

多效唑对柽柳和管花肉苁蓉物质分配的调控作用

杜友 魏民 马召 郭玉海*

(中国农业大学 农学与生物技术学院/中药材研究中心,北京 100193)

摘要 以中国柽柳和管花肉苁蓉为材料,研究了多效唑对柽柳生长和柽柳-管花肉苁蓉物质分配的调控作用。多效唑喷施试验结果:1)降低了柽柳株高,降低范围为7.9%~12.2%。2)提高了柽柳叶片的总叶绿素含量和净光合速率,升高幅度分别为19.4%~70.4%和19.0%~69.4%。3)增加了柽柳干物质向管花肉苁蓉的分配比例,管花肉苁蓉单株生物量增加8.2%~35.9%。4)当多效唑浓度为1.0~2.0 g/L时,管花肉苁蓉中非结构性碳水化合物的含量和累积量均高于对照。5)多效唑适宜喷施浓度为:1.5~2.0 g/L。结果表明,多效唑具有通过抑制柽柳徒长、提高柽柳光合速率和增加柽柳同化物向管花肉苁蓉的分配而提高管花肉苁蓉生物量的作用。

关键词 多效唑;柽柳;管花肉苁蓉;光合作用;物质分配

中图分类号 S 567.239

文章编号 1007-4333(2013)06-0107-06

文献标志码 A

Effects of paclobutrazol on growth characteristics and dry matter distribution of *Tamarix chinensis* and *Cistanche tubulosa*

DU You, WEI Min, MA Zhao, GUO Yu-hai*

(College of Agronomy and Biotechnology/Chinese Medicinal Herbs Research Center,
China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract To study the effects of paclobutrazol on growth, dry matter accumulation and distribution among *Tamarix chinensis* and *Cistanche tubulosa*, changes of chlorophyll content, net photosynthetic rate, biomass and non-structural carbohydrate content were studied under different paclobutrazol levels. The results showed that: 1) Plant height of *T. chinensis* decreased along with application of paclobutrazol. 2) Under spraying paclobutrazol condition the chlorophyll content and the net photosynthetic rate of *T. chinensis* improved 19.4% - 70.4% and 19.0% - 69.4% respectively. 3) The distribution proportion of the dry matter of *C. tubulosa* was also increased after treatment with paclobutrazol. 4) The content and accumulation of non-structural carbohydrates of *C. tubulosa* were higher than those of controls when 1.0 to 2.0 g/L of paclobutrazol was applied. 5) The optimal concentration for paclobutrazol treatment was 1.5 to 2.0 g/L. It is evident that the spraying paclobutrazol could increase the dry matter of *C. tubulosa* by inhibiting plant height and improving net photosynthetic rate of *T. chinensis*.

Key words paclobutrazol; *Tamarix chinensis*; *Cistanche tubulosa*; photosynthesis; dry matter distribution

管花肉苁蓉(*Cistanche tubulosa* (Schrenk) Wight)是列当科肉苁蓉属的专性根寄生植物,作为2010年版《中国药典》规定的正品肉苁蓉药材来源植物之一,其寄主为柽柳属(*Tamarix* Lour.)多种

植物。管花肉苁蓉具有补肾壮阳、益精血、润燥通肠等功效,是使用频率最高的补肾类中药^[1]。为保护管花肉苁蓉野生资源,各地开展了大量人工栽培管花肉苁蓉的研究工作,但在人工栽培过程中,产量水

收稿日期:2013-04-19

基金项目:国家“863”计划项目(2012AA021702-1);科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB23600014)

