

# 间作毛葱和马铃薯增加连作大豆的产量

周克琴<sup>1</sup>, 张秋英<sup>1</sup>, 刘晓冰<sup>1</sup>, 张兴义<sup>1</sup>, 巴国民<sup>2</sup>

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所 黑土农业生态重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150081;

2. 沈阳军区 龙镇农副业基地, 黑龙江 五大连池 164135)

**摘要:** 在黑龙江省大豆长期连作地块上, 选用主要经济作物毛葱、马铃薯、大麻和烟草, 分别与连作大豆间作, 组成四个间作体系, 探讨了不同作物间作对连作大豆主要生物学效应的影响。结果表明, 与单作大豆相比, 间作毛葱或马铃薯, 连作大豆产量分别增加12%和9%, 而间作大麻或烟草, 大豆产量分别减少18%和7.6%。间作毛葱、马铃薯和烟草, 苗期大豆根腐病病情指数分别降低18.3%, 28.5%和34.2%, 而间作大麻, 大豆根腐病病情指数提高10.3%。毛葱或马铃薯与大豆间作, 显著增加生育后期的干物质积累, 增加有效荚数、单株粒数和百粒质量。毛葱/大豆和马铃薯/大豆间作在黑龙江省大豆长期连作地块具有一定的应用价值。图2, 表2, 参27。

**关键词:** 经济作物; 间作; 大豆连作; 病害; 产量

中图分类号: S344.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-2961(2012)03-0155-06

## Intercropping Chinese Onion and Potato Increase the Yield of Continuous Soybean

ZHOU Ke-qin<sup>1</sup>, ZHANG Qiu-ying<sup>1</sup>, LIU Xiao-bing<sup>1</sup>, ZHANG Xing-yi<sup>1</sup>, BA Guo-min<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Mollisols Agroecology, Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Harbin 150081, China;

2. Longzhen Farm of Shenyang PLA Farming and sideline Production Administration, Wudalianchi 164135, China)

**Abstract:** The biological changes in continuous soybean by soybean intercropped with Chinese onion (*Allium fistulosum* L.), potato (*Solanum tuberosum* L.), hemp (*Cannabis Sativa* L.) and tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) were investigated in a long-term continuous soybean Mollisols field of Northeast China. The results indicated that compared with soybean monoculture, the yield of continuous soybean was increased by 12% and 9% in Chinese onion/soybean and potato/soybean intercropping systems while it was decreased by 18% and 7.6% in hemp/soybean and tobacco/soybean intercropping systems. Disease severity index of root rot in continuous soybean was decreased by 18.3%, 28.5% and 34.2% respectively with increased control effect in Chinese onion/soybean, potato/soybean and tobacco/soybean intercropping systems while it was increased by 10.3% in hemp/soybean intercropping system. Above ground dry matter accumulation at later stage of soybean growth and yield components were all increased significantly in Chinese onion/soybean, and potato/soybean intercropping systems. We conclude that Chinese onion/soybean and potato/soybean intercropping are of values in long-term continuous soybean farmland in Heilongjiang province.

**Key words:** cash crop; intercropping; continuous soybean; disease; yield

作物间作是我国传统农业中精耕细作、集约种植的一种方式, 可以充分利用地上和地下的自然资源<sup>[1]</sup>, 具有良好的间作优势。与单作相比, 间作种植模式具有明显的产量优势, 如玉米/大豆间作<sup>[2]</sup>, 小麦/玉米间作<sup>[3]</sup>, 马铃薯/大豆<sup>[4]</sup>, 玉米/辣椒<sup>[5]</sup>等, 明显增加了系统优势。这是由于间作有效提高光合效率<sup>[5-6]</sup>、氮肥和水分的利用效率<sup>[3,7-8]</sup>, 减缓肥料磷在土壤中缓释和固定<sup>[9]</sup>、改善微量元素锰的吸收<sup>[10]</sup>及降低蔬菜体内硝酸盐含量<sup>[11]</sup>。作物间作影响农田生物多样性, 改变根际微生物群落组成, 增加了根际细菌、真菌、放线菌数量和微生物总量<sup>[12-13]</sup>。肖焱波等应用根系分隔技术对间作作物进行细致分析发现, 种间间作存在养分互惠和养分竞争, 间作玉米吸氮量、根际脲酶活性、根际细菌数量、地上部干物质质量分别比单作玉米显著增加<sup>[14]</sup>。间作玉米, 大豆根际脲酶活性、根际细菌数量分别比单作大豆显著增加。然而, 过去20 a, 东北地区间作种植面积逐步减少, 而玉米大豆连作面积增加。黑龙江省大豆重迎茬面积已

收稿日期: 2012-05-10; 修回日期: 2012-07-05.

