

烯效唑对雾培马铃薯光合特性及荧光的影响

许淑娟, 孙周平*, 王志鑫

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳 110161)

摘 要: 在雾培马铃薯初花期, 以清水为对照(CK), 叶面喷施不同浓度 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T1)、 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T2)、 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T3)、 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T4) 烯效唑, 研究了烯效唑对雾培马铃薯光合作用与光合产物的影响。结果表明: 叶面喷施烯效唑可增加雾培马铃薯叶片叶绿素含量、净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间 CO_2 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr), 提高 PSII 的潜在活性和原初光能转换效率。同时叶片可溶性蛋白含量升高, 而可溶性糖含量降低。其中 T3 处理下光合作用最强, 与对照达到显著差异。

关键词: 烯效唑; 雾培马铃薯; 光合特性; 叶绿素荧光参数

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2009)03-0127-04

Effects of Uniconazole Treatments on Photosynthetic and Physiological Indices of Aeroponic Potato

XU Shujuan, SUN Zhouping* and WANG Zhixin

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Key Laboratory Protected Horticulture of Liaoning Province, Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to study the effect of uniconazole on the photosynthesis and photosynthate of aeroponic potato, the leaves of aeroponic potato plant were treated by the different concentrations of uniconazole with 5, 10, 20, 40 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ during the first bloom, with the water as CK. The results showed that uniconazole may increase the chlorophyll content, net photosynthetic (Pn), stomatal conductance(Gs), intercellular CO_2 concentration (Ci), transpiration rate(Tr) of aeroponic potato leaves. In addition, the chlorophyll fluorescence parameters such as Fv/F0 and Fv/Fm were significantly promoted. The soluble protein was increased but soluble sugar was reduced. In all treatments, the treatment of $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ had the biggest photosynthesis and significantly different compared with the CK.
Key words: Uniconazole; Aeroponic potato; Photosynthetic characteristics; Chlorophyll fluorescence parameters

马铃薯气雾法栽培是目前一种先进的脱毒微型薯繁育方法^[1-3]。由于雾培方式改善了植株的根际环境条件, 可刺激马铃薯植株的旺盛生长, 尤其在温室条件下, 气雾法栽培植株容易徒长, 地上茎叶生长过旺, 使光合产物向块茎的运转推迟, 影响了薯块产量的提高。为促进植株的地上与地下器官的协调生长, 目前常采用叶面喷施植物生

调节剂的化学调控方法。烯效唑是继植物生长调节剂多效唑之后的又一种高活性的植物生长调节剂, 它具有药效高、残留期短、对后茬作物无不良影响、使用方便及增产效果显著等优点^[4-6]。研究表明^[7-9], 马铃薯叶片喷施烯效唑, 可以降低植株高度, 缩短生长期, 促进块茎膨大, 提高块茎产量。但是烯效唑对雾培马铃薯叶片光合作用的影

收稿日期: 2008-10-22 修回日期: 2008-11-10

基金项目: 辽宁省博士启动基金(20061204)。

作者简介: 许淑娟(1982-), 女, 从事蔬菜栽培生理研究。E-mail: xushujuan504821@126.com

* 通讯作者: 孙周平。E-mail: sunzp@syau.edu.cn

响尚不是很清楚。为此,本文研究了叶面喷施烯效唑对雾培马铃薯叶片光合色素含量、光合速率、光合产物以及叶绿素 a 荧光动力学参数的影响,探讨烯效唑对雾培马铃薯影响的作用机制,为进一步提高产量,建立雾培脱毒小薯高效生产体系提供理论与技术指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2007 年 8 月~2007 年 12 月在沈阳农业大学园艺试验基地进行,供试材料为马铃薯早熟品种“Favorita”脱毒苗。

1.2 试验方法

本试验采用气雾法栽培,选用烯效唑为 90% 原粉,由江苏省九州化工厂生产。试验设置了 4 个烯效唑处理:5 mg · L⁻¹ (T1)、10 mg · L⁻¹ (T2)、20 mg · L⁻¹ (T3) 和 40 mg · L⁻¹ (T4),以清水为对照。在马铃薯植株初花期,对叶面进行喷施,每处理重复 3 次。