第一作者:杜友,博士研究生,E-mail:duyou1234@126.com

通讯作者:郭玉海,教授,博士,主要从事中药材栽培加工研究,E-mail:yhguo@cau.edu.cn

平低下成为管花肉苁蓉生产中的主要问题,而如何有效地调节其与寄主柽柳的物质关系,促进更多的营养物质流向管花肉苁蓉,是解决管花肉苁蓉产量问题的一条有效途径。

多效唑作为一种植物生长延缓剂,其主要作用机理是抑制内源赤霉素的合成,是一种广谱性的生长抑制剂^[2]。具有控制株高,改变株型^[3-4],提高叶绿素含量^[5-7],促进光合作用,调节光合产物分配^[8-9],促进花芽形成^[10-11]等多种生物效应。已被广泛应用于多种作物、果树和蔬菜的栽培中,抑制徒长、提高产量的效果明显。多效唑在药用植物的增产方面也有一定的作用,尤其是以根或根茎入药的药材,效果尤为显著,能够有效控制地上部分生长,促进有机物质向根或根茎运输,提高药材的产量^[12]。管花肉苁蓉作为柽柳根上的寄生植物,如何调控柽柳和管花肉苁蓉的物质分配关系一直是研究的热点问题^[13-14],但通过喷施调节剂来改善柽柳和管花肉苁蓉间物质关系的研究尚未见报道。本试验在柽柳的快速生长期多次喷施不同质量浓度的多效唑溶液,研究其对柽柳、管花肉苁蓉的生长和物质分配的影响,探索多效唑对柽柳和管花肉苁蓉间物质分配的调控作用,为管花肉苁蓉高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2011年3月—2011年12月在北京市海淀区中国农业大学上庄试验站进行。

试验材料为柽柳-管花肉苁蓉复合苗,2011年3月底将长15 cm的柽柳茎段扦插于土壤中,同时在茎段周围撒入管花肉苁蓉种子300粒,覆土压实后浇透水,常规管理,2011年6月底管花肉苁蓉成功寄生于柽柳根部。中国柽柳茎段取自中国农业大学上庄试验站,管花肉苁蓉种子于2009年采自新疆于田管花肉苁蓉基地。

1.2 试剂

多效唑(15%可湿性粉剂,四川国光农化有限公司)。

1.3 试验处理和试验设计

对照(CK):清水。多效唑质量浓度分别为1.0 g/L(处理一,T1)、1.5 g/L(处理二,T2)、2.0 g/L(处理三,T3)和2.5 g/L(处理四,T4)。

试验采用随机区组设计,每个处理50株,重复3次。

选择田间生长一致(株高范围:74~76 cm)的柽柳-管花肉苁蓉苗,于2011年8月20日(柽柳进入快速生长期前)进行叶面喷施处理,每隔7 d喷施1次,连续喷施3次,喷液量为50 mL/株。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 柽柳叶片叶绿素含量测定

药剂处理7 d后,每处理随机选取5株柽柳-管花肉苁蓉复合体,分别采集不同方向的柽柳功能叶片0.2 g,重复3次。采用80%丙酮浸提法进行叶绿素含量的测定^[15]。

1.4.2 柽柳光合特性的测定

参照郭东峰的方法^[16],于药剂处理7 d后,选择晴天上午,于9:00—11:00用美国LI-COR公司生产的LI-6400便携式光合测定仪测定柽柳叶片净光合速率。测定叶片为同一朝向同一叶位的柽柳功能叶,每处理重复测定6次。

1.4.3 柽柳生物量的测定

于2011年11月3日收获,每个处理随机取样5株,重复3次,测定其株高和茎的粗度,株高采用卷尺进行测量,茎粗度采用游标卡尺在距地2 cm处进行测量。然后将柽柳-管花肉苁蓉分为根、茎、叶和管花肉苁蓉4部分,用自来水、蒸馏水冲洗干净,60℃烘干,称重,样品粉碎过60目筛备用。

1.4.4 可溶性糖和淀粉含量的测定

采用硫酸-萘酚比色法^[17]测定可溶性糖和淀粉含量。

1.5 数据处理

数据采用Excel 2003和DPS 7.05软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 多效唑对柽柳叶绿素含量的影响

由表1可见,各处理的叶绿素含量为:T4>T3>T2>T1>CK。总叶绿素含量的增加幅度为19.4%~70.4%。T2、T3、T4与CK差异显著,而T1与CK没有显著差异。T4的总叶绿素含量高达2.346 mg/g。说明随着多效唑质量浓度的升高,柽柳的叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量均呈现为依次升高的趋势。

表 1 多效唑对柽柳叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of paclobutrazol on chlorophyll content of *T. chinensis*

