

胡志辉,汪艳杰,陈 高,等. 细胞分裂素对豇豆花荚脱落及叶绿素荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):105-108.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.029

细胞分裂素对豇豆花荚脱落及叶绿素荧光特性的影响

胡志辉,汪艳杰,陈 高,陈祥友

[江汉大学生命科学学院/湖北省豆类(蔬菜)植物工程技术研究中心,湖北武汉 430056]

摘要:在喷施细胞分裂素烯腺·羟烯腺条件下,测定柳翠、早翠、矮虎、美国地豆这 4 种豇豆叶片的荧光动力学、光谱仪参数,统计其落花率,以研究细胞分裂素对豇豆花荚脱落及叶绿素荧光特性的影响。结果表明,以荧光动力学、光谱参数等 18 个指标为自变量,落花率为目标性状进行逐步回归分析,可得方程为 $Y = 363.5777 - 926.7439X_6 - 0.1868X_9 - 522.9190X_{16} - 4295.5729X_{17}$,其中, X_6 、 X_9 、 X_{16} 、 X_{17} 分别代表非光化学猝灭系数 N_{PQ} 、基础荧光 F_0 、光化学反射指数 PRI、花青素的光谱反射指数 ARII,其落花率方程拟合值与实际观测值误差相对较小;喷施细胞分裂素的柳翠、早翠、矮虎、美国地豆花荚脱落率分别比不喷药的降低 33.62%、15.23%、2.59%、10.96%。

关键词:豇豆;荧光;光谱;落花率;花荚;相关分析

中图分类号: S643.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)05-0105-03

通常情况下,农作物可以发射各种波长的电磁波,并对外界电磁辐射发生一定的吸收和反射。近年来,随着遥感技术的发展,农作物对电磁波发射与反射的光谱特征研究逐步发展起来^[1]。将绿色植物或含有叶绿素的组织暗适应一段时间后,进行可见光激发,经荧光计检测发现,植物绿色组织会发出一种微弱、强度不断变化的荧光信号,称为植物体内叶绿素 a 荧光诱导动力学^[2]。叶绿素荧光动力学在光能吸收、传递、耗散、分配等方面具有很大的作用,是研究植物光合生理状况及植物与逆境胁迫关系的理想技术^[3],用高光谱遥感技术监测作物光合色素和叶绿素荧光参数具有很好的可行性。Evain 等研究认为,葡萄叶片荧光参数 N_{PQ} 与反射光谱参数 PRI 具有良好的相关性^[4];Winkel 等研究表明,奎奴亚藜叶片反射光谱指数 PRI 能准确监测叶片叶绿素荧光参数 F_v/F_m ^[5];朱艳等认为,小麦顶部 4 张叶片叶绿素荧光参数和反射光谱特征之间相关性极好^[6];陈兵等发现,棉花黄萎病叶片光谱反射率和叶绿素荧光特性之间有很好的相关性^[7]。

大豆开花初期至盛花期,花荚大量形成,需要大量的营养物质,如果养分供应不足,植株花荚的脱落会明显增加^[8]。豇豆在进入营养生殖期,开花结荚的同时会继续进行茎叶的生长、根系和根瘤的形成。开花结荚前期如营养生长过旺,就会导致叶与花、花与花、荚与荚之间争夺养分,产生落花、落荚现象;开花结荚后,若植株生长状况差,营养不良,也会产生落花、落荚现象。化学调控技术是应用植物生长调节剂调节作物的生长发育,使其朝着人们预期的方向发展^[9],如喷施烯效唑能有效防止大豆徒长、减少花荚脱落^[10]。宋莉萍等认为,初花期对大豆喷施植物生长调节剂,能够减少大豆花的脱

落,喷施 2,4-D 能够提高花荚的数量,喷施 6-BA、TIBA、尿素能够降低植株的脱落率,显著提高产量^[11-15]。在喷施细胞分裂素条件下,研究植物叶片的光谱参数、荧光参数变化,可以了解植物光合系统的光能吸收、转换和利用效率,能够探明细胞分裂素对植物的作用机制^[16]。

