。

与对照相比,3 个浓度的烯效唑处理均显著增加了 3 个绿豆品种的单株粒重,绿丰 2 号的增加量分别是 6.53,22.33 和 1.66 g;绿丰 5 号的增加量分别是 2.00,2.63 和 1.70 g;JLPX02 的增

加量分别是 3.30,8.34 和 3.07 g;由 3 个品种的增加量可以发现,3 个品种均在 40 mg·L⁻¹处理下增加量最大,20 mg·L⁻¹处理下次之,80 mg·L⁻¹处理下增加量最小。

与对照相比,烯效唑处理下 3 个品种的单株重除 JLPX02 的 80 mg·L⁻¹处理外,均显著增加。绿丰 2 号的增加量分别是 83.34,171.67 和 50.00 g,在 40 mg·L⁻¹处理下增加量最大;绿丰 5 号的增加量分别是 98.34,98.34 和 33.34 g;JLPX02 的增加量分别是 16.67,16.67 和 0 g;绿丰 5 号和 JLPX02 两个品种在 20 和 40 mg·L⁻¹处理的增加

量相同,且均最高。

与对照相比,烯效唑处理下除绿丰 5 号和 JLPX02 的 20 mg·L⁻¹ 处理外,其他处理的根长均显著增加。其中绿丰 2 号的增加量分别是 6.64, 7.87, 和 5.84 cm, 在 40 mg·L⁻¹ 处理下增加量最大;绿丰 5 号的增加量分别是 1.34, 4.60 和 2.20 cm, 在 40 mg·L⁻¹ 处理下增加量最大;JLPX02 的增加量分别是 0.83, 4.43 和 4.53 cm, 在 40 和 80 mg·L⁻¹ 处理下增加量相近且最大。

与对照相比,除 JLPX02 的 20 mg·L⁻¹ 处理外,其他烯效唑处理的侧根数均有增加。绿丰 2 号和绿丰 5 号在 80 mg·L⁻¹ 处理增加最多,JLPX02 在 40 mg·L⁻¹ 处理增加最多。

各品种的根瘤数与对照相比,变化趋势不规律且不一致,除 JLPX02 的 80 mg·L⁻¹ 处理显著增加外,其余处理均显著减少,说明烯效唑浸种可

能会影响根瘤的形成。

2.2.3 烯效唑浸种对绿豆株高、根重及产量的影响 由表 4 可知,烯效唑浸种可以显著降低绿豆株高,处理浓度越大,株高降低越多,在 3 个烯效唑浓度处理下,绿丰 2 号、绿丰 5 号和 JLPX02 的平均株高较对照降比分别为 6.3%、13.2% 和 18.6%;烯效唑浸种可以显著增加绿豆的根重,在 3 个浓度处理下,3 个品种较对照的平均根重增比分别为 16.9%、34.4% 和 30.5%,处理浓度越大,根重增加越多;20 和 40 mg·L⁻¹ 处理均能够显著提高 3 个品种的产量,平均增产率达 7.1% 和 11.7%,在 80 mg·L⁻¹ 处理下,平均减产 2.8%,绿丰 2 号和绿丰 5 号产量显著下降,分别减产 4.5% 和 5.1%;JLPX02 虽增产但不显著,应是处理浓度过大,影响了生育期,致使各生育时期延后,影响产量。

表 4 不同浓度烯效唑浸种对绿豆株高、根重及产量的影响

品种	处理/ (mg·L ⁻¹)	株高/ cm	株高降比/ %	根重/ g	根重增比/ %	产量/ (g·m ⁻²)	折合产量/ [kg·(667 m ²) ⁻¹]	增产率/ %
绿丰 2 号	0(CK)	93.73±1.10 f	—	4.27±0.21 f	—	210.00±10.53 e	140.07 e	—
	20	91.40±0.53 f	2.5	5.73±0.55 e	25.6	225.00±13.67 d	150.08 d	6.7
	40	84.43±0.60 h	9.9	7.40±0.10 cd	42.3	250.00±14.55 a	166.75 a	16.0
	80	79.33±2.47 i	15.4	7.93±0.32 bc	19.0	201.00±9.67 f	134.07 f	-4.5
绿丰 5 号	0(CK)	99.17±1.61 e	—	5.67±0.32 e	—	235.00±11.67 c	156.75 c	—
	20	91.67±1.89 f	7.6	7.03±0.50 d	19.4	247.50±16.35 a	165.08 a	5.1
	40	87.30±2.21 g	12.0	8.47±0.45 ab	33.1	250.00±12.55 a	166.75 a	6.0
	80	83.33±0.76 h	16.0	8.97±0.15 a	36.8	223.5±12.62 d	148.41 d	-5.1
JLPX02	0(CK)	141.33±0.76 a	—	5.63±0.40 e	—	217.50±13.33 d	145.07 d	—
	20	129.00±2.65 b	8.7	5.97±0.12 e	5.6	240.00±15.76 b	158.41 b	9.4
	40	116.33±1.53 c	17.7	7.80±0.17 bc	27.8	250.50±16.35 a	163.42 a	13.2
	80	106.93±1.62 d	24.3	8.77±0.35 a	35.7	220.00±12.46 d	146.74 d	1.1
平均	0(CK)		—		—			—
	20		6.3		16.9			7.1
	40		13.2		34.4			11.7
	80		18.6		30.5			-2.8

