

肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子产量和质量的影响

郑雷 王信宏 谢秋霖 郭玉海*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 以梭梭和肉苁蓉为试验材料,在单株梭梭上寄生1~7个肉苁蓉,研究肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子产量和质量的影响。结果表明:随着单株梭梭上寄生肉苁蓉数目的增加,1)单株梭梭-肉苁蓉复合体生物量降低6.1%~10.5%;2)单株梭梭体内非结构性碳水化合物积累量降低23.2%~30.7%,而肉苁蓉种子中非结构性碳水化合物积累量则提高143.8%~331.3%;3)单株梭梭上寄生的肉苁蓉种子产量提高170.3%~338.1%。结果表明适宜的肉苁蓉寄生数目能够通过优化非结构性碳水化合物的分配来提高肉苁蓉种子产量。

关键词 梭梭;肉苁蓉;寄生数目;种子产量

中图分类号 S 567

文章编号 1007-4333(2015)04-0042-06

文献标志码 A

Effect of parasitizing different numbers of *Cistanche deserticola* on the seed yield and quality of *C. deserticola*

ZHENG Lei, WANG Xin-hong, XIE Qiu-lin, GUO Yu-hai*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract *Haloxylon ammodendron* and *Cistanche deserticola* were used to study the effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the seed yield and quality of *C. deserticola*. The results showed that: When the number of *C. deserticola* parasitized on *H. ammodendron* per plant within the range of one to seven, with the number of *C. deserticola* increased: 1) The biomass of *H. ammodendron*-*C. deserticola* decreased 6.1% to 10.5%. 2) The accumulation of non-structural carbohydrate of *H. ammodendron* per plant decreased 23.2% to 30.7%, while the accumulation of non-structural carbohydrate of *C. deserticola* seed improved 143.8% to 331.3%. 3) The seed yield of *C. deserticola* on *H. ammodendron* parasitized by *C. deserticola* per plant improved 170.3% to 338.1%. These findings suggested that the appropriate number of *C. deserticola* parasitized on *H. ammodendron* could improve the seed yield of *C. deserticola* by optimizing the distribution of non-structural carbohydrate.

Key words *Haloxylon ammodendron*; *Cistanche deserticola*; parasitic number; seed yield

肉苁蓉(*Cistanche deserticola*)为列当科(Orobanchaceae)肉苁蓉属(*Cistanche*)多年生全寄生植物,寄生于藜科属植物梭梭(*Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey) Bunge)的根部,具补肾阳、益精血、润肠通便之功效^[1]。近年来,随着人们保健意识的增强和肉苁蓉药理药效的深入研究^[2-5],野生资源已不能满足日益增长的市场需求。为解决需求与资源减少的矛盾,已开展肉苁蓉的人工种植研究^[6-7],但由于肉苁蓉特殊的寄生生物学特性,存在种子产量低和质量差的关键问题。

种子紧缺、质量差不仅与肉苁蓉的寄生繁殖习性密切相关,同时还受营养物质的供应、分配和环境条件的影响^[8-9]。肉苁蓉寄生后成为一个巨大的“库”,其生长发育所需的水分、有机营养和矿质营养全部来自于“源”端的寄主梭梭。因此,梭梭对肉苁蓉的物质供应量和分配量与肉苁蓉种子的产量和质量密切相关。相关研究表明,梭梭体内的非结构性碳水化合物可以被肉苁蓉所吸收再利用,并且随着树龄增长,梭梭体内可被再利用的非结构性碳水化合物的总量不断提高,同时肉苁蓉种子产量亦显著

收稿日期: 2014-09-03

基金项目: 国家“863”计划项目(2012AA021702-1)

第一作者: 郑雷,博士研究生,E-mail:zhenglei19870922@163.com

通讯作者: 郭玉海,教授,博士生导师,主要从事中草药栽培研究,E-mail:yhguo@cau.edu.cn

提高^[10-11]。然而,当“源”端寄主梭梭可供物质质量一定时,如何调节梭梭对肉苁蓉的物质供应分配使更多的物质转移到“库”端种子中,是解决肉苁蓉种子高产的另一条有效途径。增加单株梭梭上肉苁蓉寄生数目也就是增加“库”强,以调节梭梭-肉苁蓉复合体间的物质分配来提高种子产量和质量的研究尚未见报道。

