

结荚期摘除叶荚对豇豆及其光谱荧光参数的影响

汪艳杰, 胡志辉, 郭 瑞, 陈禅友

(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:以豇豆为试材, 采用在豇豆生殖生长期即结荚期摘除部分叶荚的方法, 分析了结荚期摘除叶荚后豇豆植株的落花率、成荚率、产量、叶绿素含量以及荧光光谱参数的变化情况。结果表明: 初荚期摘叶 1/4、摘叶 1/3、摘叶 1/2 植株的落花率均升高, 摘荚 1/4、摘荚 1/3 植株的落花率均低于对照。盛荚期摘叶 1/4、摘荚 1/4、摘荚 1/3 植株的落花率均低于对照, 而摘叶 1/3、摘叶 1/2 的植株落花率高于对照。其中, 盛荚期摘叶 1/2 的豇豆植株落花率最高。在豇豆结荚期摘叶摘荚处理后, 植株的成荚率、产量都低于对照。此外, 最大光化学效率(F_v/F_m)、光化学反射指数(PRI)与叶绿素含量呈正相关, 且 R^2 达到 0.80 以上。 F_v/F_m 、PRI、叶绿素含量、落花率与产量的相关性不强, 表明还有其它因素对豇豆产量的高低有决定性作用。

关键词:豇豆; 源库关系; 光谱; 荧光; 叶绿素

中图分类号:S 643.405⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0015-05

豇豆(*Vigna unguiculata* Linn.) 属豆科豇豆属, 是我国重要的蔬菜作物。在豇豆生长后期, 荚是积累光合产物主要的库, 摘荚直接影响干物质的积累和籽粒增重^[1]。籽粒库和叶源的改变可调节光合产物分配的量 and 方向, 光合产物较多的分配到籽粒至关重要。叶绿素含量、叶片光谱指数 PRI(photochemical reflectance index)、叶绿素荧光参数 F_v/F_m (the maximal photochemical yield) 对植株的生长发育产生不同程度的影响^[2-7]。源库关系可以调控作物产量^[8-11], 也可以调控叶绿素含量、叶片光谱指数 PRI、叶绿素荧光参数 F_v/F_m 等指标的变化^[12-15]。而且, PRI、 F_v/F_m 、叶绿素含量之间有一定的相关性^[16-18]。豇豆生殖生长期摘除叶荚后, 关于其落花率、成荚率、产量的研究较少, 且关于摘除豇豆叶荚后的光谱荧光参数及叶绿素含量也鲜见报道。该试验主要是针对豇豆花荚脱落率高等问题, 采用结荚期摘除部分叶荚方法, 探讨源库关系改变对豇豆落花率、成荚率、产量的影响, 并通过测定叶片的光谱参数、荧光参数和

叶绿素含量以协调豇豆源库平衡关系, 为提高豇豆产量提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料‘鄂豇豆 6 号’(商品名柳翠)由湖北省豆类(蔬菜)植物工程技术研究中心提供^[19], 其特征是早熟, 蔓生, 植株生长势旺, 茎粗壮, 花紫色, 荚绿色。

1.2 试验方法

2013 年 7 月播种豇豆于江汉大学湖北省豆类(蔬菜)植物工程技术研究中心基地, 随机区组排列, 畦宽 1.33 m, 畦植 2 行, 穴距 25 cm, 每穴 2 株, 667 m² 产量以小区实际产量折算。按常规栽培技术进行田间管理。

1.2.1 试验设计 在豇豆初荚期(30%植株开始结荚)、盛荚期(70%植株开始结荚), 对植株进行摘除叶荚处理, 每处理各 8 株, 3 次重复, 统计花荚脱落率。摘叶处理^[1]: 摘 1/4 叶(隔 3 片复叶摘除一片复叶), 摘 1/3 叶(隔 2 片复叶摘除一片复叶), 摘 1/2 叶(隔 1 片复叶摘除一片复叶), 摘荚 1/4(隔 3 个豆荚摘除一个豆荚), 摘荚 1/3(隔 2 个豆荚摘除一个豆荚), 以未摘除叶荚的植株作为对照(CK)。试验处理 7 d 后进行各生理生化指标的测定。

1.2.2 落花率与成荚率的统计 落花率调查方法为从初花期开始每天调查 1 次开花数, 每天调查 1 次长度达到 0.01 m 的幼荚数, 一个生育时期结束后用开花数减去幼荚数计算落花率; 成荚率的调查方法为已鼓粒的总荚数减去前期调查的 0.01 m 的幼荚数, 计算成荚

第一作者简介:汪艳杰(1983-), 女, 河北保定人, 博士研究生, 实验师, 现主要从事植物生理生化实验教学与科研工作。E-mail: yanjiebaoding@163.com.