1.3 定植与管理

组培苗于 2007 年 8 月 15 日脱瓶假植于草炭与蛭石 1:1 的混合基质中,20 d 后选择高度在 15 cm,长势一致的苗洗净根系,定植于雾培生长箱内,株距 15 cm,行距 30 cm,定植孔的空隙用棉塞填充,定植后 6 d 内挂遮阳网。全生长期采用园式营养液配方,营养液回流和循环利用,每 7 d 更换一次营养液。定期调整营养液的 pH 和 EC,使其分别保持在 6.5 和 1.8 左右。

1.4 取样与分析

采用顶数第 4 片叶进行各种生理指标的测定。用考马斯亮蓝法测定马铃薯叶片中的可溶性蛋白含量,蒽酮法测定可溶性糖含量、丙酮、乙醇混合法测定叶绿素含量。光合和荧光参数用便携式光合仪(LI-6400)测定,叶绿素荧光动力学参数参照叶岗等^[10]的方法,重复 20 次。

1.5 数据处理

用 DPS 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 烯效唑对雾培马铃薯叶片叶绿素含量的影响

从表 1 可看出,叶面喷施烯效唑后雾培马铃薯叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量比对照均有不同程度的增加,其中 T2 和 T3 处理的

叶绿素 b 含量分别与 T1、T4 和对照达到显著差异。而叶绿素 a 和总叶绿素含量变化趋势相一致,T2 和 T3 处理分别与 T1、T4 和对照达到显著差异,且 T1 处理也与对照和 T4 处理达到显著差异。T2 和 T3 处理的叶绿素 a、b 和总叶绿素含量与 T1、T4 和对照达到极显著差异。可见,叶面喷施适宜浓度的烯效唑能有效地促进雾培马铃薯叶片叶绿素含量的增加。

表 1 烯效唑对雾培马铃薯叶片叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of uniconazole treatments on the chlorophyll content of aeroponic potato leaves

处理 Treatment	叶绿素 a /(mg · g ⁻¹) Chl a	叶绿素 b /(mg · g ⁻¹) Chl b	叶绿素总量 /(mg · g ⁻¹) Chlorophyll
CK	1.485 cC	0.470 bB	1.974 cB
T1	1.691 bB	0.483 bB	2.143 bB
T2	1.810 aA	0.557 aA	2.312 aA
T3	1.812 aA	0.570 aA	2.310 aA
T4	1.479 cC	0.467 bB	1.955 cB

注:表内平均数经邓肯多重极差测验;小写字母表示在 0.05 上显著(下同),大写字母表示在 0.01 上显著。

Note: Averages in column separated by Duncan's multiple range test; abc and ABC respectively indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability level (the same as below).

2.2 烯效唑对雾培马铃薯叶片光合作用的影响

叶面喷施烯效唑后雾培马铃薯的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)均有不同程度的增加(图 1),其中 T2 和 T3 处理下雾培马铃薯植株的净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度和蒸腾速率较对照增加的幅度较大,而且与对照的差异均达到显著水平。T4 处理与对照的各光合参数差异不显著,且净光合速率和胞间二氧化碳浓度较对照有所下降。表明叶面喷施适宜浓度的烯效唑可以改善雾培马铃薯植株的光合能力,但是浓度过高光合能力反而会被抑制。

2.3 烯效唑对雾培马铃薯叶片叶绿素 a 荧光动力学参数的影响

在叶绿素荧光动力学各参数中, F_v/F_0 反映了 PS II 的潜在活性, F_v/F_m 表征了光合细胞中 PS II 原初光能转换效率的大小^[11]。因而, F_v/F_0 和 F_v/F_m 可以作为快速、简便地预测作物产量潜力的一种物理指标^[12]。从表 2 可看出, T1、T2 和 T3 三种不同浓度烯效唑处理后,雾培马铃薯叶片的荧光动力学参数 F_v/F_0 和 F_v/F_m 均比对照有所提高,表明烯效唑处理后,雾培马铃薯叶片光合细胞 PS II 的潜在活性及原初光能转换效率都提

高了。同时, F_v/F_0 与 F_v/F_m 有相同的变化趋势,但是 T4 处理却使其各参数与对照相比均有所下降。说明叶面喷施适宜浓度的烯效唑能促进光合电子传递速率。就 T1、T2 和 T3 三个处理