海南博士威能农用化学有限公司研制一种的植物细胞分裂调节剂,其活性成分为烯腺嘌呤、羟烯腺嘌呤,总有效成分含量为 0.004%,能刺激植物细胞分裂,促进叶绿素形成,增强植物光合作用,具有促进生长、提早成熟、催花保果、增加产量等作用,但其增产的机制是否与减少大豆花荚脱落有关还不清楚。本试验以通过国家审定、适合在湖北种植的柳翠、早翠、矮虎、美国地豆这 4 种豇豆品种为材料,喷施植物生长调节剂烯腺·羟烯腺,研究其对豇豆落花率的影响,探讨其调节生理机制,为豇豆高产栽培体系的建立提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

鄂豇豆 6 号——柳翠、鄂豇豆 2 号——早翠、鄂豇豆 7 号——矮虎、美国地豆,均由湖北省豆类(蔬菜)工程技术研究中心提供。柳翠豇豆,植株蔓生,生长势强,分枝少,持续结荚能力强,单株结荚约 14 个;早翠豇豆,植株蔓生,生长势旺,无分枝或 1 个分枝,始花节位 3~4 节,荚浅绿色,长圆条形,早熟;矮虎豇豆,短蔓型早熟,植株生长势强,分枝较多,茎粗壮,节间短,适于爬地栽培。

1.2 试验设计

试验于 2013 年 8 月 22 日在湖北省豆类(蔬菜)植物工程技术研究中心基地进行,深沟高畦,畦面平整,畦宽 1.33 m;按照最适宜密度种植,每畦种植 2 行,穴距 25 cm,每穴 2 株,小区面积为 6.65 m²,随机排列,重复 3 次;按照常规栽培技术进行田间管理,现蕾期,叶面喷施细胞分裂素烯腺·羟烯腺,以喷等量的清水作为对照;分别于初花期、盛花期、盛荚期、终收期,即喷施细胞分裂素后 7、14、28、42 d 测定光谱仪和叶绿素荧光仪等相关参数,并在采收后以小区实际产量进行折算。

收稿日期:2016-01-30

基金项目:农业部“948”计划(编号:2011-G1-17);湖北省科技平台项目(编号:鄂科技通[2011]第 101 号);武汉市科技计划(编号:201250499145-12);2014 年武汉市黄鹤英才(农业)计划。

作者简介:胡志辉(1973—),男,湖北武汉人,高级实验师,主要从事植物生理生化实验教学和研究。E-mail: huzhihui@jhun.edu.cn。

1.3 测定内容

1.3.1 荧光动力学参数 采用德国 WALZ 生产的 Monitoring - PAM 型多通道连续监测荧光仪,于 09:00 晴空或少云时,在观测植被群体中挑选有代表性的 3 张叶片,按顺序进行标记;暗适应 15 min,测定激光激发的叶绿素荧光参数,取平均值。测定项目有暗适应下的光合有效辐射 PAR (X_1)、光化学转化能量的比例即 PS II 实际量子产量 $Y(II)$ (X_2)、光化学淬灭系数 q_P (X_3)、 q_N (XX_4)、 q_L (X_5)、非光化学猝灭系数 N_{PQ} (X_6)、PS II 处非调节性能量耗散的量子产量 $Y(NO)$ (X_7)、PS II 处调节性能量耗散的量子产量 $Y(N_{PQ})$ (X_8)、基础荧光 F_0 (X_9)、最大荧光 F_m (X_{10})、PS II 原初光能转化效率 F_v/F_m (X_{11})。

