

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

马 爽

(黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 克山 161606)

摘要:为明确调节剂对黎小豆抗性指标影响的规律,在大田条件下,以叶面喷施烯效唑(简称 S3307)和激动素(KT)为处理,喷施清水为对照(CK),研究水渍胁迫下 S3307 和 KT 对黎小豆 LJ-1 品种的叶片生理代谢及产量的影响。结果表明:喷施 S3307 和 KT 能够在一定程度上提高黎小豆植株的叶面积指数(LAI),并且能够显著增加生育后期植株的干重。随着植株生育进程的推进,两种调节剂总体上提高了叶片中的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)的活性和脯氨酸(PRO)、蛋白质含量,并减缓了丙二醛(MDA)含量的升高。综合分析表明,叶面喷施 S3307 和 KT 可调节叶片蛋白质含量和保护酶活性,提高籽粒产量,以 S3307 处理的作用最优,KT 处理次之。

关键词:黎小豆;调节剂;产量;生理指标

中图分类号:S143.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)01-0058-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.01.0058

黎小豆起源于日本,在中国已有近百年历史。黎小豆属于小豆的一种,兼具小豆的营养特性。黎小豆中含蛋白质、脂肪、糖类、粗纤维、钙、磷、钾、铁、维生素 B₁、维生素 B₂、硫胺素、核黄素、尼克酸等物质^[1]。黎小豆是极具特色的杂粮作物,虽然杂粮在粮食安全中处于辅助地位,但由于其品种具有生长期短、耐旱耐涝等特点,在弥补自然灾害所导致的大宗粮食减产方面有着不可替代的作用,同时也是维持中国粮食供求平衡的重要组成部分^[2-4]。多年来黎小豆单产低、比较效益低是制约我国黎小豆发展的主要原因,提高单位面积产量是中国黎小豆生产的主攻目标,研究提高单产的技术至关重要。

近年来,作物化控技术在国内外作物生产中得到了广泛应用。当前,化控技术是现代农业栽培体系中一项不可缺少的农艺措施,应用化控技术可以调控作物的生长发育,调节作物体内生理过程,如运用得当,增产效果明显^[5-6]。化控栽培技术可以充分挖掘小豆生产潜力,提高单位面积产量,是实现小豆高产的一条值得探索的途径^[7-8]。有研究表明^[9-11]烯效唑能够增加大豆、水稻和玉米的植株干物质积累量和叶片可溶性蛋白含量,并且可以减少叶片丙二醛含量,具有延缓叶

片衰老的作用。商振清等^[12]研究发现,激动素能够提高小麦单位叶面积和籽粒的干物质含量。以往关于调节剂在黎小豆上的应用和研究鲜见报道。本试验将通过叶面喷施 S3307 和 KT,研究调节剂对黎小豆抗性指标影响的规律,为黎小豆优质高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年黑龙江省大庆市林甸县试验基地进行。试验田位于黑龙江省中西部,属大陆性季风气候,年大于 10℃ 积温 2 600℃ 左右,无霜期约 120 d,土壤类型为草甸黑钙土,地势平坦,肥力均匀,土壤基本养分状况(0~20 cm 耕层)为:碱解氮 136.00 mg·kg⁻¹、有效磷 13.82 mg·kg⁻¹、速效钾 205.00 mg·kg⁻¹、全氮 2.17 mg·kg⁻¹、全磷 0.43 mg·kg⁻¹、有机质 33.0 g·kg⁻¹、盐总量 0.1%,pH7.90。根据黑龙江省气象预测,2013 年全省降雨量较大,能够对作物构成水渍胁迫,为此本试验选在试验地无排涝条件,7 月下旬降雨量 118.9 mm,8 月份降雨量为 98.0 mm,黎小豆在这一阶段一直处于水渍胁迫中,所以本试验为水渍胁迫试验。