3 讨论

烯效唑通过阻碍内源赤霉素的合成,延缓细胞伸长,使植株矮化,并促进根系生长。刘丽琴等^[30]研究证明烯效唑浸种可以抑制红小豆幼苗地上部伸长,促进地上部横向生长,并对红小豆根系生长有明显促进作用,浓度过大反而会产生抑制作用;韩毅强^[31]研究烯效唑通过对地上部节长、叶绿素

含量的影响,对地下部和地上部的适宜调控,从而促进大豆荚粒形成提高产量。杨崇庆等^[32]证明 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。阙仁伟等^[33]证明喷施烯效唑(100 mg·L⁻¹)不仅可以改善优质稻的茎秆形态和力学特性,提高抗倒伏能力,还能显著增加株高较高的品种的产量。本研究发现,烯效

唑浸种通过抑制下胚轴伸长进而控制株高的生长,并能促进根系发育及根系干物质的积累,显著提高根重,增强植株的抗倒伏能力,浸种浓度越大,控制株高效果越明显,促进根系生长效果越显著,但过高浓度会抑制植株的生长发育,延后植株的生育期;浸种可以增加3个绿豆品种的分枝、荚数、单株粒重、单株重、根长及侧根数,均在 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理下效果最显著;烯效唑浸种对荚长和单荚粒数两个指标的影响效果在3个品种上表现不一致,影响效果或受品种特性制约,需进一步试验验证。通过根瘤数的结果发现浸种可能会影响根瘤的形成,需继续试验进行验证。适宜浓度的烯效唑浸种可以显著提高绿豆产量,用20和 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理3个绿豆品种的平均增产率是7.1%和11.7%。

植物通过SOD、POD和过氧化氢酶(CAT)三者协同作用,使体内的氧自由基维持在较低水平,从而防止对细胞造成的伤害,减弱细胞膜过氧化程度,减少MDA的合成。梁雪莲等^[34]指出烯效唑浸种能提高SOD和POD活性,有利于清除氧自由基,从而保护膜的半透性并提高作物的抗寒能力。宁万光等^[35]研究证明高温胁迫下,烯效唑浸种处理小麦种子后,提高了SOD和POD活性,增强了小麦的抗高温能力。刘丽琴等^[30]也指出烯效唑处理可有效促进逆境胁迫下红小豆根系SOD和POD活性的提高。叶绿素是植物的重要生理指标之一,类胡萝卜素参与植物光合作用中过剩光能的耗散,发挥光保护作用,进而使植物免受光抑制的损伤^[36]。彭世勇等^[37]研究指出烯效唑能够缓解盐胁迫对番茄幼苗的危害,通过浸种施用烯效唑提高了番茄幼苗的叶绿素含量并延缓了叶绿素的降解。本研究和前人研究结果一致,较低浓度的烯效唑浸种可以提高SOD和POD两种保护酶的活性,在 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理下两种酶的活性最强,高浓度的烯效唑浸种或因抑制了植株的生长发育致使酶的活性降低;较低浓度的烯效唑浸种可以减少MDA的含量,但高浓度对MDA合成的抑制作用下降;烯效唑浸种对类胡萝卜素的含量影响不明显,在 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 烯效唑处理下叶绿素a、b含量最高,影响效果最明显。

4 结论

综合试验结果得出, $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的烯效唑溶液最适宜用于绿豆浸种。烯效唑浸种可以显著降低绿豆的株高,20、40和 $80\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 3个处理浓度下株

高平均降幅为6.3%、13.2%和18.6%;显著增加绿豆根重,3个处理浓度下根重平均增加16.9%、34.4%和30.5%;烯效唑20和 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理能显著增加产量,产量平均增加7.1%和11.7%;并能增加绿豆的分枝、荚数、单株粒重、单株重、根长及侧根数;提高苗期保护酶(SOD和POD)的活性和叶绿素含量,减少MDA含量。

参考文献:

- [1] 刘勇,叶鹏盛,韦树谷,等.中国绿豆生产现状[J].四川农业科技,2022(12):89-93.
- [2] 姜颖,赵越,孙全军,等.植物生长调节剂在植物生长发育中的应用[J].黑龙江科学,2018,9(24):4-7,11.
- [3] 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.
- [4] 陆艳,李佳,孙健,等.烯效唑生物学效用研究进展[J].大麦与谷类科学,2017,34(1):6-10.
- [5] 宫香伟,刘春娟,冯乃杰,等. S_{3307} 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.
- [6] 李琬,项洪涛,何宁,等.烯效唑(S_{3307})提高作物抗逆性研究进展[J].中国农学通报,2020,36(20):101-106.
- [7] 田伯红.禾谷类作物抗倒伏性的研究方法与谷子抗倒性评价[J].植物遗传资源学报,2013,14(2):265-269.
- [8] 曹放波,雷涛,刘宇,等.不同时期喷施生化调节剂对优质稻产量及抗倒性的影响[J].中国稻米,2021,27(5):76-78.
- [9] 项洪涛,李琬,何宁,等.苗期低温胁迫下烯效唑对红小豆根系抗寒生理及产量的影响[J].草业学报,2019,28(7):92-102.
- [10] 项洪涛,李琬,何宁,等.小豆根系对水分胁迫的生理响应及 S_{3307} 的缓解效应[J].中国农业科技导报,2022,24(9):39-49.
- [11] 胡振阳,程宏,卢臣,等.施氮量和植物生长调节剂对优质稻抗倒能力及产量的调控效应[J].江苏农业科学,2021,49(6):52-60.
- [12] 王丹丹,孔祥清,刘明,等.烯效唑对水稻抗性酶及节间长的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2022,34(2):18-22.
- [13] 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.
- [14] 王月莹,陈凤玉.水稻烯效唑浸种对秧苗影响的解剖学观察[J].中国水稻学,2001,15(4):330-332.
- [15] 樊高琼,杨恩年,郑亨,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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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]. 农药学学报, 2011, 13(2):144-148.

[19] 王景伟, 黄玉兰, 金喜军, 等. 干旱胁迫下烯效唑拌种对芸豆保护酶活性及渗透调节物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12):59-61.

[20] 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.

[21] 项洪涛, 李琬, 郑殿峰, 等. 幼苗期淹水胁迫及喷施烯效唑对小豆生理和产量的影响[J]. 作物学报, 2021, 47(3):494-506.

[22] 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.

[23] 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.

[24] 刘星贝, 吴东倩, 汪灿, 等. 喷施烯效唑对甜荞茎秆抗倒性能及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(24):4903-4915.

[25] 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.

[26] 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.

[27] 郝曦煜, 马信飞, 刘婷婷, 等. 不同时期喷施不同浓度 S3307 对绿豆农艺性状的影响[J]. 东北农业科学, 2023, 48(1):9-13.

[28] 刘洋. 烯效唑和激动素对绿豆根系建成与生长发育及产量的影响[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学, 2016.

[29] 郝建军, 康宗利. 植物生理学实验指导[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.

[30] 刘丽琴, 张永清, 李鑫, 等. 烯效唑浸种对红小豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3):64-70.

[31] 韩毅强. 赤霉素及烯效唑浸种对大豆根系及农艺性状的效应研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2018.

[32] 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, 271.

[33] 阙仁伟, 吴嘉乐, 武晶晶, 等. 烯效唑对不同株高优质稻产量和抗倒伏特性的影响[J/OL]. 杂交水稻:1-8[2023-03-17]. DOI:10.16267/J.CNKI.1005-3956.20220912.341.

[34] 梁雪莲, 杨文钰, 王引斌, 等. 烯效唑对小麦抗冷性影响的研究[J]. 山西农业科学, 2000, 28(4):14-17.

[35] 宁万光, 刘红敏, 张万平, 等. 烯效唑对小麦幼苗高温胁迫的缓解效应研究[J]. 现代农业科技, 2007(14):103-104.

[36] 李京冈. 烯效唑浸种对火棘幼苗光合特性及生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(17):5150, 5274.

[37] 彭世勇, 于艳. S₃₃₀₇浸种盐胁迫下对番茄幼苗生长和生理的影响[J]. 蔬菜, 2004(6):32-34.

Effects of Different Concentrations of Alkenazole on Physiology and Growth of Mung Bean

LU Huan, WANG Cheng, ZENG Lingling, YU Yunkai, JI Shengdong, XU Ting, ZHOU Chao, CUI Xiuhui

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In order to improve the yield of mung beans and solve the problem of mung bean production, mung beans were used as experimental materials. Six concentrations of uniconazole were soaked in seeds to study the effects of uniconazole on the growth and physiological indicators of mung beans during the seedling stage. Three suitable concentrations were selected for field experiments on three mung bean varieties to explore the effects of uniconazole soaking on the growth period, root system, growth indicators, and yield of mung beans. The results showed that soaking seeds with 40 mg·L⁻¹ of uniconazole was the most suitable; Soaking seeds with uniconazole could significantly reduce the plant height of mung beans, with an average decrease of 6.3%, 13.2% and 18.6% under three treatment concentrations; Significantly increased the root weight of mung beans, with an average increase of 16.9%, 34.4% and 30.5% under three treatment concentrations; Treatment with 20 and 40 mg·L⁻¹ of uniconazole significantly increased yield, with an average increase of 7.1% and 11.7%; And it could increase the branching, pod number, single plant grain weight, single plant weight, root length, and lateral root number of mung beans; Improve the activity of protective enzymes (SOD and POD) and chlorophyll content during the seedling stage, and reduce MDA content.

Keywords: mung bean; uniconazol; soaking seed; physiological index; growth character; yield