1.3.2 光谱仪参数 与叶绿素荧光参数测定同步,采用波段范围为 400 ~ 1 000 nm 的 CI-710 型植物叶片光谱仪,于晴天 09:00—11:00 测定不同波段下叶片的光谱反射率,计算各光谱参数,主要有类胡萝卜素反射指数 CRII (X_{12})、绿色归一化差值植被指数 CNDVI (X_{13})、归一化差值植被指数 NDVI (X_{14})、叶片水势 WBI (X_{15})、光化学反射指数 PRI (X_{16})、花青素的光谱反射指数 ARII (X_{17})、类胡萝卜素与叶绿素比值即植被衰老反射率指数 PSRI (X_{18}) (表 1)。测定时,叶片平放,测定叶片朝向一致,每次测定 3 张叶片,取平均值。

1.3.3 落花期 为减少外界环境条件的影响,每小区定点取 8 株豇豆,于豇豆开花后,每天调查豇豆的开花数、长度达到 0.01 m 的幼荚数;1 个生育周期结束,参照胡志辉等方法计算落花期^[17]。

表 1 光谱参数相应的计算公式

参数缩写	计算公式
CRII	$1/D_{510\text{ nm}} - 1/D_{550\text{ nm}}$
CNDVI	$(D_{750\text{ nm}} - D_{705\text{ nm}})/(D_{750\text{ nm}} + D_{705\text{ nm}})$
NDVI	$(D_{800\text{ nm}} - D_{680\text{ nm}})/(D_{800\text{ nm}} + D_{680\text{ nm}})$
DBI	$D_{900\text{ nm}}/D_{970\text{ nm}}$
PRI	$(D_{531\text{ nm}} - D_{570\text{ nm}})/(D_{531\text{ nm}} + D_{570\text{ nm}})$
ARII	$1/D_{550\text{ nm}} - 1/D_{700\text{ nm}}$
PSRI	$(D_{680\text{ nm}} - D_{500\text{ nm}})/D_{750\text{ nm}}$

1.4 数据分析

以荧光动力学、光谱参数 18 个指标为自变量,以落花期 (Y) 为目的性状,采用 DPS 7.05 软件进行相关性回归分析。

2 结果与分析

2.1 相关性分析

由表 2 可见,PAR 与 q_N 、 N_{PQ} 、 $Y(N_{PQ})$ 呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.82、-0.82、-0.84,与 F_m 呈极显著正相关,相关系数为 0.99; $Y(II)$ 与 $Y(NO)$ 呈极显著负相关,相关系数为 -0.98,与 q_P 、 $Y(N_{PQ})$ 呈显著相关,相关系数分别为 0.80、-0.77; q_N 与 N_{PQ} 、 $Y(N_{PQ})$ 、 F_m 呈极显著相关,相关系数分别为 1.00、0.96、-0.86; N_{PQ} 与 $Y(N_{PQ})$ 、 F_m 呈极显著相关,相关系数分别为 0.95、-0.85; $Y(N_{PQ})$ 与 F_m 呈极显著负相关,相关系数为 -0.88; $CNDVI$ 与 $ARII$ 呈极显著正相关,相关系数为 0.95; $NDVI$ 与 $PSRI$ 呈极显著负相关,相关系数为 -0.92。