1.2 材料

供试品种为黎小豆品种 LJ-1;植物生长调节剂为植物生长延缓剂烯效唑(S3307)和植物生长促进剂激动素(KT),均由江苏农药厂提供。

收稿日期:2015-11-17

作者简介:马爽(1989-),女,黑龙江省泰来县人,硕士,研究实习员,从事栽培生理研究。E-mail: mashuang456@163.com。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验于5月26日播种,7月17日(初花期)喷施调节剂,9月17日(完熟期)收获。采用随机区组设计,密度设30万株·hm⁻²。小区面积32.5 m²,每处理设4次重复。在黎小豆初花期叶面喷施调节剂S3307和KT,S3307的喷施浓度为15 mg·L⁻¹,KT的喷施浓度为40 mg·L⁻¹,每小区使用剂量分别为1.105、0.715 mL,用水量均为565.5 mL,喷施清水为对照(CK)。在整个生育期间,适时除草并防治病虫害。

1.3.2 测定项目及方法 ①取样方法:试验于7月24日开始取样,共取5次。每次处理和对照各取20株,其中10株取下功能叶片,立即用液氮速冻30 min,然后取出置于-40℃低温冰柜内,用于生理指标的测定;另外10株用于形态指标的测定。在黎小豆成熟期各小区随机取样10株,用于产量构成因素分析。完熟期于各试验小区随机取样2 m²,用于测产。

②测定方法:叶面积指数测定采用打孔称重

法^[13],超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶的测定参照高俊凤^[14]的方法,脯氨酸、丙二醛、可溶性蛋白含量的测定参照张宪政^[15]的方法并略有改动。黎小豆产量性状采用常规方法进行测量。

小区产量计算公式:产量(kg)=密度×株粒数×株粒重(g)/1 000

2 结果与分析

2.1 调节剂对黎小豆地上部干重的影响

由图1看出,随着生育期的推进,各处理整体均呈上升趋势但略有下降。其中除8月3日外,S3307处理的植株地上部干重均极显著高于对照。8月17日、8月24日KT处理的地上部干重显著高于对照。各处理在8月17-24日,植株地上部干重均呈降低趋势,是因为这一期间叶片脱落严重所致,此时调节剂处理显著高于CK,说明水渍胁迫持续时间越长,调节剂效果越明显。