基金项目: 中国科学院东北地理与农业生态研究所青年博士研究基金项目(KZCX3-SW-NA3-28)和黑龙江省科技项目TC09B24.

第一作者简介: 周克琴(1970-), 女, 吉林人, 博士, 副研究员, 主要从事植物营养研究.

通讯作者: 张秋英(1962-), 女, 黑龙江人, 研究员, 主要从事大豆栽培生理和育种研究.

占大豆播种面积的40%~50%<sup>[15]</sup>。连作大豆植株生育不良、根际微生物群落和稳定性破坏、易遭受病虫害侵袭,产量和品质下降,是黑龙江省大豆总产量低的主要原因<sup>[16-19]</sup>。以大豆连作10 a的地块为研究对象,选用主要经济作物毛葱、马铃薯、大麻(*Cannabis Sativa L.*, 俗称线麻,纤维用,下同)和烟草,分别与连作大豆间作,探讨不同作物间作对连作大豆的主要生物学效应,以期达到克服大豆连作障碍,增加产量的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

研究于2010年在黑龙江省海伦市前进乡光荣村进行,中心地理位置为北纬47°26",东经126°38",海拔高度240 m。年降水量500 mm~600 mm,70%集中在5月~9月,无霜期130 d左右。该区为典型黑土,主栽作物为大豆。试验地块为连续10 a大豆连作地块。

### 1.2 试验设计

选用毛葱、马铃薯、大麻、烟草4种作物与大豆间作。小区长8 m,宽5.36 m,垄距0.67 m,即每个小区8垄,面积42.9 m<sup>2</sup>。间作比例为2垄间作物间作2垄大豆,即2:2间作。每个处理3次重复,随机区组排列。

### 1.3 作物种植方式及品种

毛葱选用前进乡主栽品种兔耳红。2010年4月5日人工栽种毛葱,垄上双行,株距10 cm,施钾肥37.5 kg·hm<sup>-2</sup>,二铵225 kg·hm<sup>-2</sup>,尿素225 kg·hm<sup>-2</sup>。6月下旬人工采收。马铃薯选用海伦一号,4月5日人工栽种马铃薯块茎,垄上双行,株距20 cm,施二铵225 kg·hm<sup>-2</sup>、钾肥450 kg·hm<sup>-2</sup>、尿素300 kg·hm<sup>-2</sup>。7月下旬人工收获。大麻为当地农家品种,撒播,施尿素134 kg·hm<sup>-2</sup>,二铵56 kg·hm<sup>-2</sup>,保苗200万株·hm<sup>-2</sup>。烟草为黑龙江省烟草公司提供,5月10日定植,株距为40 cm,施肥量尿素22 kg·hm<sup>-2</sup>,二铵167 kg·hm<sup>-2</sup>,人工采收。大豆品种为东北地理与农业生态研究所提供的东生1号,5月10日播种,密度为28万株·hm<sup>-2</sup>,施二铵150 kg·hm<sup>-2</sup>左右,钾肥52.5 kg·hm<sup>-2</sup>左右,尿素30 kg·hm<sup>-2</sup>左右。人工收割。

### 1.4 测定项目

大豆苗期进行根腐病病情指数和每株根系根瘤数的测定。大豆根腐病调查分级如下:0级,无病斑;1级,零星病斑;2级,成片零星病斑;3级,病斑面积占根面积的1/4;4级,病斑占根表面积的1/3;5级,病斑面积占根表面积的1/2;6级,病斑面积超过根表面积的1/2。发病率=发病株数/调查总数。病情指数=∑发病株数\*发病级数/调查总株数\*发病最高级数。每个小区调查7株,并分别于苗期(V5,7月8日)、结荚始期(R3,7月24日)、子粒形成始期(R5,8月21日)采样,测定地上部分干质量,(105℃烘箱中杀青30 min,后降温至70℃~80℃烘至恒质量)。收获成熟时,每小区取4 m<sup>2</sup>测大豆的产量。每小区取10株考种,测得株高、荚数、荚粒数、单株粒质量、百粒质量。

