

不同施肥处理对蚕豆根系及根瘤的影响*

王 静¹, 段红平^{1**}, 包世英², 李少明¹, 王丽萍¹

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201;

2. 云南省农业科学院粮食作物研究所, 云南 昆明 650205)

摘要: 以蚕豆品种89-147为材料, 在大田条件下研究了不同施肥处理对蚕豆根系及根瘤的影响。结果表明: 单施磷肥和磷钾肥配施在现蕾期和开花期对根系和根瘤生长均有较好的促进作用; 单施钾肥在各个时期对根系和根瘤生长的促进作用不大; 氮磷钾肥配施对根系生长较好, 但在现蕾期和开花期对根瘤生长有抑制作用。从经济产量结果看, 氮磷钾肥配施的产量最高, 其次为单施磷肥和磷钾肥配施, 单施钾肥增产效应不大。

关键词: 施肥; 蚕豆; 根系; 根瘤; 产量

中图分类号: S 643.6.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2007)04-0555-05

The Effect on the Root System and Nodules of Faba Bean under Different Fertilizer Treatments

WANG Jing¹, DUAN Hong-ping¹, BAO Shi-ying², LI Shao-ming¹, WANG Li-ping¹

(1. Faculty of Resources and Environment, Y A U, Kunming 650201, China;

2. Food Crops Research, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: The effect on the root system and nodule of faba bean under different fertilizer treatments were studied with the cultivar 89-147 under farm experiment. The results showed that it was benefit for the root system and nodule growth of faba bean on squaring stage and blooming stage under phosphorus and phosphorus add potassium fertilizer; The benefit was not significant for the root system and nodule growth of faba bean in all stage under potassium fertilizer; nitrogenous add phosphorus add potassium fertilizer was benefit for the root system growth, but it restrained to the nodule growth of faba bean on squaring stage and blooming stage. From the yield, supreme yield was the treatment under nitrogenous add phosphorus add potassium fertilizer, second were phosphorus and phosphorus add potassium fertilizer, potassium fertilizer have little production.

Key words: fertilizer; faba bean; root system; nodules; yield

云南是中国蚕豆栽培面积最大的省份, 常年播种面积27万 hm^2 , 产量占全国之首, 达5亿多 $\text{kg}^{[1]}$ 。蚕豆作为固氮植物, 根瘤所固定的氮素1/2~3/4供蚕豆吸收利用。环境中矿质营养元素的存在形态、含量和配比的不同均会影响到植株的生长、耐性、根瘤数、根瘤的干重以及固氮酶活性等^[2]。EAGLESHAM研究^[3]发现, 含氮化合物会影响根瘤菌对寄主的侵染、

根瘤的发育和固氮能力。有试验研究表明, 蚕豆施氮增产效应在生育初、末期明显, 而中期则有抑制效应或增产不明显, 这是由于中期施氮肥抑制根瘤生长造成的^[4]。刘丽君等^[5]对大豆的研究表明, 种肥高施氮肥水平对不同品种大豆的根瘤形成均有抑制作用, 还会引起根瘤的早衰。蚕豆是吸磷能力较强的作物, 施磷促进地上部分株高、营养体的生长, 使主根增加, 侧

收稿日期: 2006-11-07

* 基金项目: 云南省“十五”科技攻关项目(2001NG17)。

** 通讯作者

作者简介: 王静(1982-), 女, 云南临沧人, 硕士研究生, 主要从事农业生态环境研究。

根数、根瘤数增加。植物结瘤和保持固氮酶活性比正常生长需更多的磷^[5,6],刁治民等^[7]研究发现,施用磷肥对增加根瘤数目以及根瘤干重有较好作用。SANGINGA^[8]研究认为,施磷肥后根瘤菌的侵染能力增强,有效根瘤数增多,植株根瘤固氮能力提高。钾参与了调节寄主细胞膜渗透及一系列同化过程,促进植物生长,提高光合效率,保证植物的结瘤和固氮酶活性。刘连全等^[9]发现蚕豆施钾肥能促进根瘤形成与固氮能力增加。目前,就施肥对蚕豆及其根瘤的影响的研究开始增多,但各地土壤、气候、品种等有所差异。本研究试图以云南蚕豆为研究对象,探讨不同肥料配合对蚕豆根系及根瘤的效应,结合产量结果,找出促进蚕豆根系、根瘤生长及产量的施肥措施,为蚕豆生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试品种