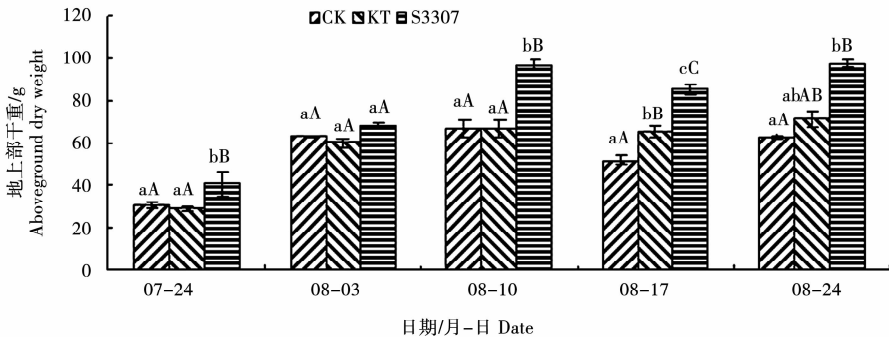


图1 调节剂对黎小豆地上部干重的影响

Fig. 1 The effect of regulator on Li adzuki bean dry weight aboveground

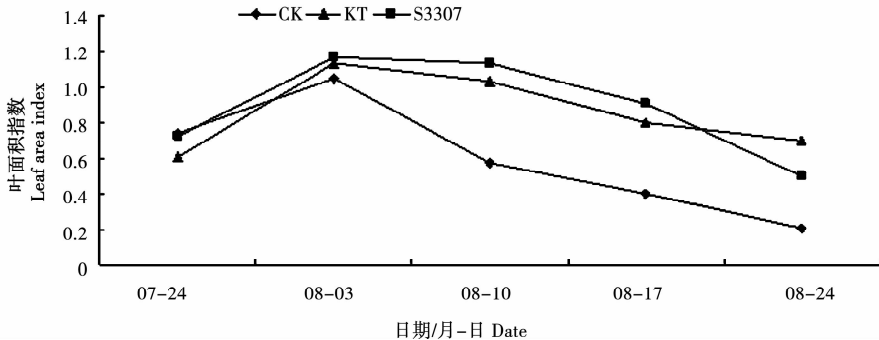


图2 调节剂对黎小豆叶面积指数(LAI)的影响

Fig. 2 The effect of regulator on Li adzuki bean leaf area index

2.2 调节剂对黎小豆叶面积指数(LAI)的影响

由图2看出,黎小豆的叶面积指数呈先增后降的趋势,7月24日(喷施后7 d)CK的LAI值

高于调节剂处理,而7月24日后,调节剂处理的叶面积指数高于CK。随着黎小豆生育进程的推进,调节剂处理与CK间的LAI值差距逐渐增

大。8月3日(花荚期)-24日(鼓粒期),调节剂处理保持了较大的 LAI 值,有利于黎小豆叶片对光合产物的积累,生成更多的同化产物向籽粒器官中分配,为黎小豆生育后期干物质积累及产量的提高奠定基础。

2.3 调节剂对黎小豆叶片可溶性蛋白含量的影响

从图 3 可以看出,调节剂处理的叶片可溶性

蛋白含量均比对照高。在 7 月 24 日和 8 月 17 日,可溶性蛋白含量表现为 $S3307 > KT > CK$,而在 8 月 3 日、8 月 10 日、8 月 24 日可溶性蛋白含量表现为 $KT > S3307 > CK$ 。经方差分析得知,除 8 月 10 日外, $S3307$ 处理和 KT 处理均与 CK 达到极显著水平。由此表明,喷施 $S3307$ 和 KT 能够提高黎小豆叶片内蛋白质的积累,提高叶片的生理活性。

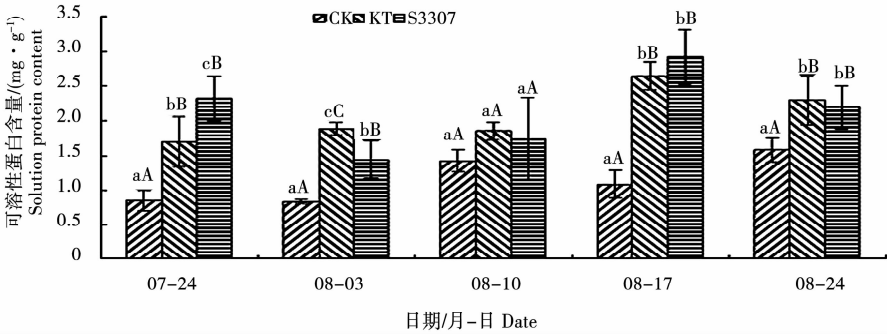


图 3 调节剂对黎小豆叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 The effect of the regulator on Li adzuki bean leaf soluble protein content

2.4 调节剂对黎小豆叶片脯氨酸(Pro)含量的影响

从图 4 可知,从整体上看,两调节剂处理的叶片脯氨酸含量要高于对照。在 7 月 24 日、8 月 10 日和 8 月 17 日各处理间变化规律一致,表现为 $S3307 > KT > CK$;8 月 3 日, KT 处理低于 $S3307$

处理和对照;8 月 24 日叶片中的脯氨酸含量表现为 $KT > S3307 > CK$, KT 处理与 CK 呈极显著, $S3307$ 处理与 CK 则不显著。 $S3307$ 和 KT 能够提高水分胁迫下的黎小豆叶片脯氨酸含量,从而增强了植株在逆境下自我保护能力。