荧光动力学参数的增长幅度来看,这 3 种浓度处理比对照均有提高,其中增加幅度为 $T3 > T2 > T1$ 。但是过高的浓度处理使各参数与对照相比均有所下降。

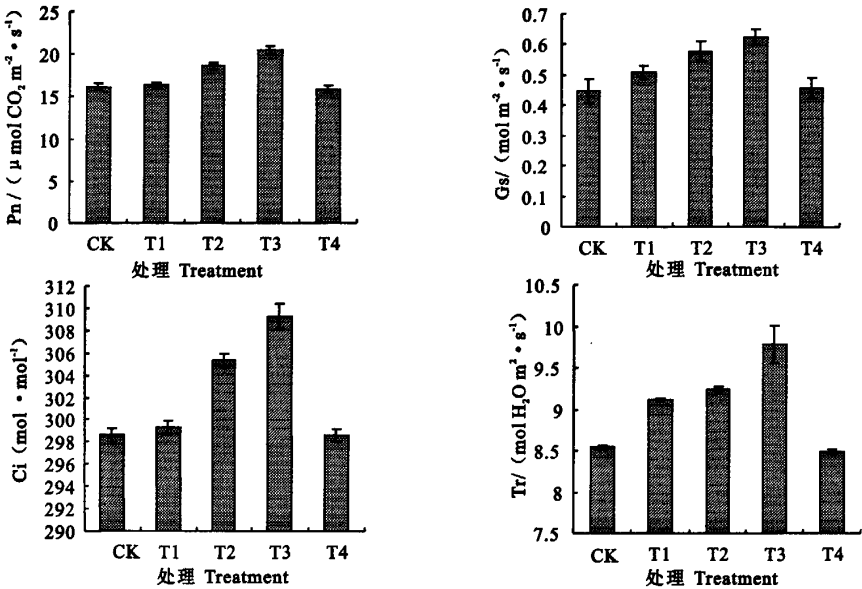


图 1 烯效唑对雾培马铃薯叶片光合参数净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)及蒸腾速率(T_r)的影响

Fig. 1 Effect of uniconazole treatments on net photosynthetic rate(P_n), stomatal conductance (G_s), and intercellular CO_2 concentration (C_i), transpiration rate(T_r) of aeroponic potato leaves

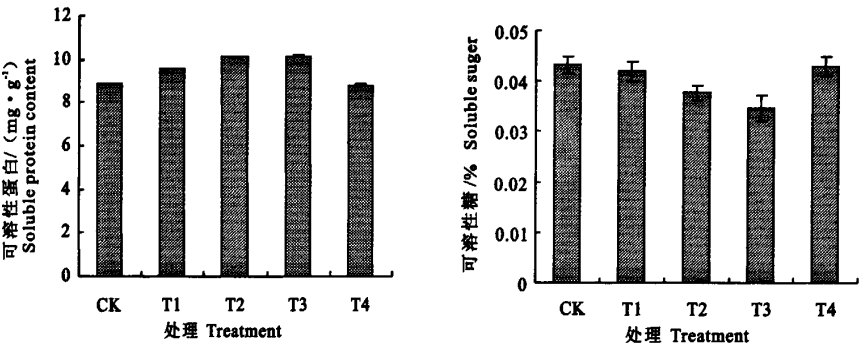


图 2 烯效唑对雾培马铃薯叶片可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effect of uniconazole treatments on the contents of soluble protein and soluble sugar of aeroponic potato leaves

2.4 烯效唑对雾培马铃薯叶片可溶性糖和可溶性蛋白的影响

植物叶片中可溶性糖与可溶性蛋白是光合作用中间代谢转运和合成的产物,其含量的多少直接代表了作物的代谢水平和生产潜力,烯效唑对植株光合过程的影响最终通过光合产物的变化反映出来。图 2 所示为不同浓度烯效唑处理对雾培马铃薯叶片可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响,

T1、T2 和 T3 处理喷施一定浓度烯效唑后,马铃薯叶片中的可溶性蛋白含量较对照分别增加 4.8%、25.8% 和 1.6%;叶片内可溶性糖含量有不同程度的降低,T1、T2 和 T3 处理分别较对照降低了 20.1%、20.2% 和 16.6%,与对照的差异均达到显著水平,表明叶面喷施烯效唑能有效地促进光合产物的转运和积累及其代谢过程,就促进效果的差异性而言,对光合作用的促进效果依