本研究采用的蚕豆品种为 89-147,由云南省农业科学院粮食作物所豆类室供种。

1.2 试验设计与处理

1.2.1 试验设计

本研究采用单因素完全随机区组设计,5 个处理 3 重复,共 $3 \times 5 = 15$ 个小区,小区面积为 $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$,密度为 $150\,000 \text{ 株}/\text{hm}^2$,行距 33.33 cm ,株距 20 cm ,每行 20 株(每点播 1 粒,出苗后查缺补苗)。试验地点设在云南省农业科学院试验田。

1.2.2 试验处理

处理 1:不施肥处理作为对照;处理 2:单施磷肥处理(磷肥 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$);处理 3:单施钾肥处理(钾肥 $150 \text{ kg}/\text{hm}^2$);处理 4:磷钾肥配合施肥处理(磷肥 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$,钾肥 $150 \text{ kg}/\text{hm}^2$);处理 5:氮磷钾肥配合施肥处理(氮肥 $75 \text{ kg}/\text{hm}^2$,磷肥 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$,钾肥 $150 \text{ kg}/\text{hm}^2$)。

氮肥为尿素,含氮量 46%;磷肥为普通过磷酸钙,含五氧化二磷 17% 以上;钾肥为硫酸钾,含氧化钾 50%。幼苗 4 台叶时追施(点施于近植株的基部后培土)。

1.3 研究内容与方 法

1.3.1 样品采集

分别于蚕豆 6 台叶期(2005 年 12 月 14 日)、现蕾期(2006 年 1 月 14 日)、开花期(2006 年 2 月 20 日)、结荚期(2006 年 3 月 24 日)采样。选定有代表性植株后挂牌,每次每小区在采用区采三株有代表性的完整植株样。以植株为中心,10 cm 为半

径,四面用铲子垂直插入土中,要尽量保证根系完整及地上部分完整。

将采回的样品分装在尼龙袋,用水冲洗根部,直至根部无土,取出植株。用毛巾吸干水分,将残留在尼龙袋内的根瘤与植株摆放在一起记数。

1.3.2 研究指标及方 法

(1)根系长度:测量根系主根的长度(从根尖到根茎结合处)。

(2)根系鲜重、根系干重:将根瘤摘除后用毛巾或滤纸吸干水分,在电子天平上称根系鲜重,后将根系烘干(样品装袋,放入烘箱 105°C 下杀青 30 min,再在 $65 \sim 75^\circ\text{C}$ 下烘干至衡重),称干物质重。

(3)根瘤数:数每个植株的根瘤总数。

(4)根瘤鲜重、根瘤干重:将摘下的根瘤在电子天平上称鲜重,后将根瘤烘干,方法同根系干重的烘干,称重。

所有指标均采用方差分析等统计分析方法对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对蚕豆各个时期根系的影响

2.1.1 不同处理对蚕豆各个时期根系长度的影响

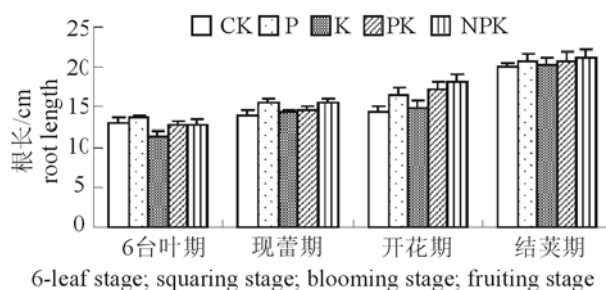


图 1 不同处理对蚕豆各个时期根系长度的影响
Fig. 1 Effects of different treatments on root length of faba bean on different period