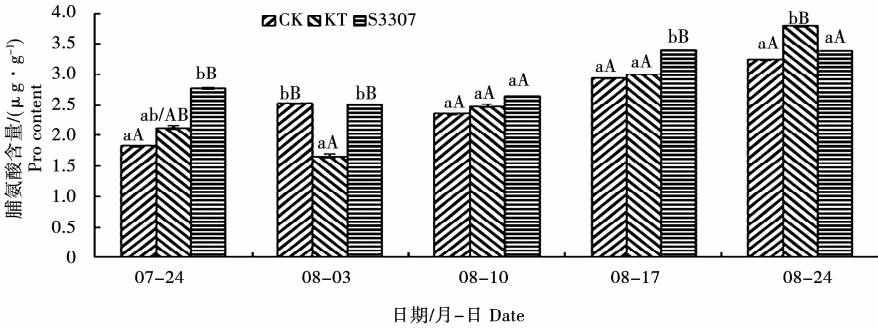


图 4 调节剂对黎小豆叶片脯氨酸含量的影响

Fig. 4 The effect of the regulator on Li adzuki bean leaf proline content

2.5 调节剂对黎小豆叶片超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性的影响

SOD 和 CAT 对植物体内过剩的自由基和过氧化物起着清除作用,能够抵御和清除活性氧,抑制膜脂过氧化,维持膜系统的稳定性^[16]。因此这些酶活性的提高可减轻和消除活性氧对细胞膜的伤害。由图 5 可知,叶面喷施 $S3307$ 和 KT 后, SOD 活性表现各不相同。整体上看, $S3307$ 处理

叶片中的 SOD 活性平稳上升到一定高度略有下降; KT 处理除 8 月 10 日外,叶片中 SOD 的活性变化规律同 $S3307$ 处理一致,呈缓慢上升后平稳下降; CK 则一直呈上升的趋势。在 7 月 24 日和 8 月 3 日 $S3307$ 和 KT 处理均显著高于 CK ,在 8 月 10 日各处理表现为 $S3307 > CK > KT$,而在 8 月 24 日则表现为 $CK > S3307 > KT$ 。在 7 月 24 日、8 月 3 日、8 月 17 日,调节剂处理显著提高了

叶片 SOD 的活性,可以减轻逆境对植株造成的 伤害。

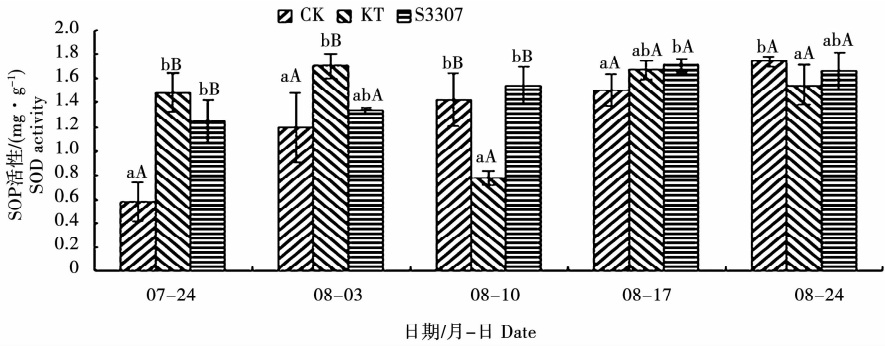


图 5 调节剂对黎小豆叶片超氧化物歧化酶的影响

Fig. 5 The effect of the regulator on Li adzuki bean leaf superoxide dismutase content

过氧化氢酶(CAT)可分解植物体内高浓度 H_2O_2 ,从而清除活性氧的毒害作用。由图 6 可以看出,S3307 处理的 CAT 活性一直呈增长趋势,KT 和 CK 处理的 CAT 活性则呈先升后降的趋势。在 7 月 24 日和 8 月 3 日各处理的 CAT 活性变化规律一致,表现为 $CK>KT>S3307$;8 月 10 日则表现为 $S3307>KT>CK$,二者分别比 CK 增

加了 29. 82% 和 44. 55%;8 月 17 日各处理的 CAT 活性变化差异不显著;8 月 24 日 S3307 处理的 CAT 活性极显著高于 KT 处理和 CK。整体来看,S3307 处理更有利于黎小豆体内活性氧的清除,进而提高黎小豆抗衰老及抵抗逆境的能力,KT 的作用次之。