责任作者:胡志辉(1973-), 男, 湖北武汉人, 本科, 高级实验师, 现主要从事植物生理生化的实验教学与科研工作。E-mail: huzhihui@jhun.edu.cn.

基金项目:武汉市科技计划资助项目(201250499145-12); 湖北省豆类(蔬菜)植物工程技术研究中心开放基金资助项目(2012-03)。

收稿日期:2016-07-25

率。落花率(%)=(生育期内总开花数—长度达到0.01 m的幼荚数)/生育期内总开花数×100;成荚率(%)=(已鼓粒的总荚数—长度达到0.01 m的幼荚数)/已鼓粒的总荚数×100。

1.3 项目测定

1.3.1 叶绿素含量的测定 将叶片剪碎,取0.1 g放入10 mL混合提取液(乙醇:丙酮:水=4.5:4.5:1)中,在暗环境下浸泡提取,直至叶片完全变为白色为止,以提取液为对照。取叶绿素浸提液在紫外分光光度计上分别测定 OD_{645} 、 OD_{663} 值。叶绿素含量($mg \cdot g^{-1}$)= $(20.21 \times OD_{645} + 8.02 \times OD_{663}) \times V / 10^3 \times W$ 。V为提取液体积(mL),W为所取样品的鲜质量(g)。

1.3.2 光谱参数PRI的测定 采用CI-710植物叶片光谱仪测定叶片的光谱反射率。摘除叶荚7 d后,在晴天09:00—11:00,将叶片平放、朝向一致,每次测定3个叶片,取平均值作为该叶片的反射光谱参数的测量值。光化学反射指数(PRI) = $(R_{570} - R_{531}) / (R_{531} + R_{570})$,其中 R_{531} 为531 nm处反射率, R_{570} 为570 nm处反射率。

1.3.3 叶绿素荧光参数Fv/Fm的测定 Fv/Fm是PSII反应中心暗适应下的最大光化学效率,一般恒定在0.80~0.85。摘除叶荚7 d后,暗适应20 min,采用荧光仪测定叶片荧光参数。

1.4 数据分析

数据录入与统计均采用Excel 2007和DPS v7.05软件完成。

2 结果与分析

2.1 结荚期摘除叶荚后落花率、成荚率及产量的变化

由表1可知,在豇豆初荚期摘叶摘荚处理后,摘叶1/4、摘叶1/3、摘叶1/2处理的落花率依次比对照提高了6.95%、7.90%、8.28%,3个处理与对照差异不显著,摘荚1/4、摘荚1/3的处理方式的落花率依次降低15.58%、15.83%,2个处理与对照差异极显著,落花率高低依次为摘叶1/2>摘叶1/3>摘叶1/4>摘荚1/4>摘荚1/3,在初荚期进行摘叶摘荚处理,摘叶量越多,则植株的落花率越高;盛荚期摘除叶荚后,摘叶1/4、摘荚1/4、摘荚1/3的处理落花率低于对照,落花率依次降低2.68%、13.50%、2.50%,摘叶1/4、摘荚1/3与对照差异不显著,摘荚1/4与对照差异显著。而摘叶1/3、摘叶1/2的处理植株落花率高于对照6.25%、18.73%,落花率高低依次为摘叶1/2>摘叶1/3>摘荚1/3>摘叶1/4>摘荚1/4,在盛荚期摘叶处理提高了植株落花率,且摘叶量越大,对落花率的影响越明显。

在豇豆初荚期摘叶摘荚处理后,成荚率高低依次为摘叶1/3>摘叶1/4>摘荚1/4>摘荚1/3>摘叶1/2。成荚率依次比对照降低3.32%、5.00%、11.87%、

