

## 锁阳寄生对白刺生物量及碳水化合物影响研究

吴艳 郑雷 崔旭盛 郭玉海\*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

**摘要** 为明确锁阳寄生对白刺各器官生物量以及碳水化合物含量、累积量和分配比例的影响,本研究采用称重法测定生物量、蒽酮比色法测定糖和淀粉的含量。结果表明:1)锁阳寄生后,白刺根、茎、叶生物量分别减少 2.58、6.87 和 4.61 g/株,寄生复合体生物量也降低 2.82 g/株。2)锁阳寄生后,白刺根、叶中可溶性糖的含量分别提高 0.8%、0.17%,茎降低 0.61%;白刺根、茎、叶淀粉含量分别提高 6.24%、1.87%、0.39%;非结构性碳水化合物的含量则分别提高 7.05%、1.25%、0.56%。3)锁阳寄生后,白刺根、茎、叶非结构性碳水化合物分配比例均分别降低 3.59%、25.09%、16.35%。研究结果说明锁阳寄生调整白刺体内碳水化合物更多地向锁阳中分配和累积。

**关键词** 锁阳; 白刺; 可溶性糖; 淀粉; 非结构性碳水化合物

中图分类号 Q 945;S 56

文章编号 1007-4333(2012)04-0053-05

文献标志码 A

## Influence on biomass and carbohydrate in *Nitraria tangutorum* Bobr. when it parasitized by *Cynomorium songaricum*

WU Yan, ZHENG Lei, CUI Xu-sheng, GUO Yu-hai\*

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

**Abstract** To understand the change of the biomass and carbohydrate, in each organ of *Nitraria tangutorum* when parasitized by *Cynomorium songaricum*, weighing and anthrone colorimetric methods were used to analyse their accumulation and distribution. After parasitization by *C. songaricum*, it was found that: 1) the biomass of *N. tangutorum* in roots, stems and leaves were reduced by 2.58, 6.87 and 4.61 g/plant respectively, and the biomass of parasitic complex of *Nitraria-Cynomorium* was reduced by 2.82 g/plant; 2) the content of sugar in roots, leaves of *N. tangutorum* were increased by 0.8% and 0.17%, whereas in stems the content decreased by 0.61%; the content of starch in roots, stems and leaves of *N. tangutorum* were increased by 6.24%, 1.87%, 0.39%; the content of non-structural carbohydrates in roots, stems and leaves of *N. tangutorum* were increased by 7.05%, 1.25%, 0.56%; 3) the allocation ratio of non-structural carbohydrates in roots, stems and leaves of *N. tangutorum* were reduced by 3.59%, 25.09%, 16.35% respectively. In a word, when *N. tangutorum* parasitized by *C. songaricum*, more carbohydrates were accumulated and distributed to *C. songaricum*.

**Key words** *Cynomorium songaricum*; *Nitraria tangutorum*; soluble sugar; starch; non-structural carbohydrates

锁阳(*Cynomorium songaricum* Rupr.)是锁阳科(Cynomoriaceae)锁阳属(*Cynomorium*)多年生寄生性草本植物,俗名不老药,具有补肾阳、益精血、润肠通便等功效。锁阳寄生于蒺藜科(Zygophyllaceae)白刺属(*Nitraria* L.)植物白刺的根部,主要分布于我国内蒙、宁夏、新疆、甘肃等地区,在蒙古和原苏联

等中亚地区也有分布<sup>[1-2]</sup>。

随着对锁阳药理药效研究的深入和公众保健意识的提高<sup>[3-5]</sup>,人们对锁阳的需求不断增长,野生资源已经远远不能满足日益增长的需求。因此,亟待对锁阳进行人工栽培。虽然目前已有锁阳人工栽培的报道<sup>[6]</sup>,但是锁阳寄生前后对寄主白刺碳水化合

收稿日期: 2012-01-16

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903001-2-3); 科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB23600014)