处 理 Treatment	叶绿素 a/(mg/g) Chlorophyll a	叶绿素 b/(mg/g) Chlorophyll b	总叶绿素/(mg/g) Total chlorophyll
CK	1.004±0.185 c	0.358±0.090 b	1.377±0.278 c
T1	1.166±0.094 bc	0.461±0.080 b	1.644±0.172 bc
T2	1.246±0.137 ab	0.475±0.053 b	1.740±0.149 b
T3	1.281±0.101 ab	0.832±0.101 a	2.133±0.204 a
T4	1.462±0.039 a	0.862±0.100 a	2.346±0.138 a

注：表中每列数字后不同小写字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)，下同。

Note: Value followed by the different letters in each column are significantly at 0.05 level from each other. The same as follows.

2.2 多效唑对柽柳净光合速率的影响

由图 1 可见，柽柳净光合速率由大到小依次为：T2>T3>T1>CK>T4。与对照相比，T1、T2、T3 的净光合速率分别增加 19.0%、69.4%和 29.3%，

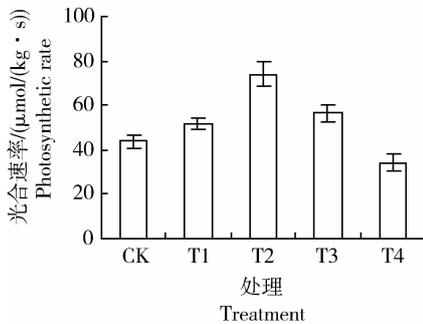


图 1 多效唑对柽柳净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of paclobutrazol on photosynthetic rate of *T. chinensis*

差异显著。而 T4 的净光合速率反而比对照降低 21.7%，光合速率受到明显抑制。说明本试验条件下多效唑浓度在 1.0~2.0 g/L，能够有效提高柽柳叶片的净光合速率。

2.3 多效唑对柽柳株高和生物量的影响

T1、T2、T3、T4 的株高分别比对照降低 7.9%、8.2%、11.7%和 12.2%，差异显著；而柽柳茎秆的增粗幅度在 4.3%~13.3%之间，差异显著；柽柳的根冠比提高 36.2%~51.1%，差异显著(表 2)。

多效唑处理降低了柽柳茎和叶的生物量和比例，提高了柽柳根和管花肉苁蓉的生物量和比例。其中管花肉苁蓉的生物量分别比对照依次提高了 21.4%、21.6%、35.9%和 8.2%。总的生物量最多的是 T3，较对照增加了 8.5%，T4 总的生物量低于对照，说明当多效唑浓度为 2.5 g/L(T4)时，对柽柳-管花肉苁蓉复合体生物量有抑制作用(表 3)。

表 2 多效唑对柽柳株高、茎粗和根冠比的影响

Table 2 Effect of paclobutrazol on plant height, stem diameter and root/shoot ratio of *T. chinensis*

处 理 Treatment	株高/cm Plant height	株高矮化率/% Dwarfing rate	茎粗/mm Stem diameter	茎粗增粗率/% Thickening rate	根冠比 Root/Shoot ratio
CK	101.0 a	-	9.52 d	-	0.47 b
T1	93.0 b	7.9 b	9.93 c	4.3 c	0.70 a
T2	92.7 b	8.2 b	10.30 b	8.2 b	0.66 a
T3	89.2 c	11.7 a	10.68 a	12.2 a	0.71 a
T4	88.7 c	12.2 a	10.79 a	13.3 a	0.64 a

表3 多效唑对柽柳、管花肉苁蓉生物量的影响

Table 3 Effect of paclobutrazol on dry matter of *T. chinensis* and *C. tubulosa*

处理 Treatment	叶 Leaf		茎 Stem		根 Root		管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>		总 Total	
	干重/ (g/株)	比例/%	干重/ (g/株)	比例/%	干重/ (g/株)	比例/%	干重/ (g/株)	比例/%	干重/ (g/株)	比例/%
	Dry weight	Proportion	Dry weight	Proportion	Dry weight	Proportion	Dry weight	Proportion	Dry weight	Proportion
CK	36.10	29.70	46.53	38.27	5.81	4.78	33.14	27.26	121.58	100
T1	30.06	24.72	41.44	34.08	9.87	8.11	40.24	33.09	121.61	100
T2	31.56	25.06	44.37	35.24	9.69	7.70	40.30	32.00	125.92	100
T3	32.30	24.48	45.09	34.17	9.52	7.22	45.04	34.14	131.95	100
T4	28.57	24.91	41.29	35.99	8.98	7.83	35.87	31.27	114.71	100