应用DPSS软件(Turkey)对所有数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苗期大豆根腐病病情指数和根瘤数变化

苗期是大豆根腐病的发生高峰期,尽管4种间作模式的连作大豆都100%发病,但与单作大豆相比,间作毛葱、马铃薯和烟草,大豆根腐病病情指数分别降低18.3%,28.5%和34.2%,差异显著( $p < 0.05$ ),防效提高,而间作大麻,大豆根腐病病情指数提高了10.3%,防效降低但无显著差异,见表1。与单作大豆相比,间作烟草显著增加苗期大豆根瘤数目60.4% ( $p < 0.05$ ),而间作毛葱大豆根瘤的数目显著降低41.2% ( $p < 0.05$ );马铃薯和大麻大豆根瘤的数目也降低,分别为21.6%,25.2%,但两个处理间没有显著差异,见表1。

## 2.2 不同生育期地上部大豆生物量的差异

间作大豆与单作大豆干物质积累进程明显不同，4种间作体系中大豆植株地上部干物质积累速率在不同时期的变化非常明显，见图1。尽管间作毛葱与单作大豆地上部干物质积累在V5苗期没有差异，烟草、马铃薯、大麻干物质积累显著高于毛葱与单作处理 ( $p < 0.05$ )，但随着生育进程推进到R3结荚始期，毛葱、马铃薯和烟草间作体系中的大豆地上部干物质积累量显著高于对照，间作毛葱、马铃薯的差异在R5期更加明显 ( $p < 0.05$ )。而R5期大麻和烟草间作大豆的干物质积累量显著低于对照。

表1 不同作物与连作大豆间作对大豆苗期抗病性和根瘤的影响

Tab. 1 Effects of intercropping on disease resistance and nodule number at seedling stage of continuous soybean

间作作物 Intercropping	病情指数 Disease index	发病率% Incidence	防效% Control effect	根瘤数 Nodule No. /plant
毛葱 Chinese onion	0.318 b	100	18.8 c	45.6 c
马铃薯 Potato	0.278 c	100	28.6 b	60.8 b
大麻 Hemp	0.429 a	100	-10.1 d	58.0 b
烟草 Tobacco	0.256 c	100	34.3 a	124.5 a
CK	0.389 a	100		77.6 b

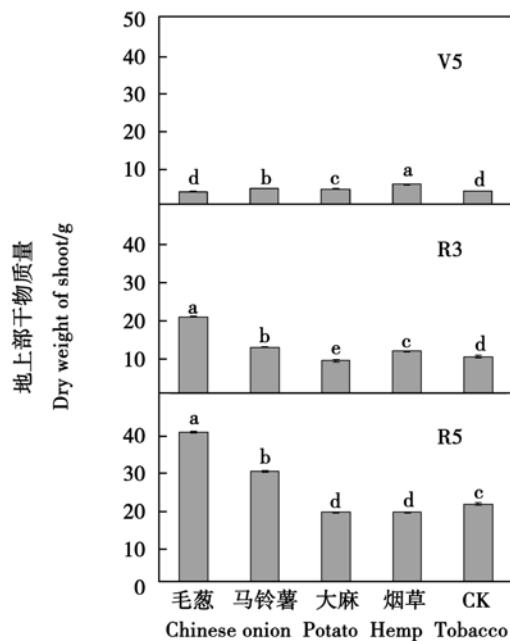


图1 不同间作体系对大豆地上部干质量的影响

Fig. 1 Effect of intercropping on the above ground weight of continuous soybean

## 2.3 间作对大豆产量和产量构成的影响

与单作大豆相比，间作显著影响连作大豆的产量。毛葱和马铃薯间作大豆，分别增加连作大豆产量12%和9% ( $p < 0.05$ )，而大麻和烟草间作大豆，分别减少连作大豆产量18%和7.6% ( $p < 0.05$ )，见图2。不同作物间作对连作大豆株高影响很大，马铃薯间作连作大豆植株最高，为84 cm，比单作高出10.8%，而烟草间作大豆株高最低，为70 cm，比单作降低7.5%。与大豆单作相比，毛葱和马铃薯间作分别增加连作大豆有效荚数42.5%和20.5%，增加单株粒数39.4%和13.6%，单株粒质量增加25.2%和9.4%，百粒质量增加5.4%和17.8%。毛葱间作大豆，1粒荚、2粒荚、3粒荚和4粒荚数目都显著增加，分别为43.7%，64.2%，17.2%和61.1% ( $p < 0.05$ )；马铃薯间作大豆，1粒荚和2粒荚的数目分别增加42.2%和34.8% ( $p < 0.05$ )，而对3粒和4粒荚没有影响。然而，大麻和烟草间作大豆，与大豆单作