第一作者: 吴艳, 硕士研究生, E-mail: wuyan070620@163.com

通讯作者: 郭玉海, 教授, 博士生导师, 主要从事药用作物栽培研究, E-mail: yhgao@cau.edu.cn

物累积分配的影响尚不明确。相关研究表明,寄生植物生长发育所需要的营养物质和水分均来自寄主植物,寄主植物生长发育、物质分配和生理代谢都会受到寄生植物影响。寄生植物独脚金和肉苁蓉的研究已表明,被寄生之后寄主的生长量降低、光合能力提高、保护性酶类含量增加<sup>[7-8]</sup>。白刺被锁阳寄生后其生长发育和物质分配是锁阳高产栽培中一个亟待研究的问题。本试验以寄生植物锁阳及其寄主白刺为研究对象,探究锁阳寄生对白刺生长发育和碳水化合物累积和分配的影响,为锁阳生长发育的栽培调控提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区设在内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善左旗敖伦布拉格镇,地处乌兰布和沙漠东北部,东临黄河,属中温带典型的大陆性气候,海拔 1 323.9 m,位于 40°10'N,104°48'E;年均降水量 102.9 mm,年均气温 7.8 °C,年均蒸发量 2 258.8 mm,无霜期 168 d,光照 3 181 h,≥10 °C 的有效积温 3 289.1 °C,年均风速 4.1 m/s,风沙危害为主要自然灾害。土壤类型为风沙土,其下层为黏土。

### 1.2 材料

试验对照(CK)用未寄生锁阳的白刺,处理用寄生有锁阳的白刺。采取全株挖掘法于 2011 年 8 月下旬取样。

### 1.3 试验设计

采用随机区组试验设计,每处理重复 3 次。

### 1.4 样品处理

将白刺或白刺-锁阳植株分为根、茎、叶及锁阳 4 部分,将白刺根、茎、叶各部分用蒸馏水冲洗干净,于 80 °C 烘至恒重,称重,样品粉碎过 40 目筛备用。锁阳用 90 °C 水烫 1 min 灭活,50 °C 烘至恒重,称重。

### 1.5 测定指标及方法

锁阳和白刺干重采用称重法测定。可溶性糖和淀粉含量采用硫酸-蒽酮比色法测定<sup>[9-10]</sup>,非结构性碳水化合物含量为二者之和。所有非结构性碳水化合物的质量分数都是以干重计算的。

### 1.6 数据统计

采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 进行数据处理及统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 锁阳寄生对白刺生物量和器官间分配的影响

锁阳寄生后会使白刺总生物量和各器官生物量降低(表 1),其中锁阳寄生后白刺总生物量降低 29.96%,白刺-锁阳复合体生物量降低 6.01%。分器官看,锁阳寄生后白刺根、茎、叶生物量分别减少了 2.58、6.87 和 4.61 g/株,分配比例分别降低了 5.03%、11.34%和 9.13%,而锁阳却占整个寄生复合体生物量的 25.50%。

表 1 锁阳寄生对白刺生物量和器官间分配的影响

Table 1 Influence of biomass and allocation in different organs of *N. tangutorum* when parasitized by *C. songaricum*

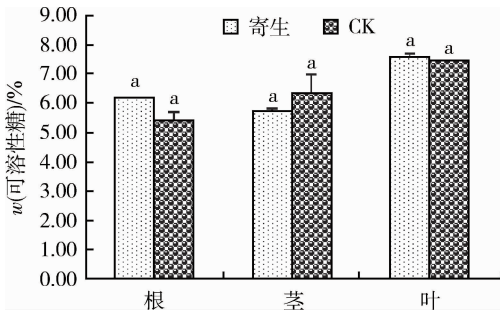
| 材料  | 处理       | 锁阳         | 白刺根       | 白刺茎        | 白刺叶       | 白刺总量   | 白刺-锁阳复合体 |
|-----|----------|------------|-----------|------------|-----------|--------|----------|
| CK  | 质量/(g/株) | —          | 6.12±0.81 | 31.09±0.50 | 9.72±1.13 | 46.93  | —        |
|     | 分配比例/%   | —          | 13.04     | 66.25      | 20.71     | 100.00 | —        |
| 寄生株 | 质量/(g/株) | 11.25±1.37 | 3.54±0.39 | 24.22±2.04 | 5.11±0.69 | 32.87  | 44.11    |
|     | 分配比例/%   | 25.50      | 8.01      | 54.91      | 11.58     | 74.50  | 100.00   |