为挖掘寄生不同数目肉苁蓉时梭梭-肉苁蓉复合体间可利用物质的供应和分配潜力,以提高肉苁蓉种子产量和质量。本试验以梭梭和肉苁蓉为材料,研究肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子产量和质量的影响,旨在明确单株梭梭上寄生不同数目肉苁蓉时的种子产量和质量性状,以期对肉苁蓉种子的高产优质培育提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

梭梭(5年树龄)和肉苁蓉。

1.2 试验处理及试验设计

对照:单株梭梭上寄生1个肉苁蓉;

处理一:单株梭梭上寄生4个肉苁蓉;

处理二:单株梭梭上寄生7个肉苁蓉。

采用随机区组试验设计,每处理15株,试验重复3次。

试验基本情况:梭梭分别于2007年5月和2008年5月种植,2009年5月和2010年5月采用人工开沟法接种肉苁蓉,2012年7月和2013年7月随机采取各处理样品5株进行测定。试验在内蒙古王爷地苁蓉生物有限公司试验基地进行。

1.3 测定指标及方法

梭梭和肉苁蓉生长量:采用米尺测量法。

肉苁蓉蒴果数和有效果数:采用计数法。

肉苁蓉蒴果长宽度测定:采用卡尺测量法。

生物量、每蒴果重、每果种子重、单株种子产量和千粒重:采用称重法测定。

可溶性总糖含量和淀粉含量的测定:采用蒽酮比色法,非结构性碳水化合物总量=可溶性总糖+淀粉^[12]。

种子分级:采用筛选法^[13]。

种子饱满度测定:随机选取种子100粒,用蒸馏水浸泡24h后于载玻片上压出种胚,凡有胚的种子为饱满种子。重复3次。

种子萌发率测定:种子经表面消毒后,随机取50粒种子均匀置于已经消毒的内衬2层滤纸的培养皿中,并加入10mg/L氟啶酮5mL,封口后将培养皿置于25℃恒温培养箱中,30d后检查种子萌发率。重复3次。

1.4 数据处理

数据采用DPS 7.05软件和Excel 2007进行数据处理及统计分析。因2年试验结果趋势基本一致,若无特殊说明情况下,着重以2012年的试验结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体植株生长的影响

肉苁蓉寄生数目影响梭梭-肉苁蓉复合体植株生长(表1)。寄生4个肉苁蓉时梭梭基径粗、株高和冠幅最小,分别为33.17mm、152.6cm和143.8cm,比对照降低23.0%、18.2%和17.2%,而寄生7个肉苁蓉时则较对照分别降低14.2%、10.0%和9.5%,差异显著($P < 0.05$)。寄生4个和7个肉苁蓉时的肉质茎粗度,分别比对照降低17.0%和34.6%,同时寄生7个肉苁蓉时的花序长度比对照减少32.1%($P < 0.05$)。说明肉苁蓉的寄生影响梭梭的生长并且与单株梭梭上肉苁蓉寄生数目密切相关。

表1 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体植株生长的影响

Table 1 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the growth of *H. ammodendron*-*C. deserticola*

寄生数目 Parasitic number	梭梭 <i>H. ammodendron</i>			肉苁蓉 <i>C. deserticola</i>		
	基径粗/mm Base stem diameter	株高/cm Plant height	冠幅/cm Tree crown	直径/mm Diameter	肉质茎长/cm Fleshy stem length	花序长/cm Inflorescence length
1	43.10 a	186.6 a	173.6 a	4.36 a	39.1 a	31.5 a
4	33.17 c	152.6 c	143.8 c	3.62 b	36.4 a	29.4 a
7	37.00 b	167.9 b	157.1 b	2.85 c	38.4 a	21.4 b

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: Values followed by different letters in each column are significant at 0.05 level from each other. The same as follows.