2.4 多效唑对柽柳、管花肉苁蓉碳水化合物含量的影响

T2的叶、茎、根和管花肉苁蓉中的可溶性糖含量分别较对照提高6.1%、2.4%、18.3%和13.5%。

但T4的管花肉苁蓉的可溶性糖含量出现大幅度下降,较对照降低了13.9%,差异显著。说明除T4外,总的趋势是多效唑提高柽柳及管花肉苁蓉的可溶性糖含量(表4)。

表4 多效唑对柽柳、管花肉苁蓉可溶性糖和淀粉含量的影响

Table 4 Effect of paclobutrazol on contents of soluble sugar and starch of *T. chinensis* and *C. tubulosa* mg/g

处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar				淀粉 Starch			
	叶 Leaf	茎 Stem	根 Root	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	叶 Leaf	茎 Stem	根 Root	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>
	Leaf	Stem	Root	<i>C. tubulosa</i>	Leaf	Stem	Root	<i>C. tubulosa</i>
CK	42.51 b	38.28 b	75.46 b	218.43 c	8.80 a	8.02 a	15.41 c	25.78 b
T1	42.99 b	38.81 b	75.25 b	232.18 b	7.47 b	7.15 a	18.44 bc	25.74 b
T2	45.12 a	39.18 b	89.29 a	247.91 a	6.68 b	8.60 a	19.48 ab	27.61 b
T3	46.82 a	42.43 a	91.76 a	230.97 b	7.30 b	7.41 a	22.38 a	30.37 a
T4	42.61 b	35.87 c	90.31 a	187.97 d	5.75 c	7.16 a	20.69 ab	26.80 b

T1、T2、T3、T4柽柳叶片的淀粉含量分别较对照降低15.1%、24.1%、17.0%和34.7%,差异显著。茎秆中的淀粉含量与对照没有显著差异,根系和管花肉苁蓉的淀粉含量均有一定程度的升高,其中T3的管花肉苁蓉的淀粉含量较对照提高17.8%,差异显著。说明多效唑能够提高柽柳根和管花肉苁蓉淀粉含量(表4)。

多效唑处理降低了柽柳叶片和茎秆中可溶性糖的累积量和分配比例,提高了柽柳根和管花肉苁蓉的可溶性糖累积量和分配比例。其中T1、T2、T3

的管花肉苁蓉可溶性糖累积量较对照分别增加了29.0%、38.0%、43.6%,T4的可溶性糖累积量较对照降低6.9%(表5)。多效唑处理降低了柽柳叶片和茎秆的淀粉累积量和分配比例,提高了柽柳根和管花肉苁蓉中淀粉的累积量和分配比例,T1、T2、T3、T4处理的管花肉苁蓉的淀粉累积量较对照分别增加了22.4%、30.6%、61.2%和12.9%(表5)。

总的来看,经多效唑处理的柽柳-管花肉苁蓉复合体中,管花肉苁蓉的非结构性碳水化合物累积量依次为T3>T2>T1>CK>T4(表5)。

表 5 多效唑对柽柳、管花肉苁蓉碳水化合物积累量和分配比例的影响

Table 5 Effect of paclobutrazol on accumulation and allocation of carbohydrate of *T. chinensis* and *C. tubulosa*