### 2.2 锁阳寄生对白刺根、茎、叶可利用碳水化合物含量的影响

锁阳寄生对白刺根、茎、叶各器官非结构碳水化合物含量影响明显。锁阳寄生后白刺根、叶中可溶性糖的含量分别升高 0.8%和 0.17%,而茎中可溶性糖降低 0.61%(图 1),差异不显著。此外,锁阳寄生改变白刺各器官可溶性糖含量顺序,寄生前为叶>茎>根,而寄生后则变为叶>根>茎。

锁阳寄生后,白刺根、茎、叶淀粉含量分别提高 6.24%、1.87%和 0.39%(图 2),与对照相比,白刺根、茎中淀粉含量差异显著( $P<0.05$ )。此外,锁阳寄生改变了白刺各器官淀粉含量的顺序,寄生前为叶>根>茎,而寄生后则变为根>叶>茎。

锁阳寄生后,白刺根、茎、叶非结构性碳水化合物的含量分别提高了 7.05%、1.25%和 0.56%。此外,锁阳寄生对白刺各器官非结构性碳水化合物含



不同小写字母代表 LSD 检验差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下图同。

图 1 锁阳寄生对白刺各器官可溶性糖含量影响

Fig. 1 Content of soluble sugar in each organ of *N. tangutorum* when parasitized by *C. songaricum*

量顺序产生影响, 锁阳寄生前为叶 > 茎 > 根, 而寄生后则变为根 > 叶 > 茎 (图 3)。

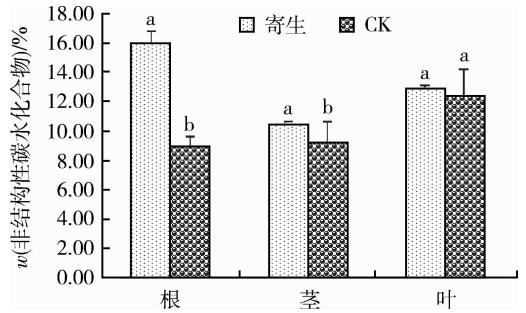


图 3 锁阳寄生对白刺各器官非结构性碳水化合物的影响

Fig. 3 Content of Non-structural carbohydrates in each organ of *N. tangutorum* when parasitized by *C. songaricum*

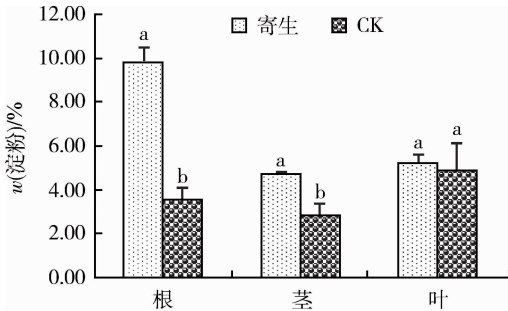


图 2 锁阳寄生对白刺各器官淀粉含量的影响

Fig. 2 Content of starch in each organ of *N. tangutorum* when parasitized by *C. songaricum*

### 2.3 锁阳寄生对白刺非结构性碳水化合物贮藏量及分配比例的影响

锁阳寄生后白刺各器官可溶性糖贮藏量和比例都有所减少, 白刺根、茎、叶可溶性糖贮藏量分别减少了 0.11、0.58 和 0.33 g/株, 分配比率分别降低了 4.3%、23.4% 和 11.92%。锁阳的可溶性糖贮藏量占到了白刺-锁阳复合体的 40.12%。此外, 锁阳寄生后寄生复合体各器官可溶性糖贮藏量顺序为白刺茎 > 锁阳 > 白刺叶 > 白刺根 (表 2)。

表 2 锁阳寄生对白刺碳水化合物贮藏量及分配比例的影响

Table 2 Carbohydrate storage and distribution in different organs of *N. tangutorum* when parasitized by *C. songaricum*