相比,有效荚数分别减少 25.0% 和 5.5%,单株粒数减少 36.1% 和 30.9%,单株粒质量减少 23.9% 和 36.1%,但对 1 粒荚和 2 粒荚的数目没有影响。大麻间作大豆 3 粒荚和 4 粒荚数目分别减少 53.6% 和 94.4%,百粒质量没有显著变化;烟草间作大豆 3 粒荚和 4 粒荚数目分别减少 55.4% 和 50%,百粒质量减少 11.3%,见表 2。

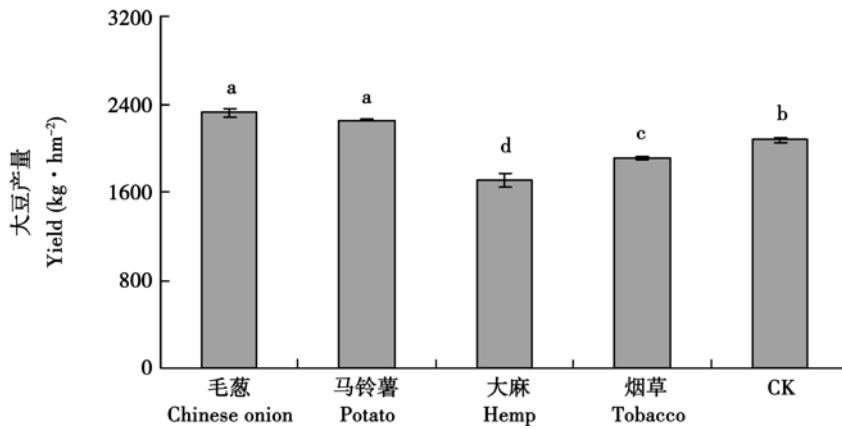


图 2 不同作物与大豆间作对连作大豆产量的影响

Fig. 2 Effect of intercropping on the yield of continuous soybean

表 2 不同作物与大豆间作对连作大豆产量构成的影响

Tab. 2 Effects of intercropping on the yield components of continuous soybean

间作作物 Intercropping	株高 cm Plant height	瘪粒荚 non - Seed pod No.	一粒荚 One - seed pod No.	二粒荚 Two - seed pod No.	三粒荚 Three - seed pod No.	四粒荚 Four - seed pod No.	单株粒质量 g Seed weight/plant	百粒质量 g 100 - seed weight
毛葱 Chinese onion	74.5 bc	4 ab	10.2 a	17.9 a	12.9 a	2.9 a	15.9 a	19.5 b
马铃薯 Potato	84.0 a	2.5 c	10.1 a	14.7 b	10.2 b	2.1 b	13.9 b	21.8 a
大麻 Hemp	76.1 b	4 ab	7.4 b	10.5 c	5.1 c	0.1 d	9.67 d	18.4 c
烟草 Tobacco	70.1 c	3.5 b	7.7 b	10.2 c	4.9 c	0.9 c	8.12 d	16.4 b
CK	75.8 b	4.8 a	7.1 b	10.9 c	11.0 b	1.8 b	12.7 c	18.5 c

### 3 讨论

合理的间作方式能提高光能利用率和有效性,对作物高产、稳产具有重要的实践意义<sup>[5-6]</sup>。研究发现,与单作大豆相比较,毛葱/大豆和马铃薯/大豆间作体系中,连作大豆后期表现出生长优势,干物质积累增多,最终产量明显增加。而间作大麻和烟草干物质积累减少,产量下降。