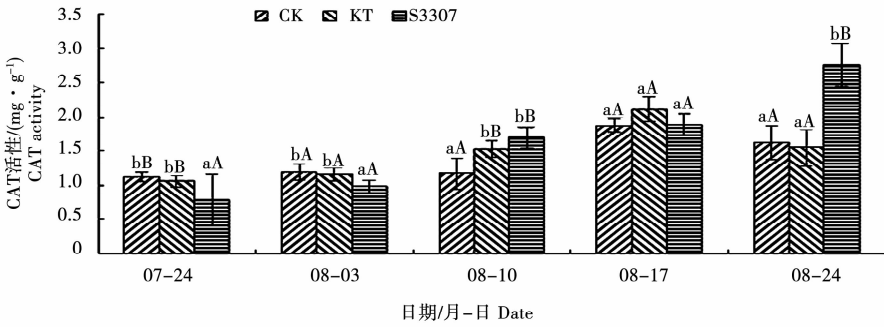


图 6 调节剂对黎小豆叶片过氧化氢酶的影响

Fig. 6 The effect of the regulator on Li adzuki bean leaf catalase content

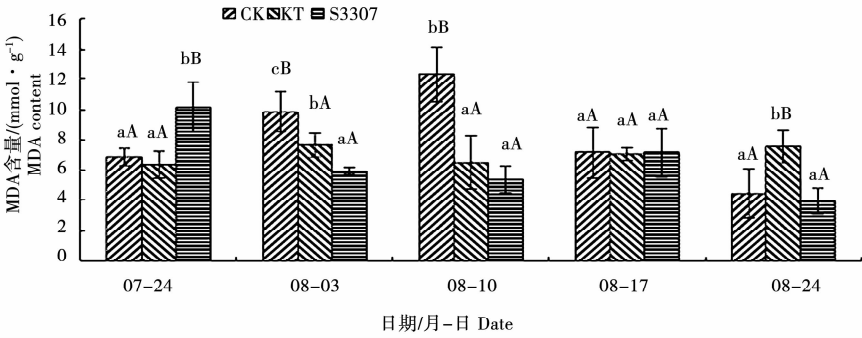


图 7 调节剂对黎小豆叶片丙二醛含量的影响

Fig. 7 The effect of the regulator on Li adzuki bean leaf malondialdehyde content

2. 6 调节剂对黎小豆叶片丙二醛(MDA)积累的影响

由图 7 可知,从整体上看,S3307 处理的

MDA 含量呈下降趋势,KT 处理变化平缓,对照则呈先升后降的趋势。在 8 月 3-10 日 3 个处理表现一致,8 月 24 日 S3307 处理和对照均有所下

降,KT 则变化不大。叶面喷施 S3307 后,在一定程度上调节了叶片 MDA 含量的变化,减弱了膜质过氧化进程。

2.7 调节剂对黎小豆产量性状的影响

由表 1 可见,在黎小豆上喷施调节剂 S3307 和 KT,均增加了株荚数、有效荚数、株粒数和株粒重,均降低了低荚高度。KT 处理的结荚节数

比 CK 增加了 14.60%,而 S3307 处理则减少了 3.03%。KT 处理的百粒重比 CK 降低 6.76%,而 S3307 处理增加了 8.33%。喷施调节剂后黎小豆的产量有不同程度的增加,以 S3307 处理增产效果明显,产量比对照增加了 36.30%,其次为 KT 处理,增产 12.77%。调节剂处理的产量与对照相比均达到极显著水平。

表 1 调节剂对黎小豆产量性状的影响

Table 1 The effect of the regulator on Li adzuki bean yield characters

处理 Treatments	底荚高 度/cm Height of lowest pod	结荚节数 Number of node with pod	株荚数 Podnumber per plant	有效荚数 Number of seeded pod	株粒数 Seeds per plant	株粒重/g Seed weight per plant	百粒重/g 100-seed weight	小区产 量/kg Yield
CK	2.75	8.90	13.87	12.87	55.83	3.71	6.36	1.90 aA
KT	0.98	10.20	15.97	14.93	64.43	4.01	5.93	2.18 bB
KT 比 CK 增加/%	-64.36	14.60	15.14	16.00	15.40	8.09	-6.76	12.77
S3307	2.42	8.63	15.13	14.40	65.33	4.24	6.89	2.64 cC
S3307 比 CK 增加/%	-12.00	-3.03	9.08	11.89	17.02	14.29	8.33	36.30