2.2 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体生物量的影响

肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体的生物量产生影响(表2)。寄生4个肉苁蓉时单株梭梭-肉苁蓉复合体生物量最小为1 542.7 g,较对照降低10.5% ($P < 0.05$),其中梭梭生物量比对照降低

25.3%,而肉苁蓉茎秆和种子生物量则分别比对照增加286.8%和338.1% ($P < 0.05$)。寄生7个肉苁蓉时单株梭梭-肉苁蓉复合体生物量为1 617.7 g,较对照降低6.1% ($P < 0.05$),其中梭梭生物量比对照降低18.8%,而肉苁蓉茎秆和种子生物量则分别比对照增加268.7%和170.3% ($P < 0.05$)。

表2 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体生物量的影响

Table 2 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the biomass of *H. ammodendron*-*C. deserticola*

寄生数目 Parasitic number	指标 Index	梭梭 <i>H. ammodendron</i>	肉苁蓉茎秆 <i>C. deserticola</i> stem	肉苁蓉种子 Seed	梭梭-肉苁蓉单株 Plant
1	生物量/(g/株)	1 643.4 a	68.0 b	11.8 c	1 723.2 a
	比例/%	95.4	3.9	0.7	—
4	生物量/(g/株)	1 228.0 c	263.0 a	51.7 a	1 542.7 b
	比例/%	79.6	17.0	3.4	—
7	生物量/(g/株)	1 335.1 b	250.7 a	31.9 b	1 617.7 b
	比例/%	82.5	15.5	2.0	—

注:肉苁蓉茎秆包括肉苁蓉肉质茎、花序轴、蒴壳和花瓣,下同。

Note: *C. deserticola* stem includes fleshy stem, inflorescence axis, capsule shell and petal. The same as follows.

肉苁蓉寄生数目影响梭梭-肉苁蓉复合体各部分生物量所占比例。寄生4个肉苁蓉时梭梭生物量所占比例最低为79.6%,比对照降低15.8%,而肉苁蓉茎秆和种子生物量所占比例最高为17.0%和3.4%,比对照增加13.1%和2.7%。寄生7个肉苁蓉时,梭梭生物量所占比例比对照降低12.8%,而肉苁蓉茎秆和种子生物量所占比例比对照增加11.6%和1.3%。结果表明,增加单株梭梭上肉苁蓉寄生数目虽然降低单株梭梭-肉苁蓉复合体生物量,但通过调节梭梭-肉苁蓉复合体间的物质分配可

以增加肉苁蓉种子生物量。

2.3 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体非结构性碳水化合物的影响

肉苁蓉寄生数目影响梭梭-肉苁蓉复合体非结构性碳水化合物(Non-structural carbohydrate, NSC)的质量分数(表3)。寄生4个肉苁蓉时,梭梭中NSC质量分数比对照降低7.2%,而肉苁蓉茎秆中则增加25.4% ($P < 0.05$)。寄生7个肉苁蓉时,梭梭和肉苁蓉种子中NSC质量分数比对照降低5.5%和9.4%,而肉苁蓉茎秆中则增加27.8% ($P < 0.05$)。

表3 肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体非结构性碳水化合物的影响

Table 3 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the non-structural carbohydrates of *H. ammodendron*-*C. deserticola*

寄生数目 Parasitic number	指标 Index	梭梭 <i>H. ammodendron</i>	肉苁蓉茎秆 <i>C. deserticola</i> stem	肉苁蓉种子 Seed	梭梭-肉苁蓉单株 Plant
1	含量/(mg/g)	63.85 a	90.36 b	81.06 a	—
	累积量/(g/株)	104.94	6.14	0.96	112.04
	分配比例/%	93.7	5.5	0.9	—
4	含量/(mg/g)	59.26 b	113.31 a	80.03 a	—
	累积量/(g/株)	72.77	29.80	4.14	106.71
	分配比例/%	68.2	27.9	3.9	—
7	含量/(mg/g)	60.34 b	115.51 a	73.46 b	—
	累积量/(g/株)	80.56	28.96	2.34	111.86
	分配比例/%	72.0	25.9	2.1	—