毛葱和马铃薯与连作大豆间作增加产量,可能与这两种作物植株矮小,行间光分布状况明显改善,边行效应明显,收获早,与大豆共处时间短有关。已有研究表明:开花后增加行间光辐射 25%,增加大豆不同品种产量 9.1% ~ 63.3%<sup>[20]</sup>。大麻/大豆和烟草/大豆间作体系中,大麻和烟草与大豆有较长的共处期,中后期叶片茂盛,对灌浆期的大豆具有明显的遮光作用,大豆顶部和两侧光强降低,大豆光合速率下降,大豆处于间作劣势,大豆的总产量下降。Lesoing 等利用玉米/大豆高矮间作群体内玉米的产量增加,

而大豆的产量降低或者不变<sup>[21]</sup>。玉米产量的增加主要来自低矮大豆造成的光以及 CO<sub>2</sub> 通道以及大豆固氮对玉米氮营养的贡献，而大豆产量减少则是玉米对大豆的遮光作用。

利用生物多样性开展间作可有效防治作物病害。主要是因为不同物种的病虫害分类不同，不同物种形成屏障阻隔病虫害传播，种植密度减小减缓病害传播蔓延，作物根际的分泌物改变微生态环境<sup>[22]</sup>。研究发现，毛葱/大豆、马铃薯/大豆有效降低了前期大豆根腐病的病情指数，提高了防效。大麻/大豆体系中大豆的根腐病发病程度提高，可能是大麻根际分泌物以及微生物活动等微环境促进了病原菌的发展。

研究发现：毛葱或马铃薯与大豆间作增加连作大豆的产量，是有效荚数、单株粒数和百粒质量 3 者共同增加的结果，这显然是间作的后期效应的作用。因为大豆生殖生长期源强度改变对产量的影响远大于营养生长期源强度的变化，决定每荚粒数及籽粒大小是在 R5 ~ R7 期，R1 ~ R5 期合成的同化产物主要影响荚数的形成<sup>[19]</sup>。谢永利和陈颖也曾指出，间作方式中存在着明显的互补与竞争，互补与竞争对生殖器官效应大于营养器官<sup>[23]</sup>。实际上，间作作物优势是间作物地上和地下共同作用的结果<sup>[2,24-26]</sup>。李隆等利用根系分隔的方法研究种间地上部和地下部的交互作用，结果表明，在小麦/大豆间作中，隔离的边行小麦籽粒产量比里行小麦高 30.4%，不隔离的边行籽粒产量比里行的高 53.6%，根际效应的贡献率为 23.2%，地上部因素为 30.4%<sup>[27]</sup>。

大豆连作加剧了大豆 - 土壤这两个系统之间的矛盾，土壤营养元素单一消耗，刺激根系分泌物的产生，从而引起土壤物理、化学性状（自身化感作用）及生物活性的改变，病虫害严重，植株生长发育不良，最终导致大豆产量和品质下降<sup>[16-19]</sup>。研究是以 10 a 连作大豆地块为前茬的间作栽培，毛葱/大豆和马铃薯/大豆系统中的大豆既增加了产量又有效提高了根腐病的防效，建议连作多年的地块，根据当地的生产实际，采用大豆与这两种经济作物间作以减少大豆连作带来的产量损失。此外，为深入分析这两种作物的增产作用，今后应把连作大豆土壤根系进行隔离，研究不同间作系统中作物根系形态特征、根系活力、根际土壤有效养分含量以及土壤微生物多样性。毛葱或马铃薯与大豆间作减少大豆根瘤的数目的现象也值得深入探讨。