3 结论与讨论

从初花期开始保持较大叶面积有助于大豆产量的形成,叶面积指数与产量的形成呈显著正相关^[17]。张晓艳等^[18]认为初花期以后适当的提高群体的叶面积指数,可以增加干物质的积累量,从而形成更高的产量。本研究表明,黎小豆在生殖阶段的叶面积指数与产量呈显著正相关,不同处理间差异显著。喷施调节剂后黎小豆的 LAI 显著高于对照,能够很好地吸收光能,形成更多的同化产物,为黎小豆籽粒干物质积累奠定基础。本研究中,喷施调节剂后从花荚期开始保持较大叶面积,进而提高了黎小豆叶片的生理活性,从而提高了叶片的干物质积累,增强抵御水分胁迫能力,这与前人^[17-18]研究结果一致。

有研究表明烯效唑处理可提高植株的 Pro 含量和 SOD 与 CAT 等保护酶活性,降低 MDA 积累量,提高自我保护能力^[19-22]。在遭受水分胁迫时,体内自由基增多,导致膜脂中的不饱和脂肪酸双键在自由基冲击下发生过氧化作用,从而损伤生物膜^[23]。SOD 和 CAT 在清除超氧自由基、过氧化氢和过氧化物以及阻止或减少羟基自由基形成等方面起着重要作用^[24],而 MDA 含量高低则是反映细胞膜脂过氧化作用强弱和质膜破坏程度的重要指标。闫艳红等^[25]研究认为,在水分胁迫下,烯效唑对大豆浸种提高了脯氨酸(Pro)含量

和可溶性糖含量,降低了丙二醛(MDA)含量,从而降低了脂质过氧化程度,提高了保护酶的活性。本研究表明,在水分胁迫下调节剂 S3307 能够提高黎小豆叶片的可溶性蛋白、Pro 和 CAT 的含量并减少 MDA 的积累,使 SOD 含量处于平稳水平。KT 提高了黎小豆叶片的可溶性蛋白和 Pro 含量并使 MDA 含量处于较低水平。8 月 24 日 KT 处理的黎小豆叶片 MDA 含量极显著地高于 CK,此时,保护酶活性下降,渗透调节物质上升,可见 KT 对保护酶和 MDA 的调控效果不如 S3307,另外关于逆境下活性氧的清除不但 SOD, CAT 两种酶具有重要的功能,郑殿峰等^[25]研究表明,POD 也具有防御细胞活性氧毒害的功能。有研究认为:SOD、CAT、POD 是植物抗逆机制过程中清除活性氧的一套保护性酶系统^[26]。今后还应从 POD 酶活性的变化等方面对调节剂提高抗逆性的机理进行全面系统研究。本研究表明,S3307 处理在水渍胁迫条件下比 KT 处理的抗性强。