从图 1 可以看出,6 台叶期根长的变化:磷肥有明显的促根的作用,施用钾肥的根长比对照短,磷钾肥配施和氮磷钾肥配施处理的根长比单施磷肥和对照不施肥稍短。由于 6 台叶期间隔施肥的时间较短,肥效发挥不完全,肥效未有很好体现。现蕾期所有施肥处理的根长均高于不施肥处理,说明施肥对蚕豆现蕾期根长的增加有促进作用,根系长度依次为氮磷钾肥配施 > 单施磷肥 > 磷钾肥配施 > 单施钾肥 > 对照(不施肥处理),其中氮磷钾配施与不施肥之间的差异显著,单施磷肥的处理具有同样的效果(其与氮磷钾配合的处理差异不显著)。磷钾配合

的处理比单施钾肥处理效果稍好,但未达到显著水平。开花期根长因施肥处理不同也有明显变化,根长长度依次为氮磷钾肥配施>磷钾肥配施>单施磷肥>单施钾肥>不施肥,所有施肥处理效果均好于对照不施肥,氮磷钾配施与单施钾肥和不施肥之间的差异均达到显著。现蕾期和开花期是蚕豆生长的中期,施肥对这两个时期的根长有很大影响,在水分充足的条件下,氮肥促进根系的生长^[10],磷肥对根的生长有促进作用^[11]。相比之下,钾肥的促进作用不明显,但氮磷钾配施则可有较好的效果。结荚期施肥与不施肥的根长差异不显著。由于生长后期肥力有所下降,对植株的效应也随之降低,但仍呈现出与开花期相似的变化规律。

2.1.2 不同处理对蚕豆各个时期根鲜重、根干重

的影响

不同的施肥处理对蚕豆不同时期的根鲜重、根干重均有影响(见表1)。所有的施肥处理除6台叶期外,根鲜重、根干重均高于不施肥处理。6台叶期,各施肥处理与对照间差异不到10%,磷钾肥配施和氮磷钾肥配施的稍好。现蕾期磷钾肥配施效果最佳,分别比不施肥、单施磷肥、单施钾肥、氮磷钾肥配施的根鲜重增加32.1%,21.1%,26.1%和9.3%,根干重增加22.7%,13.6%,17.9%,2.2%。不同施肥处理对开花期与结荚期的根鲜重、根干重的影响表现出相似的变化趋势,磷钾肥配施和单施磷肥的效果较好。以上分析表明磷钾肥配施与单施磷肥对蚕豆除苗期外的整个生育期的根系鲜重、干重增加有促进作用。

表1 不同处理对蚕豆各个时期根鲜重、根干重的影响

Tab. 1 Effects of different treatments on fresh root weight and dry root weight of faba bean on different period g/株

处理/ (kg·hm ⁻²) treatments	6台叶期 6-leaf stage		现蕾期 squaring stage		开花期 blooming stage		结荚期 fruiting stage	
	根鲜重 fresh root weight	根干重 dry root weight	根鲜重 fresh root weight	根干重 dry root weight	根鲜重 fresh root weight	根干重 dry root weight	根鲜重 fresh root weight	根干重 dry root weight
不施肥(CK)	4.19 a	0.52 a	4.64 b	0.75 b	13.35 a	3.24 a	13.42 a	3.89 a
P600	4.00 a	0.51 a	5.06 ab	0.81 ab	13.88 a	3.58 a	14.93 a	4.14 a
K150	3.85 a	0.47 a	4.86 ab	0.78 ab	13.64 a	3.56 a	14.87 a	4.06 a
P600 + K150	4.33 a	0.55 a	6.13 a	0.92 a	13.83 a	3.53 a	15.61 a	4.40 a
N75 + P600 + K150	4.43 a	0.56 a	5.61 ab	0.90 ab	13.56 a	3.51 a	14.04 a	3.97 a

注:同列数据间相同字母者差异不显著,不同字母者差异显著($P=0.05$),下同。

Note: datas with in the same column followed by same letters are not significantly, otherwise, are significantly ($P=0.05$), same in next tables.