16.77%、40.88%,其中,摘叶程度达到1/2时,成荚率降低程度最高,与其它处理差异极显著;在豇豆盛荚期摘叶摘荚处理后,植株的成荚率低于对照,成荚率高低依次为摘叶1/4>摘叶1/3>摘叶1/2>摘荚1/4>摘荚1/3,依次比对照降低1.08%、1.80%、8.39%、12.98%、25.83%,其中,摘荚程度达到1/3时成荚率最低,与其它处理差异显著。在盛荚期摘除叶荚处理降低了成荚率,且摘叶量越大,对成荚率的影响越明显。

在豇豆初荚期摘叶摘荚处理后,产量高低依次为摘叶1/4>摘荚1/4>摘叶1/3>摘荚1/3>摘叶1/2。产量与对照相比,依次降低0.41%、0.57%、2.46%、6.25%、11.01%。初荚期摘叶1/4处理的产量最高,可能是因为初荚期的光合产物主要供给豆荚的生长,摘除一小部分叶片后,减少了营养物质的消耗,使更多的光合产物流向豆荚,最终使豇豆的产量提高;在豇豆盛荚期摘除叶荚后,植株的产量均低于对照。盛荚期摘除叶荚后产量高低依次为摘叶1/4>摘叶1/3>摘荚1/4>摘叶1/2>摘荚1/3,产量与对照相比,依次降低0.49%、3.86%、6.82%、9.25%、11.70%。在盛荚期摘叶处理降低了产量,且摘除叶荚的比例越大,对产量的影响越明显。

表1 摘除叶荚对豇豆落花率、成荚率及产量的影响

Table 1 Effect of removing leaves and pods on abscission rate, podding rate and yield

时期 Stage	处理方法 Treatment	落花率 Abscission rate/%	成荚率 Podding rate/%	667 m ² 产量 Yield per 667 m ² /kg
初荚期 Early podding stage	摘叶 1/4	64.17±2.37Aa	52.11±1.50ABab	1 600.69±35.54Aa
	摘叶 1/3	64.74±2.25Aa	53.03±2.39ABab	1 567.78±41.53Aa
	摘叶 1/2	64.97±1.92Aa	32.43±0.78Cd	1 430.34±62.09Ab
	摘荚 1/4	50.65±1.98Bb	48.34±2.08ABbc	1 598.23±33.76Aa
	摘荚 1/3	50.50±2.06Bb	45.65±1.74Bc	1 506.92±33.23Aab
盛荚期 Flourishing podding stage	CK	60.0±1.08Aa	54.85±2.70Aa	1 607.36±37.77Aa
	摘叶 1/4	58.39±1.22BCbc	54.26±1.06Aa	1 599.42±55.40Aab
	摘叶 1/3	63.75±0.89ABb	53.86±1.85Aa	1 545.36±45.70Aabc
	摘叶 1/2	71.24±1.72Aa	50.25±1.90Aab	1 458.67±28.95Abc
	摘荚 1/4	51.9±2.57Cc	47.73±2.07ABb	1 497.68±20.65Aabc
	摘荚 1/3	58.5±3.96BCbc	40.68±1.57Bc	1 419.36±40.21Ac
	CK	60.0±1.08BCb	54.85±2.70Aa	1 607.36±37.77Aa

2.2 结荚期摘除叶荚后 Fv/Fm、PRI、叶绿素含量的变化

由图1可知,初荚期摘叶,摘除叶片的程度越高,Fv/Fm的比值越低,摘叶1/2的Fv/Fm比对照降低了4.40%,摘叶1/4、摘叶1/3、摘荚1/4、摘荚1/3依次增加8.68%、2.78%、12.85%、15.15%;在盛荚期摘除叶荚,摘叶1/4植株的Fv/Fm比最低,摘叶1/3、摘叶1/2、摘荚1/4、摘荚1/3依次比对照增加11.59%、15.34%、9.83%、3.79%。

由图2可知,初荚期摘除叶荚,摘叶1/3与摘叶1/2

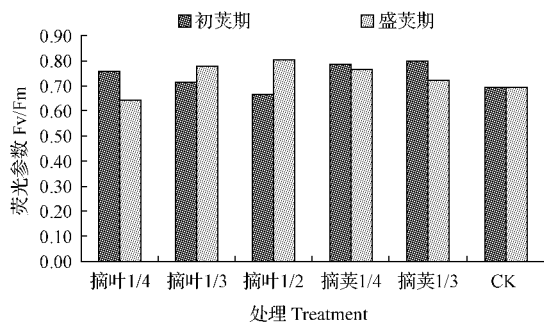


图1 结荚期摘除叶荚对豇豆叶片荧光参数的影响

Fig.1 Effect on Fv/Fm after removing leaves and pods of cowpea

的PRI值依次比对照降低2.27%、12.25%，2个处理间差异不显著。摘叶1/4、摘荚1/4、摘荚1/3的PRI值比对照依次增加22.19%、33.12%、46.14%，与对照相比差异极显著；盛荚期摘除叶荚，摘叶1/4与摘荚1/3的PRI值比对照依次增加8.63%、0.08%，差异不显著。摘叶1/3、摘叶1/2、摘荚1/4的PRI值比对照依次增加17.33%、46.07%、27.18%，与对照相比差异极显著。