本试验在大田涝害情况下进行,试验表明,在水渍胁迫下调节剂提高了黎小豆叶片吸收营养的能力并增强了植株的抗性最终提高了产量。关于本文所选用的两类植物生长调节剂是否能够调控黎小豆内源激素的水平进而影响到抗水渍胁迫能力和产量还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 孙桂华,崔天鸣,付雪娇,等. 特色杂粮营养成分及保健功能[J]. 杂粮作物,2005(6):399-402.
- [2] 肖君泽,李益锋,邓建平. 小豆的经济价值及开发利用途径[J]. 作物研究,2005(1):62-63.
- [3] 陈永福,刘春成. 中国杂粮供求:基于局部均衡模型的结构与模拟[J]. 中国农村经济,2008(7):53-80.
- [4] 牛西午,刘作易. 中国杂粮研究[M]. 北京. 中国农业科学技术出版社,2007.
- [5] 张伟,赵婧,邱强,等. 杂交大豆生殖生长期冠层生理及产量构成特征[J]. 作物学报,2013,39(12): 2192-2200.
- [6] Qian Zhang,Lizhen Zhang,Jochem Evers,et al. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator[J]. Field Crops Research, 2014,164.
- [7] 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.
- [8] Cho S K, Abd El-Aty A M, Park K H, et al. Simple multiresidue extraction method for the determination of fungicides and plant growth regulator in bean sprouts using low temperature partitioning and tandem mass spectrometry[J]. Food chemistry., 2013,136(3): 1414-1420.
- [9] 万燕,闫艳红,杨文钰. 不同氮肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆生长和氮代谢的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2012(2):185-196.
- [10] 杨文钰,项祖芬,任万君,等. 烯效唑对水稻氮代谢及稻米蛋白质含量的影响[J]. 中国水稻科学,2005(1):65-69.
- [11] 王小春,杨文钰,陈刚,等. 喷施烯效唑对玉米叶片衰老特性和产量的影响[J]. 玉米科学,2009(1):86-88.
- [12] 商振清,李爱丽,董永华,等. 6-BA 或 KT 对水分胁迫条件下小麦旗叶光合能力及千粒重的影响[J]. 河北农业大学学报,2000(2):20-24.
- [13] 张荣霞. 不同作物多种叶面积指数获取方法对比研究[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京. 高等教育出版社,2006.
- [15] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京. 中国农业出版社,1992.
- [16] 李淑艳. 低温对黄瓜保护酶体系及相关生理指标的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2002.
- [17] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰,等. 大豆叶面积指数消长与产量关系的研究[J]. 辽宁农业科学,2003(4):13-14.
- [18] 张晓艳,杜吉到,郑殿峰,等. 大豆不同群体叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J]. 中国农学通报,2006(11): 161-163.
- [19] 闫艳红,杨文钰,张新全,等. 套作遮荫条件下烯效唑对大豆壮苗机理的研究[J]. 中国油料作物学报,2011(3): 259-264.
- [20] 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(7):1339-1345.
- [21] 姚雄,任万军,杨文钰,等. 烯效唑对水稻秧苗抵御不同类型低温胁迫能力的影响[J]. 草业学报,2008(5):68-75.
- [22] 赵黎明,郑殿峰. 不同植物生长调节剂对大豆叶片保护酶活性及同化物代谢的影响[J]. 华北农学报,2008,23(3): 106-111.
- [23] Ruchi Bansal, Jai Prakash Srivastava . Antioxidative defense system in pigeonpea roots under waterlogging stress[J]. Acta physiologiae plantarum, 2012, 34 (2): 515-522.
- [24] 郑殿峰,赵黎明,冯乃杰. 植物生长调节剂对大豆叶片内源激素含量及保护酶活性的影响[J]. 作物学报,2008, 34(7):1233-1239.
- [25] 闫艳红,李波,杨文钰. 烯效唑浸种对大豆苗期抗旱性的影响[J]. 中国油料作物学报,2009(4):480-485.
- [26] 王晓光,王岩,李兴涛,等. 低钾胁迫对大豆叶片膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J]. 中国油料作物学报,2010, 32(4):512-517.

Effect of Regulator on Li Adzuki Bean Mechanism and Yield Formation

MA Shuang

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan, Heilongjiang 161606)

Abstract: In order to explore the effect of regulator on the adzuki bean resistant index, under field conditions, by spraying water on the leaf as CK, spraying on the leaf material by using azole (S-3307) and kinetin (KT) for processing, the effect and mechanism of S-3307 (S) and KT on Li adzuki bean yield formation were studied. The results showed that spraying S and KT could improve LAI value of Li adzuki bean plant to a extent, increasing dry matter weight of the plant significantly. As the extension of time, spraying two regulator could improve the activity of SOD, CAT, Pro and protein content in the leaf, the increasing of the MDA content was slow. The treatment S was better than KT. Comprehensive analysis showed that spraying on the leaf with S-3307 and KT could adjust protein content and physiological functions of protective enzyme, increasing the yield of seed.

Keywords: Li adzuki bean; regulator; yield; mechanism