表 2 光谱、荧光参数与落花期相关性

相关系数	PAR	Y(II)	q_P	q_N	q_L	N_{PQ}	Y(NO)	Y(N_{PQ})	F_0	F_m	F_v/F_m	CRII	CNDVI	NDVI	WBI	PRI	ARII	PSRI	落花期
PAR	1.00																		
Y(II)	0.60	1.00																	
q_P	0.28	0.80*	1.00																
q_N	-0.82**	-0.61	-0.44	1.00															
q_L	0.15	0.53	0.71*	-0.45	1.00														
N_{PQ}	-0.82**	-0.60	-0.47	1.00**	-0.44	1.00													
Y(NO)	-0.51	-0.98**	-0.73*	0.54	-0.57	0.52	1.00												
Y(N_{PQ})	-0.84**	-0.77*	-0.58	0.96**	-0.55	0.95**	0.72*	1.00											
F_0	0.62	0.37	0.57	-0.53	0.20	-0.58	-0.19	-0.53	1.00										
F_m	0.99**	0.61	0.32	-0.86**	0.22	-0.85**	-0.52	-0.88**	0.64	1.00									
F_v/F_m	0.43	0.22	-0.41	-0.21	-0.25	-0.15	-0.30	-0.25	-0.41	0.39	1.00								
CRII	-0.30	0.03	0.26	0.17	0.52	0.15	-0.09	0.17	-0.16	-0.32	-0.29	1.00							
CNDVI	0.39	-0.04	-0.29	-0.50	-0.41	-0.49	0.10	-0.35	0.11	0.39	0.33	-0.74*	1.00						
NDVI	-0.22	-0.19	-0.05	-0.20	0.26	-0.22	0.15	-0.01	-0.23	-0.23	-0.17	0.55	0.12	1.00					
WBI	-0.23	0.30	0.30	-0.08	0.40	-0.08	-0.39	-0.10	-0.32	-0.27	-0.03	0.42	-0.04	0.61	1.00				
PRI	0.09	0.46	0.67*	-0.02	0.71*	-0.04	-0.47	-0.19	0.32	0.08	-0.32	0.66	-0.77*	-0.05	0.27	1.00			
ARII	0.33	0.05	-0.19	-0.53	-0.22	-0.52	-0.04	-0.40	0.00	0.31	0.33	-0.58	0.95**	0.31	0.27	-0.64	1.00		
PSRI	0.18	0.29	0.19	0.07	-0.09	0.10	-0.25	-0.13	0.22	0.22	0.10	-0.66	0.03	-0.92**	-0.39	0.02	-0.08	1.00	
落花期	-0.40	-0.10	-0.21	0.39	0.13	0.43	-0.04	0.34	-0.68*	-0.37	0.28	0.53	-0.59	0.08	0.00	0.12	-0.55	-0.25	1.00

注:数据后上标“**”、“*”分别表示相关性达到 0.01 显著水平、0.05 显著水平。

2.2 光谱、荧光参数与落花率的多元回归与通径分析

以荧光动力学、光谱参数 18 个指标为自变量,落花率为目标性状进行逐步回归分析,得到回归方程为 $Y = 363.5777 - 926.7439X_6 - 0.1868X_9 - 522.9190X_{16} - 4.2955729X_{17}$,其

中, X_6 、 X_9 、 X_{16} 、 X_{17} 分别代表 N_{PQ} 、 F_0 、PRI、ARII,该方程剩余标准差 S 为 2.204,调整后的相关系数为 0.9904,决定系数为 0.99184,剩余通径系数为 0.09035。显著性检验结果表明,回归方程方差达到显著水平 ($P = 0.0167$)。为进一步确定

各参数对落花率影响及直接、间接作用的大小,对豇豆落花率极显著相关的 4 个指标进行通径分析,由表 3 可见,对落花率直接作用从大到小依次为 $ARI_{II} > F_0 > N_{PQ} > PRI$, ARI_{II} 、 F_0 对目标性状的直接通径系数分别为 $-1.233\ 0$ 、 $-1.053\ 9$,这 2 个自变量对落花率的直接负向影响力较高,而 N_{PQ} 、 PRI 对落花率的直接通径系数分别为 $-0.839\ 6$ 、 $-0.374\ 8$,均相对较小;间接通径系数中, PRI 通过 ARI_{II} 的间接通径系数大于其直接通径系数,说明 PRI 对落花率的影响主要是通过 ARI_{II} 发生的。

表 3 光谱、荧光参数与豇豆落花率的通径分析

因子	直接效应	间接效应			
		N_{PQ}	F_0	PRI	ARI_{II}
N_{PQ}	$-0.839\ 6$		$0.615\ 5$	$0.015\ 9$	$0.642\ 8$
F_0	$-1.053\ 9$	$0.490\ 3$		$-0.118\ 5$	$0.000\ 8$
PRI	$-0.374\ 8$	$0.035\ 5$	$-0.333\ 1$		$0.791\ 1$
ARI_{II}	$-1.233\ 0$	$0.437\ 7$	$0.000\ 7$	$0.240\ 5$	