次为 $T2 > T1 > T3$ 。

表 2 烯效唑对雾培马铃薯叶片叶绿素 a 荧光动力学参数的影响

Table 2 Effect of uniconazole treatments on the kinetic parameters of chlorophylla fluorescence of aeroponic potato leaves

处理 Treatment	F_v/F_0		F_v/F_m	
	比值 Ratio	增长率/% Increment rate	比值 Ratio	增长率/% Increment rate
CK	3.80 c	0	0.76 c	0
T1	4.08 b	7.2	0.78 b	2.5
T2	4.19 a	10.3	0.82 a	6.0
T3	4.24 a	11.3	0.82 a	6.3
T4	3.76 c	-1.2	0.75 c	-0.3

注: F_0 表示固定荧光, F_v 表示可变荧光, F_m 示最大荧光。

Note: F_0 , F_v and F_m respectively indicate minimal fluorescence, variable fluorescence and maximal fluorescence.

3 结论与讨论

3.1 由于在叶绿体中,叶绿素 b 和绝大部分叶绿素 a 是光合作用的主要捕光色素,而反应中心叶绿素 a 分子起着转能作用,可见它们在光合作用中对光能的吸收、传递和转换有着无可比拟的作用^[13]。因此,叶面喷施适宜浓度的烯效唑使雾培马铃薯叶片叶绿素含量大幅上升,对于提高叶片对光能的吸收和转换是有利的。叶绿素含量与光合速率之间一般呈正相关,在一定范围内,叶绿素含量增加,叶绿体对光能的吸收与转化能力增强,光合速率增大^[14]。本文采用 Chla 荧光诱导动力学方法研究发现,烯效唑提高了雾培马铃薯叶片光合细胞 PS II 的潜在活性及原初光能转换效率。

3.2 甘金初^[15]研究发现,烯效唑能显著提高甘薯光合作用能力和产量,在本试验条件下,叶面喷施 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的烯效唑(T3 处理)效果最佳。其次 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T2) 和 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T1) 的烯效唑处理植株的光合特性均与对照达到了显著差异水平。说明烯效唑能促进雾培马铃薯植株的光合作用,促进其生长发育。

3.3 马铃薯叶片中可溶性蛋白质含量大小为 $T3 > T2 > T1 > CK > T4$, 但叶片可溶性糖含量却与此相反,说明,喷施烯效唑后,可促进植株的代谢和生长发育,加快糖的转运、分配及转化,从而使叶片中可溶性糖的积累较少。

3.4 李京岗等^[16]研究表明,经烯效唑处理后的火棘幼苗,叶片中叶绿素含量和净光合速率明显提高。本试验研究表明,叶面喷施 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 烯