| 材料 | 测定项目      | 可溶性糖  |       | 淀粉    |       | 非结构性碳水化合物 |       |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
|    |           | CK    | 寄生    | CK    | 寄生    | CK        | 寄生    |
| 根  | 贮藏量/(g/株) | 0.33  | 0.22  | 0.22  | 0.35  | 0.55      | 0.57  |
|    | 分配比例/%    | 10.89 | 6.59  | 13.75 | 9.94  | 11.90     | 8.31  |
| 茎  | 贮藏量/(g/株) | 1.97  | 1.39  | 0.90  | 1.15  | 2.87      | 2.54  |
|    | 分配比例/%    | 65.02 | 41.62 | 56.25 | 32.67 | 62.12     | 37.03 |
| 叶  | 贮藏量/(g/株) | 0.72  | 0.39  | 0.48  | 0.27  | 1.20      | 0.66  |
|    | 分配比例/%    | 23.76 | 11.68 | 30.00 | 7.67  | 25.97     | 9.62  |
| 锁阳 | 贮藏量/(g/株) | —     | 1.34  | —     | 1.75  | —         | 3.09  |
|    | 分配比例/%    | —     | 40.12 | —     | 48.72 | —         | 45.04 |
| 合计 | 贮藏量/(g/株) | 3.03  | 3.34  | 1.60  | 3.52  | 4.62      | 6.86  |
|    | 分配比例/%    | 100   | 100   | 100   | 100   | 100       | 100   |

锁阳寄生后白刺根、茎淀粉贮藏量分别增加了0.13和0.25 g/株,叶减少了0.21 g/株,白刺根、茎、叶淀粉分配比例分别减少3.81%、23.58%和22.33%。此外,锁阳体内淀粉累积量达到1.75 g/株,分配比例达到寄生复合体的48.72%,寄生复合体各器官淀粉贮藏量的顺序为锁阳>白刺茎>白刺根>白刺叶(表2)。

锁阳寄生后,白刺茎和叶非结构性碳水化合物贮藏量分别减少0.33和0.54 g/株,白刺根增加0.03 g/株;白刺根、茎、叶非结构碳水化合物分配比例分别减少3.59%、25.09%和16.35%,而锁阳非结构性碳水化合物分配比例却占到寄生复合体的45.04%。此外,锁阳寄生后寄生复合体各器官非结构性碳水化合物贮藏量顺序为锁阳>白刺茎>白刺叶>白刺根(表2)。

### 3 讨论

1) 寄主植物体内可利用物质的累积与分配。光合作用的主要产物是碳水化合物,可分为结构性碳水化合物(structural carbohydrates, SC)和非结构性碳水化合物(Non-structural carbohydrates, NSC)两类<sup>[11-12]</sup>。前者主要构成植物机体基本骨架;后者包括可溶性糖(蔗糖和果糖等)和淀粉,参与植物生命过程的重要物质,是能量的主要储存形式,也是植物体内可被转化利用的主要物质<sup>[13]</sup>,这些物质的累积与代谢很大程度上影响着植株的生长发育和对环境因子的响应<sup>[14-15]</sup>。

正常情况下,植物体内可利用物质的分配会受到源库关系的影响,植物体内“源”“库”间同化物的运输主要受到库强度和库容量的调节,同时外界环境因子对植物同化产物的运输起到很大的调节作用<sup>[16-17]</sup>。

2) 寄生植物寄生对寄主植物碳水化合物的影响。寄生植物肉苁蓉的研究表明,肉苁蓉寄生于梭梭后,会使梭梭光合枝和根系生物量分别减少29.99%和18.64%,同时降低梭梭根系碳水化合物含量和贮存量,会使寄主体内物质优化分配<sup>[18-20]</sup>。同位素示踪也发现高粱被独脚金寄生后,高粱中碳水化合物可以向独脚金转运,转运量达到高粱体内产物的30%~35%<sup>[21-22]</sup>。此外,寄生植物碳水化合物的累积同样会受到环境因子的影响<sup>[23]</sup>。