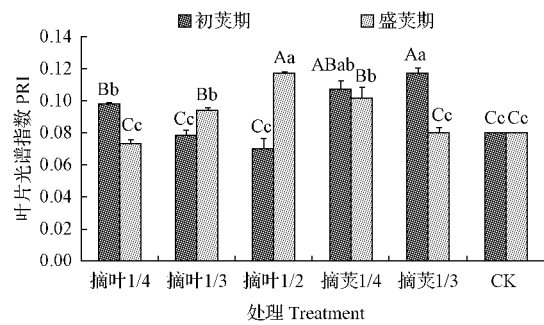


图2 结荚期摘除叶荚对豇豆叶片PRI的影响

Fig.2 Effect on PRI after removing leaves and pods of cowpea

由图3可知，初荚期摘除叶荚，摘叶1/2的豇豆叶片的叶绿素含量比对照降低10.73%，与对照差异不显著，摘叶1/4、摘叶1/3、摘荚1/4、摘荚1/3的豇豆叶片的叶绿素含量依次比对照增加29.10%、3.53%、36.02%、78.03%；盛荚期摘除叶荚，摘叶1/4的豇豆叶片的叶绿素含量比对照降低10.73%，摘叶1/3、摘叶

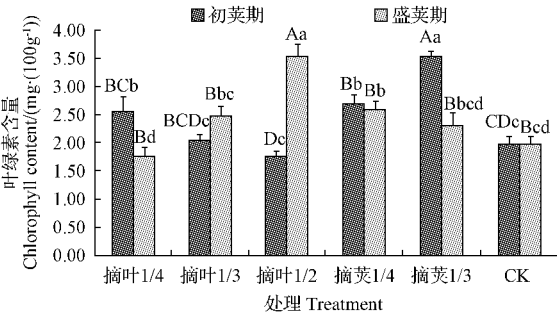


图3 结荚期摘除叶荚对豇豆叶片叶绿素含量的影响

Fig.3 Effect on chlorophyll content after removing leaves and pods of cowpea

1/2、摘荚1/4、摘荚1/3的豇豆叶片的叶绿素含量依次比对照增加25.90%、78.03%、30.94%、16.60%。

2.3 相关分析

由表2可知，落花率与产量、Fv/Fm、PRI、叶绿素含量、产量呈负相关，差异不显著。成荚率与产量呈极显著正相关，与其它指标呈正相关，但差异不显著。产量与Fv/Fm、PRI、叶绿素含量呈负相关，但差异不显著。

表2 豇豆PRI、Fv/Fm、落花率、成荚率与产量的相关性分析

Table 2 Relativity of PRI, Fv/Fm, abscission rate, podding rate with yield of cowpea

相关系数	成荚率	落花率	PRI	Fv/Fm	叶绿素含量	产量
Correlation coefficient	Podding rate	Abscission rate	PRI	Fv/Fm	Chlorophyll content	Yield
成荚率	1					
Podding rate						
落花率	0.07	1				
Abscission rate						
PRI	0.13	-0.22	1			
Fv/Fm	0.17	-0.16	0.93 **	1		
叶绿素含量	0.06	-0.12	0.96 **	0.89 **	1	
Chlorophyll content						
产量	0.78 **	-0.18	-0.04	-0.05	-0.22	1
Yield						

注：* $P<0.05$, 差异显著；** $P<0.01$, 差异极显著。

Note: * $P<0.05$, significant difference; ** $P<0.01$, extremely significant difference.