**致谢：** 研究项目得到黑龙江省科技厅十二五农业引导项目的支持。

## 参考文献：

- [1] Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, et al. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. [J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2009, 29 (1): 43 - 62.
- [2] 刘均霞, 陆引罡, 远红伟, 等. 玉米/大豆间作条件下养分的高效利用机理 [J]. *山地农业生物学报*, 2007, 26 (2): 105 - 109.
- [3] 孙建好, 李 隆, 张福锁, 等. 不同施氮水平对小麦/玉米间作产量和水分效应的影响 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23 (7): 345 - 348.
- [4] 胡应锋, 王余明, 王西瑶. 马铃薯大豆间作模式效益分析 [J]. *中国农学通报*, 2009, 25 (4): 111 - 114.
- [5] 宫秀杰, 腾云飞, 钱春荣, 等. 玉米/辣椒间作复合群体生理效应研究 I. 不同间作方式对玉米/辣椒光合速率和产量的影响 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26 (21): 111 - 114.
- [6] 李 植, 秦向阳, 王晓光, 等. 大豆/玉米间作对大豆叶片光合特性和叶绿素荧光动力学参数的影响 [J]. *大豆科学*, 2010, 29 (5): 808 - 811.
- [7] 焱 波, 李 隆, 张福锁. 小麦/蚕豆间作体系中的种间相互作用及氮转移研究 [J]. *中国农业科学*, 2005, 38 (5): 965 - 973.
- [8] 苗 锐, 张福锁, 李 隆. 玉米/蚕豆、小麦/蚕豆和大麦/蚕豆间作体系地上部、地下部生物量及作物含氮量分析 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24 (7): 148 - 152.
- [9] 张恩和, 张福锁, 黄 鹏. 小麦大豆间套种植对磷素在土壤中的转化及有效性的影响 [J]. *土壤通报*, 2000, 31 (3): 130 - 131.
- [10] 赵秀芬, 房增国, 吕世华, 等. 根系不同分隔方式下油菜和鹰嘴豆对小麦锰营养的影响 [J]. *华北农学报*, 2009, 24 (6): 133 - 137.
- [11] 吴 琼, 赵同科, 安志装, 等. 茄子/大葱间作及氮肥调控对植株硝酸盐含量及养分吸收的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29 (11): 2071 - 2075.
- [12] 宋亚娜, Petra M, 张福锁, 等. 小麦/蚕豆, 玉米/蚕豆和小麦/玉米间作对根际细菌群落结构的影响 [J]. *生态学报*, 2006, 26 (7): 2268 - 2274.

- [13] 董艳, 汤利, 郑毅, 等. 小麦-蚕豆间作条件下氮肥施用量对根际微生物区系的影响 [J]. 应用生态学报, 2008, 19 (7): 1559-1566.
- [14] 肖焱波, 李隆, 张福锁. 两种间作体系中养分竞争与营养促进作用研究 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12 (4): 86-89.
- [15] 王宗玮, 张鑫生, 闫飞. 大豆连作障碍机理的研究简述 [J]. 吉林农业科学, 2009, 34 (3): 12-13, 27.
- [16] 刘晓冰, 于广武, 许艳丽. 大豆连作效应分析 [J]. 农业系统科学与综合研究, 1990 (3): 40-44.
- [17] 许艳丽, 王光华, 韩晓增. 连作大豆生物障碍研究 [J]. 中国油料, 1997, 19 (3): 46-49.
- [18] 韩晓增. 重迎茬大豆植株氮磷钾含量与积累特征的研究 [J]. 农业现代化研究, 1997, 18 (6): 371-374.
- [19] 刘忠堂, 于龙生. 重迎茬对大豆产量与品质影响的研究 [J]. 大豆科学, 2000, 19 (3): 229-237.
- [20] Liu X B, Herbert S J, Hashemi A M, et al. Responses of Soya bean Yield and Yield Component Distribution across the Main Axis under Source-Sink Manipulation [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2006, 192 (2): 140-146.
- [21] Lesoing G W, Francis C A. Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum and soybean [J]. Agronomy Journal, 1999, 91 (5): 807-813.
- [22] Trenbath B R. Intercropping for the management of pests and diseases [J]. Field Crops Research, 1993, 34 (3-4): 381-405.
- [23] 谢永利, 陈颖. 不同间作方式对玉米产量的影响 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 23 (5): 381-385.
- [24] 高阳, 段爱旺, 刘战东, 等. 玉米/大豆间作条件下的作物根系生长及水分吸收 [J]. 应用生态学报, 2009, 20 (2): 307-313.
- [25] Uikman P J K, Jansen A G, Van Veen J A.  $^{15}\text{N}$ -Nitrogen mineralization from bacteria by protozoan grazing at different soil moisture regimes [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1991, 23 (2): 193-200.
- [26] Lafolie F, Bruckler L, Ozier-Lafontaine H, et al. Modeling soil-root water transport and competition for single and mixed crops [J]. Plant and Soil, 1999, 210 (1): 127-143.
- [27] 李隆, 杨思存, 孙建好, 等. 小麦/大豆间作中作物种间的竞争作用和促进作用 [J]. 应用生态学报, 1999, 10 (2): 197-200.