肉苁蓉寄生数目对梭梭-肉苁蓉复合体 NSC 的累积量产生影响(表 3)。寄生 4 个肉苁蓉时单株梭梭-肉苁蓉复合体总的 NSC 累积量最低为 106.71 g/株,较对照降低 4.8%,其中梭梭体内 NSC 累积量较对照降低 30.7%,而肉苁蓉茎秆和种子中则较对照增加 385.3%和 331.3%。寄生 7 个肉苁蓉时单株梭梭-肉苁蓉复合体总的 NSC 累积量为 111.86 g/株,较对照降低 0.2%,其中梭梭体内 NSC 累积量较对照降低 23.2%,而肉苁蓉茎秆和种子中则较对照增加 371.3%和 143.8%。

肉苁蓉寄生数目影响梭梭-肉苁蓉复合体 NSC 的分配(表 3)。寄生 4 个肉苁蓉时,梭梭中 NSC 分配比例较对照降低 25.5%,而肉苁蓉茎秆和种子中则增加 22.4%和 3.0%。寄生 7 个肉苁蓉时,梭梭中 NSC 分配比例较对照降低 21.6%,而肉苁蓉茎秆和种子中则增加 20.4%和 1.2%。结果表明,通过调节单株梭梭上肉苁蓉寄生数目,可以优化梭梭-

肉苁蓉复合体 NSC 的分配,增加肉苁蓉种子中 NSC 累积量。

2.4 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉结实性和蒴果的影响

2.4.1 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉结实性的影响

肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉结实性产生影响,随着肉苁蓉寄生数目的增多,肉苁蓉蒴果数、有效果数和单株梭梭上寄生的肉苁蓉种子产量均先增加后降低,而结实率则逐渐降低(表 4)。肉苁蓉蒴果数、有效果数和单株梭梭上寄生的肉苁蓉种子产量均在寄生 4 个肉苁蓉时达到最大值,分别为 684 个、472 个和 51.7 g,分别比对照增加 505.3%、482.7%和 338.1%,而寄生 7 个肉苁蓉时则较对照增加 484.1%、403.7%和 170.3% ($P < 0.05$)。寄生 4 个和 7 个肉苁蓉时结实率分别比对照降低 2.9%和 9.9%。说明通过调节单株梭梭上肉苁蓉寄生数目,可以增加肉苁蓉蒴果数和有效果数,从而提高肉苁蓉种子产量。

表 4 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉结实性的影响

Table 4 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on fecundity

寄生数目 Parasitic number	蒴果数/个 Number of capsules	有效果/个 Number of effective capsules	结实率/% Seed setting rate	单株种子产量/g Seed yield per plant	
				2012 年	2013 年
1	113 b	81 c	71.8	11.8 c	12.5 c
4	684 a	472 a	68.9	51.7 a	49.6 a
7	660 a	408 b	61.9	31.9 b	33.2 b

注:结实率=有效果数/蒴果数 \times 100。

Note: Setting rate=Number of effective capsules/Number of capsules \times 100.

2.4.2 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉蒴果性状的影响

肉苁蓉寄生数目影响蒴果的性状。蒴果长、蒴果宽、每蒴果重和每蒴果种子重均随着肉苁蓉寄生数目的增多呈逐渐降低的趋势(表 5)。与对照相比,寄生 4 和 7 个肉苁蓉时蒴果长分别降低 10.9%

和 15.8%,蒴果宽分别降低 11.3%和 8.2%,每蒴果重分别降低 19.3%和 32.1%,每果种子重分别降低 23.6%和 45.8% ($P < 0.05$)。说明随着单株梭梭上肉苁蓉寄生数目的增加抑制了肉苁蓉蒴果的生长。