从不同施肥处理下,蚕豆根长、根鲜重、根干重3个指标的变化来看,磷肥对根系生长的作用较为明显。3个施有磷肥的处理在蚕豆生长的各个时期对根系的生长都有很好的促进作用,单施磷肥或是磷钾肥配合施用对根的促进作用都比不施肥或不施磷肥的强。在磷钾肥的基础上加施氮肥对根长的生长最好,但从根鲜重、根干重来看加施氮肥效果反而不如磷钾肥配施。有研究^[10]指出在水分供应不足条件下,氮素抑制根系的生长,生物量降低。这可能与本试验处在冬春季节水分少有关,是否还受其它因素影响还有待于进一步研究。

2.2 不同处理对蚕豆各个时期根瘤的影响

2.2.1 不同处理对蚕豆各时期根瘤鲜、干重的影响

从表2可知,蚕豆6台叶期施肥处理对根瘤鲜、干重的影响与不施肥处理相比效果不显著,除了单施钾肥的根瘤鲜、干重与不施肥的基本相等外,其余施肥处理均好于不施肥的对照。现蕾期单施磷肥的蚕豆根瘤鲜、干重最大,与氮磷钾肥配施

的差异达显著水平,磷钾肥配施比氮磷钾肥配施的根瘤鲜、干重分别增加了17.9%和33.3%,增施氮肥后根瘤鲜、干重反而降低,而且氮磷钾肥配施比不施肥的根瘤鲜、干重还略低,这说明氮肥对这一时期蚕豆根瘤的生长效应为负,抑制根瘤的生长。开花期除单施磷肥与磷钾肥配施处理间无显著差异外,单施磷肥与不施肥和其它施肥处理的根瘤鲜、干重均有显著差异,单施磷肥的根鲜重、根干重分别比不施肥增加72.6%,72.7%,比氮磷钾肥配施增加44.1%,44.0%。磷钾肥配施的根鲜重、根干重分别比不施肥增加44.3%,43.2%,比氮磷钾肥配施增加20.4%,16.7%。表明这一时期单施磷肥和磷钾肥配施有利于根瘤的生物量积累,氮肥的抑制作用仍然存在,但相比现蕾期有所降低。结荚期各施肥处理间无显著差异,而单施磷肥和磷钾肥配施与不施肥有显著差异,氮磷钾肥配施与单施磷肥和磷钾肥配施的差异已不显著。表明氮肥的抑制作用已有所降低。

表 2 不同处理对蚕豆各个时期根瘤鲜、干重的影响

Tab.2 Effects of different treatments on fresh nodule weight and dry nodule weight of faba bean on different period g/株

处理/ (kg · hm ⁻²) treatments	6 台叶期 6 - leaf stage		现蕾期 squaring stage		开花期 blooming stage		结荚期 fruiting stage	
	瘤鲜重 fresh nodule weight	瘤干重 dry nodule weight	瘤鲜重 fresh nodule weight	瘤干重 dry nodule weight	瘤鲜重 fresh nodule weight	瘤干重 dry nodule weight	瘤鲜重 fresh nodule weight	瘤干重 dry nodule weight
不施肥 (CK)	0.70 a	0.14 a	1.65 ab	0.32 ab	3.43 b	0.88 b	2.82 b	0.75 b
P600	0.88 a	0.16 a	1.96 a	0.41 a	5.92 a	1.52 a	4.06 a	1.07 a
K150	0.70 a	0.13 a	1.66 ab	0.33 ab	3.99 b	1.11 b	3.60 ab	0.94 ab
P600 + K150	0.79 a	0.15 a	1.78 ab	0.40 a	4.95 ab	1.26 ab	4.21 a	1.11 a
N75 + P600 + K150	0.84 a	0.15 a	1.51 b	0.30 b	4.11 b	1.08 b	3.82 ab	1.03 ab

总之,从 4 个时期根瘤生物量的变化来看,单施磷肥及磷钾肥配施的效果都是比较好的,磷肥促进蚕豆根瘤的生长,这与以往一些研究结果^[7,8,12]相吻合。而氮肥在蚕豆生长中期对根瘤的抑制作用明显,后期则逐步降低,这也与一些实验研究结果^[41]相似。

2.2.2 不同处理对蚕豆各个时期根瘤数量的影响

从表 3 看出,根瘤数在 6 台叶期各处理间无显

著差异,但仍可看出氮磷钾肥配施的根瘤数最多,对照处理较少。有研究提出蚕豆生长初期施少量氮肥能提高结瘤数^[4,13],蚕豆 6 台叶期根瘤开始以小颗粒状出现在主根及侧根,氮素在这时起一定的“起爆”作用,故施有氮肥的处理在这一时期根瘤数较多。6 台叶期间隔施肥的时间较短,肥效尚未完全发挥出来,总体来看 6 台叶期肥料对增加根瘤数作用不大。