效唑对雾培马铃薯的效果最佳。杨伟力等^[17]研究表明,大田马铃薯以叶面喷施 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度的烯效唑效果最佳。其浓度与本试验相比较,原因可能是雾培马铃薯是在温室条件下栽培的,其空间小,气体流动小,药液较大田相比不易挥发,增加了用药效果。烯效唑的适宜喷施浓度在其他作物上也存在很大差别,鲍正发等发现,在小麦栽培中喷施的适宜浓度在 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 而甘薯的适宜浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[15,18]。由此可见,不同栽培条件和栽培品种是否对烯效唑的使用效果存在影响,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 尹作全,沈德茹,于洪涛,等. 脱毒小薯无基质喷雾栽培技术研究初报[J]. 马铃薯杂志,1999,13(1):24-25.
- [2] 杨元军,孙慧生,王倍伦,等. 马铃薯脱毒小薯雾培结薯特点及增产效果[J]. 园艺学报,2002,29(4):333-336.
- [3] 孙周平,李天来,姚莉,等. 气雾培马铃薯根际 CO_2 环境对马铃薯生长及其光合作用的影响[J]. 园艺学报,2004,31(1):59-63.
- [4] 郭绪全. 烯效唑在我国农业中的应用研究简述[J]. 广西农学报,1997(3):31-37.
- [5] 朱木兰,何觉民. 烯效唑对农作物的生理效应及应用效果[J]. 作物研究,1999,13(2):40-43.
- [6] 徐自尚. 烯效唑的作用机理及应用效果[J]. 安徽农业科学,2000,28(3):339-341.
- [7] 童相兵,严飞龙,王胜曼,等. 烯效唑对马铃薯产量的探讨[J]. 马铃薯杂志,1999,4(13):221-222.
- [8] 于品华. 烯效唑对无土栽培马铃薯微型种薯生长及产量影响[J]. 甘肃农业科技,1997(5):7.
- [9] 杨伟力,孙周平,张凤武,等. 烯效唑对雾培马铃薯脱毒小薯繁育的影响[J]. 中国马铃薯,2005,3(19):120-124.
- [10] 习岗,杨初平,宋清,等. 低温胁迫下香蕉叶片 Chla 荧光动力学参数的变化及其品种差[J]. 光子学报,2002,31(11):1326-1329.
- [11] Schreiber, Bigger N C. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis [M]//SCHULZE E D, CALDWELL MM. Ecophysiology of photosynthesis Berlin: Springer-Verlag, 1994,49-70.
- [12] 林世育,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应用[J]. 植物学通报,1992,9(1):1-16.
- [13] 曹拥军,习岗,宋清,等. 不同强度静电场长期处理对 3 种作物几种光合生理指标的影响[J]. 华南农业大学学报,2007,28(1):86-90.
- [14] 刘贞琦,刘振业,马达鹏,等. 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J]. 作物学报,1984,10(1):57-64.
- [15] 甘金初. 烯效唑在甘薯上应用效果初报[J]. 江西农业科技,1996(4):22-23.
- [16] 李京岗. 烯效唑处理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.
- [17] 杨国放,姜河,纪志雨,等. 叶面喷施烯效唑对马铃薯生长及产量的影响[J]. 辽宁农业科学,2006(2):81-82.
- [18] 鲍正法. 烯效唑在小麦上应用效果及技术研究[J]. 浙江农业大学学报,1996,22(1):103-104.

作者: [许淑娟](#), [孙周平](#), [王志鑫](#), [XU Shujuan](#), [SUN Zhouping](#), [WANG Zhixin](#)
作者单位: [沈阳农业大学, 园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳, 110161](#)
刊名: [西北农业学报](#) 
英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)
年, 卷(期): 2009, 18 (3)
被引用次数: 3次

参考文献(18条)

1. [尹作全](#); [沈德茹](#); [于洪涛](#) [脱毒小薯无基质喷雾栽培技术研究初报](#) 1999 (01)
2. [杨元军](#); [孙慧生](#); [王倍伦](#) [马铃薯脱毒小薯雾培结薯特点及增产效果](#) [期刊论文] - [园艺学报](#) 2002 (04)
3. [孙周平](#); [李天来](#); [姚莉](#) [气雾培马铃薯根际CO₂环境对马铃薯生长及其光合作用的影响](#) [期刊论文] - [园艺学报](#) 2004 (01)
4. [郭绪全](#) [烯效唑在我国农业中的应用研究简述](#) 1997 (03)
5. [朱木兰](#); [何觉民](#) [烯效唑对农作物的生理效应及应用效果](#) 1999 (02)
6. [徐自尚](#) [烯效唑的作用机理及应用效果](#) [期刊论文] - [安徽农业科学](#) 2000 (03)
7. [童相兵](#); [严飞龙](#); [王胜曼](#) [烯效唑对马铃薯产量的探讨](#) 1999 (04)
8. [于品华](#) [烯效唑对无土栽培马铃薯微型种薯生长及产量影响](#) 1997 (05)
9. [杨伟力](#); [孙周平](#); [张风武](#) [烯效唑对雾培马铃薯脱毒小薯繁育的影响](#) [期刊论文] - [中国马铃薯](#) 2005 (03)
10. [习岗](#); [杨初平](#); [宋清](#) [低温胁迫下香蕉叶片Chla荧光动力学参量的变化及其品种差](#) [期刊论文] - [光子学报](#) 2002 (11)
11. [Schreberu B](#); [Igerw N](#) [C Chlorophyll fluorescence as Q nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis](#) 1994
12. [林世青](#); [许春辉](#); [张其德](#) [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应用](#) 1992 (01)
13. [曹拥军](#); [习岗](#); [宋清](#) [不同强度静电场长期处理对3种作物几种光合生理指标的影响](#) [期刊论文] - [华南农业大学学报 \(自然科学版\)](#) 2007 (01)
14. [刘贞琦](#); [刘振业](#); [马达鹏](#) [水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究](#) 1984 (01)
15. [甘金初](#) [烯效唑在甘薯上应用效果初报](#) 1996 (04)
16. [李京岗](#) [烯效唑处理对火棘幼苗光合特性及生长的影响](#) [期刊论文] - [安徽农业科学](#) 2007 (17)
17. [杨国放](#); [姜河](#); [纪志雨](#) [叶面喷施烯效唑对马铃薯生长及产量的影响](#) [期刊论文] - [辽宁农业科学](#) 2006 (02)
18. [鲍正法](#) [烯效唑在小麦上应用效果及技术研究](#) [期刊论文] - [浙江农业大学学报](#) 1996 (01)