2.4 逐步回归分析

以成荚率(X_1)、落花率(X_2)、叶绿素含量(X_3)、PRI(X_4)、Fv/Fm(X_5)、叶绿素含量(X_6)为自变量，以产量(Y)为因变量，进行逐步回归分析，得到回归方程 $Y=1\,133.4972+8.183\,5X_1$ ，决定系数为0.613 7，剩余通径系数是0.621 5。此回归方程对产量的拟合情况如表3所示。拟合方程对产量的拟合相对误差最小是0.02%，最大是5.90%，故拟合方程具有一定的可信度。

表3 回归方程对产量的拟合分析

Table 3 Fitting analysis of yield with regression equation

处理方法	667 m ² 产量观测值	667 m ² 产量拟合值	绝对误差	相对误差
Treatment	Observation value	Fitting value	Absolute error	Relative error/%
	/kg	/kg		
摘叶1/4(初荚期)	1 600.69	1 559.94	40.75	2.55
摘叶1/3(初荚期)	1 567.78	1 567.47	0.31	0.02
摘叶1/2(初荚期)	1 430.34	1 398.89	31.45	2.20
摘荚1/4(初荚期)	1 598.23	1 529.09	69.14	4.33
摘荚1/3(初荚期)	1 506.92	1 507.07	-0.15	-0.01
摘叶1/4(盛荚期)	1 599.42	1 577.53	21.89	1.37
摘叶1/3(盛荚期)	1 545.36	1 574.26	-28.90	-1.87
摘叶1/2(盛荚期)	1 458.67	1 544.72	-86.05	-5.90
摘荚1/4(盛荚期)	1 497.68	1 524.09	-26.41	-1.76
摘荚1/3(盛荚期)	1 419.36	1 466.40	-47.04	-3.31
CK	1 607.36	1 582.36	25.00	1.56

3 讨论与结论

作物源库关系对产量的影响受环境、品种、栽培措施等因素的影响，不同产量的作物源库关系差异明显^[20]。豆荚和花的生长需要大量的营养物质，摘除一定

量的复叶,降低了光合产量,此时植株的光合产物更多的转移到豆荚,落花率升高。根据该试验的研究结果,在实际生产过程中,若降低豇豆的落花率,可在盛荚期进行低水平的摘叶摘荚处理。在结荚期摘叶处理,除了盛荚期摘叶 1/4 外,落花率均升高,摘荚处理的落花率均降低;在结荚期摘除叶荚,成荚率和产量均降低。

该试验中, F_v/F_m 的比值在 0.65~0.80,大部分处理植株的 F_v/F_m 比值在 0.70 以上,较正常范围低,出现光抑制,原因可能是摘除部分叶荚对豇豆植株的生长状态产生了一定的影响,但植物的光合机构并没有受到损伤,只是光合作用受到抑制^[21]。该试验中 F_v/F_m 与叶绿素含量呈正相关,且 R^2 达到 0.80 以上,说明 F_v/F_m 可以快速、灵敏的反映豇豆叶片的叶绿素含量的变化情况,与武文明等^[18]的研究结果一致。在摘叶摘荚后 1 周后豇豆叶绿素含量降低,影响到光能利用率,从而影响到叶片的光合作用产物的积累。PRI 与叶绿素含量呈正相关,且 R^2 达到 0.9 以上,说明 PRI 可以快速、灵敏的反映豇豆叶片的叶绿素含量的变化情况,与吴寿国等^[22]的研究结果一致。

盛荚期摘叶 1/2 的落花率最高,其次是初荚期摘叶 1/2,落花率最低的是初荚期摘荚 1/3 和盛荚期摘荚 1/4。结荚期摘除叶荚处理,成荚率和产量均有不同程度的降低。 F_v/F_m 、PRI 与叶绿素含量呈正相关,且 R^2 达到 0.80 以上。 F_v/F_m 、PRI、叶绿素含量、落花率与产量的相关性不强,表明还有其它因素对豇豆产量的高低有决定性作用。

参考文献

- [1] 管春英. 改变源库关系对大豆产量与品质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2005.
- [2] 张恒善, 程砚喜, 王大秋, 等. 大豆结荚期品种间叶绿素含量差异与产量相关分析[J]. 大豆科学, 2001, 20(4): 275-279.
- [3] JULIE C N, DONALD R Y, JOHN E A. Spatial variations in salinity stress across a coastal landscape using vegetation indices derived from hyperspectral imagery[J]. Plant Ecology, 2009, 202: 285-297.
- [4] ELIZABETH A A, SHAWN P S, JEFFREY A S, et al. Townsend. Using leaf optical properties to detect ozone effects on foliar biochemistry[J]. Photosynth Research, 2014, 119: 65-76.
- [5] JULIE C Z, JEAN D N, AVA M H. Effects of salinity on physiological responses and the photochemical reflectance index in two co-occurring coastal

shrubs[J]. Plant Soil, 2012, 354: 45-55.