3) 锁阳寄生对白刺生长发育和碳水化合物累积与分配的影响。锁阳寄生后所需物质水分均有寄主

白刺供给。本试验通过对比锁阳寄生前后白刺碳水化合物在各器官间的含量、累积量和分配的结果表明:①锁阳寄生后,白刺根、茎、叶生物量分别减少了2.58、6.87和4.61 g/株,而寄生复合体生物量也降低2.82 g/株,造成这种结果的原因可能是由于寄生植物锁阳的高呼吸消耗造成的。②锁阳寄生后,白刺根、叶中可溶性糖的含量分别升高0.8%和0.17%,茎中可溶性糖的降低0.61%;白刺根、茎、叶淀粉含量分别提高6.24%、1.87%和0.39%,而非结构性碳水化合物的含量则分别提高了7.05%、1.25%和0.56%。造成这种结果的原因可能是由于寄生植物锁阳的寄生刺激,使寄主白刺体内的物质更多的向可溶性糖等物质转化来提高对环境的适应能力。③锁阳寄生后,白刺根、茎、叶可溶性糖贮藏量分别减少了0.11、0.58和0.33 g/株;白刺根、茎淀粉贮藏量分别增加了0.13和0.25 g/株,叶减少0.21 g/株;白刺茎和叶非结构性碳水化合物贮藏量在锁阳寄生后分别减少0.33和0.54 g/株,白刺根增加0.03 g/株。④锁阳寄生后,白刺根、茎、叶可溶性糖、淀粉、非结构性碳水化合物分配比例均降低,而锁阳中这3种物质在寄生复合体中的分配比例分别占到40.12%、48.72%和45.04%。以上结果表明,锁阳寄生后白刺体内的碳水化合物会更更多地向锁阳分配和累积。

白刺-锁阳寄生复合体中的物质分配除了受锁阳的影响外,还会受到环境、栽培方式和农艺措施等的影响。采用栽培措施来调节白刺-锁阳寄生复合体的碳水化合物的流向和分配量以提高锁阳的产量仍需作进一步的深入探讨。

### 参 考 文 献

- [1] 马键泉. 蒙古植物志(第4卷)[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1979: 138
- [2] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1977: 2395
- [3] 王一峰, 王春霞, 杨文玺, 等. 锁阳资源的综合开发利用的研究[J]. 中兽医医药杂志, 2006(3): 65-68
- [4] 齐艳华, 苏格尔. 锁阳的研究进展[J]. 中草药, 2000, 31(2): 146-148
- [5] Lu Y, Wang Q, Melzig M F, et al. Extracts of *Cynomorium songaricum* protect human neuroblastom a cells from  $\beta$ -amyloid<sub>25-26</sub> and superoxide anion induced injury [J]. Die Pharmazie, 2009, 64(9): 609-612
- [6] 苏格尔, 李天然, 刘基煥, 等. 药用寄生植物锁阳的人工繁殖研

- 究[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,1993,24(3):324-329
- [7] 谭德远,郭水泉,王春玲,等. 寄生植物肉苁蓉对寄生梭梭生长及生物量的影响的研究[J]. 林业科学研究,2004,17(4):472-478
- [8] 谭德远,郭水泉,刘玉军,等. 梭梭被肉苁蓉寄生后生理代谢反应[J]. 林业科学研究,2007,20(4):495-499
- [9] Gao J F. Plant Physiology and Lab Technology[M]. Xi'an: World Publishing Press,2000:145-148
- [10] Buysse J, Merckx R. An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue [J]. Journal of Experiment Botany,1994,44:1627-1629
- [11] Ericsson T, Rytter L, Vapaavuri E. Physiology and allocation in trees[J]. Biomass Bioenergy,1996,11(2/3):115-127
- [12] Korner C H. Carbon limitation in trees[J]. Journal of Ecology, 2003,91:4-17
- [13] Mohr H, Schopfer P. Plant Physiology[M]. Berlin: Springer Verlag,1995:54
- [14] 潘庆民,韩兴国. 植物非结构性贮藏碳水化合物的生理生态学 研究进展[J]. 植物学通报,2002,19(1):30-38
- [15] Koch K E. Carbohydrate-modulated gene expression in plants [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Bio,1996,47:509-540
- [16] 计玉妹,朱祝军,钱琼秋. 钾、磷缺乏对番茄植株中碳水化合物分配的影响[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2002,20(3):199-202
- [17] 陈晓远,罗元培. 土壤中水分变动对冬小麦干物质分配和产量的影响[J]. 中国农业大学学报,2001,6(1):96-103
- [18] 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
- [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] 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
- [21] Roger W E, Nelson R R. Penetration and nutrition of *Striga asiatica* [J]. Hytopathology,1962,52(10):46-70
- [22] Press M C, Stewart G R. Growth and photosynthesis in *Sorghum bicolor* infected with *Striga hermonthica* [J]. Annals of Botany,1987,60:657-662
- [23] 杨国涛,郭玉海,杜友,等. 干旱胁迫对柽柳-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

责任编辑:袁文业