本文读者也读过(9条)

1. [孙周平](#). [郭志敏](#). [王贺](#). [SUN Zhou-ping](#). [GUO Zhi-min](#). [WANG He](#) [根际通气性对马铃薯光合生理指标的影响](#) [期刊论文] - [华北农学报](#) 2008, 23 (3)
2. [孙周平](#). [褚丽敏](#). [SUN Zhou-Ping](#). [CHU Li-Min](#) [刺五加腋芽培养中抗褐化初探](#) [期刊论文] - [植物生理学通讯](#) 2008, 44 (6)
3. [李秋](#). [李立芹](#) [烯效唑对小麦幼苗生长的影响](#) [期刊论文] - [安徽农业科学](#) 2011, 39 (10)
4. [易良](#). [李邦发](#). [赵鹏](#). [YI liang](#). [LI bang-fa](#). [ZHAO Peng](#) [烯效唑与硼对小麦叶绿素与相关品质的影响](#) [期刊论文] - [湖北农业科学](#) 2009, 48 (3)
5. [石在臣](#). [刘宗亮](#) [烯效唑干拌种对冬小麦生理·形态特征及产量的影响](#) [期刊论文] - [安徽农业科学](#) 2007, 35 (12)
6. [张莹莹](#). [孙周平](#). [刘广晶](#). [张超](#). [ZHANG Yingying](#). [SUN Zhouping](#). [LIU Guangjing](#). [ZHANG Chao](#) [根区通气方式对番茄根际气体环境及基理理化性质的影响](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2011, 20 (4)

7. [龚万灼](#), [张正翼](#), [杨文钰](#), [李闻珠](#), [GONG Wan-zhuo](#), [ZHANG Zheng-yi](#), [YANG Weng-yu](#), [LI Wen-zhu](#) [烯效唑干拌种对大豆形态特征和产量的影响](#)[期刊论文]-[大豆科学](#)2007, 26(3)
8. [于亚军](#), [李军](#), [贾志宽](#), [任广鑫](#), [王蕾](#), [YU Ya-jun](#), [LI Jun](#), [JIA Zhi-kuan](#), [REN Guang-xin](#), [WANG Lei](#) [宁南半干旱区不同施肥量下马铃薯光合特性研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#)2005, 23(5)
9. [杨文钰](#), [项祖芬](#), [任万君](#), [王小春](#) [烯效唑对水稻氮代谢及稻米蛋白质含量的影响](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#)2005, 19(1)

引证文献(3条)

1. [李宁毅](#), [杨卓](#), [韩晓芳](#), [宋妍](#) [烯效唑及与水杨酸配施对美女樱幼苗生长及光合特性的影响](#)[期刊论文]-[种子](#)2012(3)
2. [李宁毅](#), [刘冰](#) [植物生长延缓剂S3307对百合生长发育和内源激素的影响及相关性分析](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#)2010(5)
3. [黄爱政](#), [刘晓静](#), [康云艳](#), [柴喜荣](#), [杨暹](#) [脱落酸和烯效唑对菜心光合作用的影响](#)[期刊论文]-[广东农业科学](#)2012(22)

引用本文格式: [许淑娟](#), [孙周平](#), [王志鑫](#), [XU Shujuan](#), [SUN Zhouping](#), [WANG Zhixin](#) [烯效唑对雾培马铃薯光合特性及荧光的影响](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2009(3)