处理 Treatment	测定指标 Index	可溶性糖 Soluble sugar		淀粉 Starch		非结构性碳水化合物 Non-structural carbohydrates	
		积累量/(g/株) Accumulation	分配比例/% Proportion	积累量/(g/株) Accumulation	分配比例/% Proportion	积累量/(g/株) Accumulation	分配比例/% Proportion
		CK	叶 Leaf	1.53	13.92	0.32	19.63
	茎 Stem	1.78	16.20	0.37	22.70	2.15	17.04
	根 Root	0.44	4.00	0.09	5.52	0.53	4.20
	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	7.24	65.88	0.85	52.15	8.09	64.10
	总 Total	10.99	100.00	1.63	100.00	12.62	100.00
T1	叶 Leaf	1.29	9.94	0.22	12.64	1.51	10.26
	茎 Stem	1.61	12.40	0.30	17.24	1.91	12.98
	根 Root	0.74	5.70	0.18	10.35	0.92	6.25
	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	9.34	71.96	1.04	59.77	10.38	70.52
	总 Total	12.98	100.00	1.74	100.00	14.72	100.00
T2	叶 Leaf	1.42	10.13	0.21	11.11	1.63	10.25
	茎 Stem	1.74	12.41	0.38	20.11	2.12	13.32
	根 Root	0.87	6.21	0.19	10.05	1.06	6.66
	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	9.99	71.25	1.11	58.73	11.10	69.77
	总 Total	14.02	100.00	1.89	100.00	15.91	100.00
T3	叶 Leaf	1.51	10.28	0.24	11.16	1.75	10.39
	茎 Stem	1.91	13.00	0.33	15.35	2.24	13.30
	根 Root	0.87	5.92	0.21	9.77	1.08	6.41
	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	10.40	70.80	1.37	63.72	11.77	69.90
	总 Total	14.69	100.00	2.15	100.00	16.84	100.00
T4	叶 Leaf	1.22	11.90	0.16	9.94	1.38	11.64
	茎 Stem	1.48	14.44	0.30	18.63	1.78	15.01
	根 Root	0.81	7.90	0.19	11.80	1.00	8.43
	管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i>	6.74	65.76	0.96	59.63	7.70	64.92
	总 Total	10.25	100.00	1.61	100.00	11.86	100.00

3 结论与讨论

柽柳属植物具有抗旱、耐寒、耐盐碱、耐水湿等特点,萌生力强,是防风固沙、造林绿化的优良树种。中国柽柳生长迅速,15 cm 的插穗在水分充足的条件下,1 年株高可达到 1.5~2.0 m。管花肉苁蓉作为列当科全寄生植物,其全部营养均需通过寄主柽

柳获得^[18],管花肉苁蓉一旦寄生成功就会成为柽柳的物质贮存“库”。因此,如何控制柽柳徒长,调节更多的同化产物流向这个新增的“库”,是解决管花肉苁蓉产量的关键问题。

植物生长调节剂通过影响植物光合作用来调节光合产物的分配、物质代谢等生理过程,进而调控植物的生长发育^[19-20]。多效唑具有控制株高,提高光

合作用,调节物质分配等多种生物效应。周光来等^[21]对党参的研究表明,多效唑能够抑制地上部生长,提高叶绿素含量,增加党参产量。Arup等^[22]的研究认为,多效唑通过对同化物的重新分配来影响生物量在各器官的分配。多效唑通过控制植物株高,改变库器官的强度,从而间接影响碳水化合物的分配模式,使更多的碳水化合物向根中分配^[23]。Tekalign等对马铃薯的研究认为,多效唑处理能够增加块根的干物质量和分配比例^[9]。因此,多效唑对柃柳和管花肉苁蓉的调控作用值得深入探讨。

本试验研究了多效唑处理对柃柳生长、光合作用以及柃柳与管花肉苁蓉间物质分配的影响。结果表明:1)喷施低质量浓度的多效唑能够提高柃柳的光合速率,浓度过高则会降低柃柳光合速率;2)不同质量浓度的多效唑处理均能使柃柳叶片颜色深绿,叶绿素含量增加,且随着浓度的升高,叶绿素含量呈递增的趋势;3)多效唑处理对柃柳的矮化作用明显,随着多效唑质量浓度的增加,其矮化效果逐渐增强;4)不同质量浓度的多效唑处理能够提高地下部的干重和分配比例,达到增加管花肉苁蓉产量的目的,但当多效唑质量浓度为2.5 g/L时,这种增产效果减弱,柃柳-管花肉苁蓉的总的生物量降低;5)当多效唑质量浓度为1.0、1.5和2.0 g/L时,单株柃柳-管花肉苁蓉中的可溶性糖、淀粉和非结构性碳水化合物的累积量和分配比例均明显增加。综合上述试验结果可知,多效唑能够抑制柃柳徒长,提高柃柳叶绿素含量、光合速率,增加管花肉苁蓉的物质分配量,进而提高管花肉苁蓉的生物量。