表 5 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉蒴果的影响

Table 5 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the capsule

寄生数目 Parasitic number	蒴果长/mm Capsule length	蒴果宽/mm Capsule width	每蒴果重/g Capsule weight	每果种子重/g Seed weight per capsule
1	15.18 a	10.48 a	0.218 a	0.144 a
4	13.52 b	9.30 b	0.176 b	0.110 b
7	12.78 c	9.62 b	0.148 c	0.078 c

2.5 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子质量的影响

2.5.1 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子粒径分布的影响

肉苁蓉寄生数目改变肉苁蓉种子粒径分布。随着肉苁蓉寄生数目的增多,大粒种子(>0.7 mm)所

占比例逐渐降低,而小粒种子(<0.5 mm)所占比例先降低后增加(表6)。寄生4和7个肉苁蓉时大粒种子所占比例分别比对照降低7.3%和27.8%。寄生4个肉苁蓉时小粒种子所占比例最小为8.1%,比对照降低4.5%,而寄生7个时则增加0.5%。

表6 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子粒径分布的影响

Table 6 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the seed size distribution

寄生数目 Parasitic number	种子粒径/mm Seed size		
	>0.7	0.5~0.7	<0.5
1	63.3	24.1	12.6
4	56.0	35.9	8.1
7	35.5	51.0	13.1

2.5.2 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子质量性状的影响

肉苁蓉寄生数目影响肉苁蓉种子质量性状。随着肉苁蓉寄生数目的增多,肉苁蓉种子千粒重、饱满度和萌发率呈降低的趋势(表7)。寄生4和7个肉

苁蓉时,种子千粒重较对照降低15.5%和5.2%,萌发率降低6.0%和13.4%($P < 0.05$)。在种子饱满度方面,寄生7个时种子饱满度较对照降低6.7%而寄生4个时与对照差异不显著。

表7 肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子质量性状的影响

Table 7 Effect of parasitizing different numbers of *C. deserticola* on the seed quality traits

寄生数目 Parasitic number	种子千粒重/g 1 000-grain weight	饱满度/% Seed plumpness	萌发率/% Seed germination
1	0.076 6 a	85.6 a	55.7 a
4	0.066 3 c	87.8 a	49.7 b
7	0.072 6 b	78.9 b	42.3 c

3 结论与讨论

寄生植物的生物学特性决定其生长发育所需物质必需由寄主植物供给^[14]。寄生植物寄生后成为寄主植物一个巨大的“库”,并且随着寄生植物的生长,作为“源”端的寄主植物进行光合作用所生产的以可循环利用的非结构性碳水化合物为主的同化物则不断由“源”向“库”转运,以保证寄生植物的生长^[15]。

如何提高肉苁蓉种子产量和质量,是当前肉苁蓉生产亟待解决的问题。肉苁蓉为寄生植物,其生长、蒴果和种子发育过程中所需的全部营养物质最终来源于寄主梭梭。因此,梭梭体内所累积的物质质量,本质上是梭梭体内可被肉苁蓉调运的物质质量,决

定着肉苁蓉的生长、种子发育和种子产量。关于肉苁蓉,已做很多研究工作,已有研究^[16-17]表明,梭梭和肉苁蓉间不仅有矿质元素的交流,也有有机物的转移。梭梭体内可被再利用的非结构性碳水化合物的总量随着梭梭树龄增长而提高^[10],而肉苁蓉寄生可以改变寄主植物同化物的累积和分配,促进同化物向肉苁蓉中分配^[18-19],同时通过调节梭梭-肉苁蓉“源-库”端的生长促进非结构性碳水化合物向肉苁蓉转运,可以提高肉苁蓉产量^[20-21]。但是,关于增加肉苁蓉寄生数目,促进非结构性碳水化合物向结实器官的分配,以提高肉苁蓉种子产量和质量的潜力,尚未见报道。