2.3 回归方程对落花率的拟合效果

喷施细胞分裂素前后统计 4 种豇豆的落花率,并用回归方程拟合落花率,计算拟合误差。由表 4 可见,柳翠、早翠、矮虎、美国地豆这 4 种豇豆落花率拟合值与实际观测值的误差相对较小。因此,可采用回归方程快速拟合豇豆的落花率。

表 4 回归方程拟合落花率的相对误差

品种名称	处理	落花率(%)		
		观测值	拟合值	误差
柳翠	喷药	39.16	39.292 9	$-0.132\ 9$
	不喷药	58.99	60.779 7	$-1.789\ 7$
早翠	喷药	41.48	39.691 5	$1.788\ 5$
	不喷药	48.93	49.936 6	$-1.006\ 6$
矮虎	喷药	72.17	72.070 5	$0.099\ 5$
	不喷药	74.09	73.246 3	$0.843\ 7$
美国地豆	喷药	71.48	73.169 8	$-1.689\ 8$
	不喷药	80.28	78.392 6	$1.887\ 4$

2.4 喷施细胞分裂素后对豇豆落花率的方差分析

由表 5 可见,喷施细胞分裂素的各豇豆品种,其落花率均明显低于各自不喷药处理,喷药柳翠、早翠、矮虎、美国地豆的花荚脱落率分别比不喷药降低 33.62%、15.23%、2.59%、10.96%。喷施细胞分裂素的各豇豆品种落花率平均为 56.07%,未喷药的花荚脱落率平均为 65.57%,花荚脱落率比喷药的降低 14.27%,方差分析表明,差异达极显著水平,这说明喷施细胞分裂素对豇豆落花率的降低有一定效果。

3 结论与讨论

花荚脱落是豇豆生长过程中的普遍现象。植物器官脱落除受环境因素影响外,还受植物体内在因素如基因表达、内源激素代谢、养分、能量供应等的影响。光合特性遥感监测研究比较关注植物光合速率、蒸腾作用与光谱特性的关系^[18]以及利用叶片反射光谱监测叶片叶绿素的荧光参数^[4],很少有将光谱参数、荧光仪参数与落花率结合在一起研究。本试验表明,喷施植物细胞分裂素在一定程度上降低了豇豆的落花率;非光化学猝灭系数 N_{PQ} 、基础荧光 F_0 、光化学反射指数 PRI 、

表 5 喷施细胞分裂素对豇豆花荚脱落率的影响

品种名称	处理	豇豆花荚脱落率(%)
柳翠	喷药	$39.16 \pm 0.95Ee$
	不喷药	$58.99 \pm 3.96Cc$
早翠	喷药	$41.48 \pm 0.37DEe$
	不喷药	$48.93 \pm 1.63Dd$
矮虎	喷药	$72.17 \pm 0.53Bb$
	不喷药	$74.09 \pm 0.60ABb$
美国地豆	喷药	$71.48 \pm 1.61Bb$
	不喷药	$80.28 \pm 1.18Aa$