优化柃柳与管花肉苁蓉间的物质分配,是提高管花肉苁蓉产量的有效途径。本研究揭示了多效唑对柃柳、管花肉苁蓉的调控作用,但多效唑调控技术如何与施肥、灌水等促进柃柳生长的措施有效结合,对柃柳-管花肉苁蓉体系进行“下促上控”,进一步提高管花肉苁蓉产量潜力需作专题深入研究。

参 考 文 献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 2010版一部. 北京:中国医药科技出版社,2010:126
- [2] Graebe J E. Gibberellin biosynthesis and control[J]. Annual Review in Plant Physiology,1987,38:419-465
- [3] Hafeezur R M, Asif K, Khalid M K. Effect of paclobutrazol on growth and yield of tomato[J]. Pakistan J Agric Res,1989,10(1):49-52
- [4] Thomas S, Liza H, Bruce R. Paclobutrazol foliar sprays to suppress growth on landscape shrubs[J]. Arboriculture & Urban Forestry,2009,35(6):300-304
- [5] Khalil I A. Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of triazole series[J]. Cereal Res Commun,1995,23:183-189
- [6] Belakbir A. Yield and fruit quality of pepper (*Capiscum annum* L) in response to bioregulators[J]. Hort Science,1998,33:85-87
- [7] Sebastian B, Alberto G, Emilio A C, et al. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment[J]. Sci Hort,2002,94:371-377
- [8] Jaleel C A, Manivannan P, Sankar B, et al. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*[J]. Process Biochem,2007,42(11):1566-1570
- [9] Tekalign T, Hammes P S. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: Shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy [J]. Plant Growth Regul,2004,43:227-236
- [10] Chato S T, Nujeen P, Muangsorn S. Paclobutrazol enhance budbreak and flowering of Friederick's Dendrobium orchid In Vitro[J]. Journal of Agricultural Technology,2009,5(1):157-165
- [11] Sibel M, Osman K, Veli O, et al. Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower colour of *Consolid orientalis*[J]. Pak J Bot,2009,41(5):2323-2332
- [12] 齐迎春,胡诚. 多效唑在中药材上的应用[J]. 中国林副特产,2000(2):51
- [13] 杨国涛,郭玉海,杜友,等. 干旱胁迫对柃柳-肉苁蓉碳水化合物分配及有效成分含量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(26):14246-14247,14249
- [14] 骆翔,翟志席,郭玉海,等. 管花肉苁蓉对柃柳器官同化物分配的优化[J]. 中国农业大学学报,2011,16(4):43-47
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和测定技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003:134-137
- [16] 郭东峰. 管花肉苁蓉对柃柳光合和根内元素调控作用研究[D]. 北京:中国农业大学,2009
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版社,2000:145-148
- [18] Catarina C, Carolien R S, Harro J B. Strigolactones and root infestation by plant-parasite *Striga*, *Orobanchae* and *Phelipanche* spp[J]. Plant Sci,2011,180(3):414-420
- [19] 陈晓光,李洪民,张爱君,等. 不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响[J]. 作物学报,2012,38(9):1728-1733
- [20] 王丹,张保军,张正茂,等. 化学调控剂对冬小麦光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2012,32(1):119-122
- [21] 周光来,田长恩. PP₃₃₃在党参生产中的应用的初步研究[J]. 中草药,1998,29(2):121-122
- [22] Arup G, Jitendra C, Chaudhary D R, et al. Paclobutrazol arrests vegetative growth and unveils unexpressed yield potential of *Jatropha curcas*[J]. J Plant Growth Regul,2010,29:307-315
- [23] Yim K O, Kwon Y W, Bayer D E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by paclobutrazol and gibberellin treatment[J]. J Plant Growth Regul,1997,16:35-41