- [6] CHANG J C, JOHN A B, ERICA B Y. Rapid effects of diverse toxic water pollutants on chlorophyll a fluorescence: Variable responses among freshwater microalgae[J]. Water Research, 2012, 46: 2615-2626.
- [7] RONG Z, XIAQING Y, KATRINE H K, et al. Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using F_v/F_m to reveal the physiological mechanism of heat tolerance[J]. Environmental and Experimental Botany, 2015, 118: 1-11.
- [8] 赵洪梅, 郑洪兵. 改变源库关系对大豆产量生理的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 736-739.
- [9] 康博, 张胜, 张彩彪. 剪叶对春油菜源库关系的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2012(3): 24-27.
- [10] 李璐璐, 董海波, 刘乐承. 3 种整枝方式对薄皮甜瓜开花结果、产量及品质的影响[J]. 长江大学学报, 2013, 10(5): 28-30, 35.
- [11] 李小莹, 刘占德, 龙周侠, 等. 夏季修剪对“徐香”猕猴桃生长及结果的影响[J]. 北方园艺, 2016(15): 44-47.
- [12] 石斌. 不同库源关系对油茶光合作用及同化物分配的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [13] SYVERTSEN J R, GONI C, OTERO A, et al. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of spring navel orange trees[J]. Tree Physiology, 2003(23): 899-906.
- [14] DESMOND R L, FLORE J A. End-product inhibition of photosynthesis in *Prunus cerasus* L. in response to whole-plant source-sink manipulation[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1995, 120(4): 583-599.
- [15] 李卫东, 李绍华, 吴本宏, 等. 果实不同发育阶段去果对桃源叶光合作用的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(3): 565-570.
- [16] SADASIVAN N R, NARAYANAN S, VELUMANI R, et al. Detection and classification of mosaic virus disease in *Cassava* plants by proximal sensing of photochemical reflectance index[J]. J Indian Soc Remote Sens, 2016: 1-9.
- [17] YASUOMI I, GUPTA S D. Nondestructive evaluation of the photosynthetic properties of micropropagated plantlets by imaging photochemical reflectance index under low light intensity[J]. In vitro Cell Dev-PL, 2010, 46: 530-536.
- [18] 武文明, 陈洪俭, 李金才, 等. 氮肥运筹对孕穗期受渍冬小麦旗叶叶绿素荧光与籽粒灌浆特性的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(6): 1088-1096.
- [19] 陈禅友, 胡志辉, 赵新春, 等. 长豇豆新品种鄂豇豆 6 号[J]. 园艺学报, 2010, 37(1): 157-158.
- [20] 王永宏, 王克如, 赵如浪, 等. 高产春玉米源库特征及其关系[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 257-269.
- [21] 姚春娟, 郭圣茂, 赖晓莲, 等. 三种决明属植物叶绿素荧光特性的比较研究[J]. 北方园艺, 2016(15): 155-157.
- [22] 吴寿国, 余学军, 李凯, 等. 海盐对绿竹叶片反射光谱及叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(17): 4920-4930.

Effects of Removing Leaves and Pods on Cowpea and Its Fluorescence Indexes

WANG Yanjie, HU Zhihui, GUO Rui, CHEN Chanyou

(College of Life Sciences, Jiangnan University/Hubei Province Engineering Research Center for Legume Plants, Wuhan, Hubei 430056)

Abstract: Cowpea was used as material, removing leaves and pods at the reproductive growth period, investigating change of abscission rate, podding rate, yield, chlorophyll content, spectrum and fluorescence indexes after treatment. The results showed that 1/4 leaves removing, 1/3 leaves removing, 1/2 leaves removing at the early podding stage of cowpea increased the flower abscission rate. But 1/4 pods removing and 1/3 pods removing reduced the flower abscission rate