注:同列数据后标注不同大写、小写字母,分别表示处理间差异达到极显著($P < 0.01$)、显著水平($P < 0.05$)。

花青素的光谱反射指数 ARI_{II} 这 4 个指标与落花率水平有明显的相关性。 N_{PQ} 为叶绿体吸收的光能以热能形式耗散的部分,在强光条件下可以保护 $PS\ II$ 的结构,反映植物耗散过剩光能为热能的能力。光系统通过热耗散消耗 $PS\ II$ 吸收的过多光能,从而保护 $PS\ II$ 反应中心免受光氧化和光抑制伤害。 F_0 减少表明天线色素的热耗散增加, F_0 增加表明 $PS\ II$ 反应中心受到不易逆转的破坏。光化学反射指数为叶片光能利用率的估算提供了一种有效的方法,当落花率低时,可能会造成光化学反射指数和光能利用率之间关系的削弱。光化学反射指数 PRI 一般是被用来估测类胡萝卜素循环、植物光合状态及类胡萝卜素/叶绿素的比值。 PRI 对活植物的类胡萝卜素变化非常敏感,类胡萝卜素可标志光合作用光的利用率,可应用于研究植被的生产力、胁迫性及农作物的衰老。李运丽等认为,强光条件下叶片可以诱导花青素的大量合成,提高 $PS\ II$ 最大光化学效率 F_v/F_m 来适应强光环境,弱光条件下抑制花青素的合成以维持正常生长^[19]。 ARI_{II} 是花青素的光谱反射指数,花青素的合成与遗传、环境有密切关系,光照是影响花青素合成的重要因子,花青素可反射和吸收部分太阳光,以减弱到达叶绿体的光照度,从而保护叶绿体免受强光的伤害,减轻光抑制。豇豆花荚的脱落是多种因素共同调控的生理过程,多种激素会对其产生影响,本试验虽然取得一定进展,但一些物质对通路的调控机制并不清楚,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 张宏名. 农田作物光谱特征及其应用[J]. 光谱学与光谱分析, 1994, 14(5): 25-30.

[2] 郭春芳, 孙云. 叶绿素荧光动力学在植物抗性生理研究中的应用[J]. 福建教育学院学报, 2006(7): 120-123.

[3] 林世青, 许春辉, 张其德, 等. 叶绿素荧光动力学在植物抗性生理学、生态学和农业现代化中的作用[J]. 植物学通报, 1992, 9(1): 1-16.

[4] Evain S, Flexas J, Moya I. A new instrument for passive remote sensing; 2. Measurement of leaf and canopy reflectance changes at 531 nm and their relationship with photosynthesis and chlorophyll fluorescence [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91(2): 175-185.

[5] Winkel T, Methy M, Thenot F. Radiation use efficiency, chlorophyll fluorescence, and reflectance indices associated with ontogenic changes in water-limited *Chenopodium quinoa* leaves [J]. Photosynthetica, 2002, 40(2): 227-232.

[6] 朱艳, 田永超, 马吉锋, 等. 小麦叶片叶绿素荧光参数与反射光谱特征的关系[J]. 作物学报, 2007, 33(8): 1286-1292.

马绍璠,田红梅,王明霞,等. 仲丁灵对西瓜腋芽细胞膜透性和防御酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):108-110.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.030

仲丁灵对西瓜腋芽细胞膜透性和防御酶活性的影响

马绍璠,田红梅,王明霞,严从生,王朋成,方凌,张其安

(安徽省农业科学院园艺研究所,安徽合肥 230031)

摘要:研究化学抑制剂仲丁灵的抑芽机制,为西瓜省力化栽培提供科学依据。采用稀释 70 倍的 37.3% 仲丁灵乳油对西瓜腋芽进行涂抹,研究仲丁灵对西瓜腋芽细胞膜通透性、各种防御酶活性的影响。通过使用化学抑芽剂仲丁灵,西瓜腋芽的细胞膜通透性发生了改变,施药后 7 d 过氧化物酶(POD)活性(鲜质量)达到最大值,为 5 441.09 U/(g·min),SOD 活性(鲜质量)在施药后 14 d 也达到峰值,为 140.49 U/g,PPO、PAL 活性(鲜质量)分别在施药后 21、14 d 达到最大值,分别为 596.60 U/(g·min)、86.83 U/(g·h)。4 种防御酶活性高峰出现在处理的不同时间,使西瓜腋芽生长得到了一定的抑制。由结果可知,防御酶的活性和细胞膜通透性可作为研究仲丁灵抑制西瓜腋芽生长机制的指标。