本试验以梭梭和肉苁蓉为材料,研究单株梭梭上肉苁蓉寄生数目对肉苁蓉种子产量和质量的影响

响。研究表明,适当增加单株梭梭上肉苁蓉寄生数目,能显著提高肉苁蓉种子产量。机理是优化了梭梭体内非结构性碳水化合物向肉苁蓉种子中的转移和分配。优化梭梭-肉苁蓉复合体间的物质分配,是提高肉苁蓉种子产量的有效途径。但梭梭-肉苁蓉-肉苁蓉种子产量之间存在着复杂的关系,更受环境条件、施肥灌水和种植密度等栽培措施的影响。因此,有必要作为专题进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2010版一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:126
- [2] Geng X C, Tian X F, Tu P F, et al. Neuroprotective effects of echinacoside in the mouse MPTP model of Parkinson's disease [J]. *Eur J Pharm*, 2007, 564(1/3): 66-74
- [3] Wen J H, Tai H F, Xu M, et al. Echinacoside elicits endothelium-dependent relaxation in rat aortic rings via an NO-cGMP pathway[J]. *Planta Med*, 2009, 75(13): 1400-1404
- [4] Jia Y M, Guan Q N, Guo Y H, et al. Reduction of inflammatory hyperplasia in the intestine in colon cancer-prone mice by water-extract of *Cistanche deserticola* [J]. *Phytother Res*, 2012, 26(6): 812-819
- [5] Jia Y M, Guan Q N, Guo Y H, et al. Echinacoside stimulates cell proliferation and prevents cell apoptosis by up-regulation of transforming growth factor-beta 1 expression in intestinal epithelial MODE-K cells[J]. *J Pharm Sci*, 2012, 118(1): 99-108
- [6] 杨太新, 王华磊, 王长林, 等. 华北平原管花肉苁蓉引种试验研究[J]. *中国农业大学学报*, 2005, 10(1): 27-29, 43
- [7] 杨太新, 王华磊, 王长林, 等. 管花肉苁蓉田间接种技术的研究[J]. *中国中药杂志*, 2005, 30(7): 488-490
- [8] 崔旭盛, 郑雷, 郭玉海, 等. 肉苁蓉花序长度与种子产量和质量的关系研究[J]. *中国种业*, 2011(6): 54-55
- [9] 闫妍, 郭玉海. 管花肉苁蓉花序不同部位种子质量与有效积温的关系[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(9): 70-73
- [10] 崔旭盛, 郭玉海, 杜友, 等. 梭梭碳水化合物含量与树龄关系的研究[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(5): 37-41
- [11] 郑雷, 崔旭盛, 吴艳, 等. 梭梭树龄与肉苁蓉种子产量关系的研究[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(2): 100-104
- [12] 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
- [13] 郑雷, 吴艳, 崔旭盛, 等. 肉苁蓉蒴果与种子发育研究[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(3): 68-72
- [14] Jiang F, Jeschke W D, Hartung W, et al. Does legume nitrogen fixation underpin host quality for the hemiparasitic plant *Rhinanthus minor* [J]. *J Exp Bot*, 2008, 59(4): 917-925
- [15] Westwood J H. Characterization of the *Orobanchae-Arabidopsis* system for studying parasite-host interactions [J]. *Weed Sci*, 2000, 48(6): 742-748
- [16] 黄勇, 郭东锋, 骆翔, 等. 寄生植物肉苁蓉及寄主微量元素的含量研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 32(4): 1030-1032
- [17] 黄勇, 刘晓萍, 骆翔, 等. 肉苁蓉寄生对梭梭生物量和碳水化合物含量的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2009, 14(5): 76-79
- [18] 郭玉海, 崔旭盛, 黄勇. 寄生植物和寄主植物间的物质分配[J]. *科学通报*, 2011, 56(30): 2527-2531
- [19] 骆翔, 翟志席, 郭玉海, 等. 管花肉苁蓉对柽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
- [20] 崔旭盛, 郑雷, 杜友, 等. 植物生长调节物质对梭梭和肉苁蓉生长的调节作用[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(5): 83-89
- [21] 杜友, 魏民, 马召, 等. 多效唑对柽柳和管花肉苁蓉物质分配的调控作用[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(6): 107-112

责任编辑: 袁文业