不同土壤调理剂对黄瓜生长、品质及产量的影响

宋计平, 殷和勤, 杨延杰, 林多, 陈宁

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

摘 要:日光温室条件下,以黄瓜为试材,通过盆栽试验,研究了沸石、高岭土、硅藻土、草炭和膨润土等5种土壤调理剂对黄瓜生长、品质及产量的影响。结果表明:土壤调理剂增加黄瓜的株高、茎粗、叶片数,增强植株的抗逆性,改善黄瓜品质和提高单株产量。其中草炭处理黄瓜的株高、茎粗、叶片数,超氧化物歧化酶活性,可溶性蛋白质、可溶性糖含量、净光合速率和单株产量均最大,分别比对照提高了21.00%、15.25%、35.28%、57.17%、43.56%、48.73%、52.77%和37.25%;膨润土处理黄瓜的过氧化物酶活性最高、丙二醛含量最低,分别比对照提高了20.78%、降低了60.20%;硅藻土处理黄瓜的过氧化氢酶活性和果实维生素C含量最高,分别比对照提高了153.75%和1.85%。综合评价,5种调理剂中以草炭效果最好,其次为硅藻土和膨润土,三者效果较对照均达到差异显著水平,沸石、高岭土效果较对照差异不显著。

关键词:土壤调理剂;黄瓜;生长;抗逆性;品质;产量

中图分类号:S 642.206⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0019-05

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是人们喜爱的既能熟食又能生食的蔬菜,也是我国设施栽培的主要蔬菜之一。随着生活水平的提高,黄瓜的品质倍受消费者关注。随着设施的推广应用,设施连作现象越来越普遍,由此导致了一系列土壤及蔬菜品质问题,严重阻碍了蔬菜产业的发展。连作障碍的产生是许多因素综合作用的结果,是作物-土壤-微生物及其环境内部因素相互作用的外观表现^[1-2]。由于设施植物的生长需要高温、高肥水的环境,人们为了追求最大的经济利益,常大量使用化肥、农药。

第一作者简介:宋计平(1990-),女,硕士,研究方向为设施园艺与蔬菜栽培生理。E-mail:1063030479@qq.com.

责任作者:陈宁(1963-),男,博士,副教授,研究方向为设施园艺与蔬菜栽培生理。E-mail:chenningqd@163.com.

基金项目:山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队建设栽培与土壤肥料岗位资助项目(SDAIT-02-022-07);青岛市民生科技计划资助项目(15-10-2-2-nsh)。

收稿日期:2016-07-26

再加上设施特殊建造结构,设施内土壤常年或季节性覆盖而得不到雨水淋洗,水分蒸发少,导致养分盐分在表土层积累,造成土壤板结、酸化盐渍化等一系列问题^[3]。沸石、高岭土、硅藻土、草炭和膨润土等作为天然的调理剂,既可以改良土壤,又可以作为肥料的调理剂,能促进土壤团聚体的形成,改善土壤理化性质,为植物生长提供良好的生存环境,提高作物产量,改善作物品质。在设施土壤改良及蔬菜品质提升方面发挥着重要的作用。相关学者做了许多相关报道,有研究表明,土壤调理剂可以降低土壤容重,增加土壤孔隙度,改善土壤结构,调节土壤的酸碱性、含盐量及养分含量,改善土壤的理化性质,提高土壤酶活性,增加土壤微生物的数量,促进植物的生长,提高果实的品质及产量^[4-6]。周红梅等^[7]用麦饭石、牡蛎壳、蒙脱石、硅钙矿等5种调理剂均能减轻大蒜叶枯病,增加大蒜产量。姜晶晶等^[8]研究表明,用生物菌剂NSR处理番茄,可显著降低番茄酸度,提高可溶性固形物含量。廉晓娟等^[9]研究表明,土壤调理剂可促

compared with control;1/4 leaves removing,1/4 pods removing and 1/3 pods removing at flourishing podding stage of cowpea,the flower abscission rate was lower than control,however,the flower abscission rate of 1/3 leaves removing and 1/2 leaves removing was the higher than control. The flower abscission rate of 1/2 leaves removing at the flourishing podding stage was the highest. The podding rate and yield after removing leaves and pods were lower than control after removing leaves and pods at podding period. Besides, Fv/Fm and PRI were in positive correlation with chlorophyll content,and R^2 reached above 0.80. The correlation among Fv/Fm,PRI,chlorophyll content,flower abscission rate and yield was not strong,indicating that there were other critical factors affecting the yield of cowpea.

Keywords:cowpea;source-sink relationship;spectrum;fluorescence;chlorophyll