关键词:仲丁灵;西瓜腋芽;膜透性;防御酶活性

中图分类号:S482.8+92

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2017)05-0108-03

在西瓜生产过程中,须要人工摘除腋芽,费时费工。仲丁灵属低毒农药,目前国内较多用于抑制烟草腋芽和芽前土壤除草^[1],由于施药期与作物收获期相隔时间较长,且按推荐剂量施药后 60 d 在土壤中消解率达 90% 以上^[2],因此收获时作物或土壤中的仲丁灵残留含量相对较低,且对作物安全。目前,关于仲丁灵对西瓜腋芽生长的抑制机制尚未见报道。本试验采用化学抑芽剂仲丁灵对西瓜腋芽进行处理,对不同时腋芽的细胞膜通透性和各种防御酶活性进行动态分析,

以期能为化学抑芽剂仲丁灵抑芽机制的研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试西瓜品种选用安徽省农业科学院园艺研究所自主育成的优质西瓜品种秀丽,供试药剂为 37.3% 仲丁灵乳油,试验于 2016 年 6—7 月在安徽省农业科学院园艺研究所蔬菜育种试验地进行。

1.2 试验设计

以秀丽西瓜为试验材料,通过浸种、催芽后,采用 72 孔穴盘基质育苗,于 3 叶 1 心时定植。待定植后主蔓开始出现腋芽时,于晴天 16:00 以后采用笔涂法对西瓜腋芽涂抹 37.3% 仲丁灵乳油 70 倍液,每株用药液量 10~15 mL,以无菌水为对照。每个处理 4 次重复,共 8 个小区,每个小区定植 30 株,小区面积 15 m²,随机区组排列。

收稿日期:2016-09-13

基金项目:安徽省农业科学院院长青年创新基金(编号:16B0305、15B0325);安徽省农业科学院学科建设项目(编号:15A0328)。

作者简介:马绍璠(1978—),男,安徽太湖人,硕士,农艺师,研究方向为蔬菜及西甜瓜遗传育种与育苗。E-mail:msj863@126.com。

通信作者:严从生,硕士,副研究员,研究方向为西甜瓜育苗与育种。E-mail:congshengyan@126.com。

[7]陈兵,王克如,李少昆,等. 病害胁迫对棉叶光谱反射率和叶绿素荧光特性的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(9):86-93.

[8]马赛斐,王先锋,何景新,等. 大豆花荚脱落的研究[J]. 大豆通报,2005(3):11-12.

[9]刘建强,肖静,许俊涛,等. 化学调控技术在园林中的应用[J]. 南方农业,2008(2):63-65.

[10]桑士臣. 大豆花荚脱落的原因及防治措施[J]. 绿色科技,2010(9):90.

[11]宋莉萍,刘金辉,郑殿峰,等. 不同时期叶喷植物生长调节剂对大豆花荚脱落率及多聚半乳糖醛酸酶活性的影响[J]. 植物生理学报,2011,47(4):356-362.

[12]张兴文,任红玉,严红. 大豆花荚败育及脱落的研究进展[J]. 大豆科学,2002,21(4):290-294.

[13]Miceli F, Crafts - Brandner S J, Egli D B. Decreasing reproductive sink size by physically restraining seed growth in soybean: effect on plant growth and leaf senescence [C]. European Society of Agronomy Congress, 1994:188-189.

[14]Abutiate K. Effect of TIBA (2,3,5-triiodobenzoic acid) on certain plant characteristics and yield of a determinate and in determinate cultivar of soybean [J]. Legon, 1979, 21(4):290-294.

[15]Oko B D, Eneji A E, Binang W. Effect of foliar application of urea on reproductive abscission and grain yield of soybean [J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(6):1223-1234.

[16]蒙祖庆,宋丰萍,刘振兴,等. 干旱及复水对油菜苗期光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国油料作物学报,2012,34(1):40-47.

[17]胡志辉,汪艳杰,陈禅友. 喷施细胞分裂素对豇豆花荚脱落率及花荚酶活性的影响[J]. 植物科学学报,2016,34(3):439-445.

[18]Boegh E, Soegaard H, Broge N, et al. Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(2/3):179-193.

[19]李运丽,侯喜林,李志强. 光强对紫罗勒花青素含量及光合特性的影响[J]. 华北农学报,2011,26(3):231-238.