表 3 不同处理对蚕豆各个时期根瘤数量的影响

Tab.3 Effects of different treatments on the number of nodule of faba bean on different period 个/株

处理/(kg · hm ⁻²) treatments	6 台叶期 6 - leaf stage	现蕾期 squaring stage	开花期 blooming stage	结荚期 fruiting stage
不施肥 (CK)	85 a	122 b	117 ab	73 b
P600	93 a	176 a	125 ab	93 ab
K150	95 a	134 b	110 ab	81 b
P600 + K150	83 a	148 ab	123 ab	109 a
N75 + P600 + K150	100 a	115 b	141 a	74 b

现蕾期除单施磷肥与磷钾肥配施处理间无显著差异外,单施磷肥与不施肥和其它施肥处理的根瘤数均有显著差异,这与同一时期的根瘤鲜、干重的变化规律一致。单施磷肥与磷钾肥配施的根瘤数分别比对照增加 44.3% 和 21.3%。氮磷钾肥配施的根瘤数最少,分别比单施磷肥和磷钾肥配施的根瘤数减少了 34.7% 和 22.3%,表明氮肥在这一时期对蚕豆根瘤数的增加有抑制作用,而磷肥和磷钾肥配施则有利于根瘤数的增加。开花期各处理间的根瘤数无显著差异,除单施钾肥处理根瘤数比对照略低外,其余施肥处理都比对照的根瘤数稍多。结荚期根瘤数相比前两个时期有所减少,蚕豆在结荚期,根瘤开始逐渐衰老、死亡,这一时期单施磷肥与磷钾肥配施的根瘤数量相对较多。

2.2 不同处理对蚕豆产量及其构成因素的影响

从表 4 看出,分枝数为磷钾肥配施和氮磷钾肥配施的处理较多;单株荚数为单施磷肥和磷钾肥配

施的处理较多;单株粒数为氮磷钾肥配施、单施磷肥和磷钾肥配施的处理较多;百粒重为单施磷肥、磷钾肥配施和氮磷钾肥配施的处理较多。

不同处理的产量,以氮磷钾肥配施的最高,为 4 446.2 kg/hm²,较不施肥的增产 14.2%;其次为单施磷肥处理的产量为 4 401.4 kg/hm²,较不施肥的增产 13.0%;磷钾肥配施的产量为 4 136.1 kg/hm²,较不施肥的增产 6.2%;单施钾肥产量为 3 880.4 kg/hm²,较不施肥的减产 0.4%。这与理论产量在不同处理下的变化趋势基本一致,施肥对产量及产量构成因素都有很好的效果,施磷肥及磷钾配合氮、钾肥施用对蚕豆具有很好的增产效应。

3 讨论

根系是最活跃的养分吸收器官,根系发达有利于提高作物产量^[14],适宜的水、肥条件可促进根系发育^[15-17]。蚕豆通过根瘤进行自身固氮,根瘤的

固氮效应决定于根瘤生长发育的好坏。本试验通过对不施肥、单施磷肥、单施钾肥、磷钾肥配施和氮

磷钾肥配施处理下,蚕豆各个时期根系及根瘤变化情况,进行研究,得出以下结论。

表4 不同处理的蚕豆产量及其构成因素

Tab.3 The yield and yield component of faba bean in different treatments

处理/ (kg · hm ⁻²) treatments	分枝数/ 个 bifurcations per plant	单株荚数/ 个 pods per plant	单株粒数/ 粒 beans per plant	百粒重/ g 100 - bean weight	理论产量/ (kg · hm ⁻²) yield	实际产量 effective output	
						小区产量/ (kg · 16m ⁻²) plot output	折合产量/ (kg · hm ⁻²) output
不施肥(CK)	4.3 b	19.2 a	32.9 a	110.63 a	4 839.4 b	6.23 b	3 894.3 b
P600	4.4 ab	23.3 a	37.2 a	119.23 a	6 074.3 ab	7.04 a	4 401.4 a
K150	4.4 ab	18.6 a	35.4 a	111.13 a	5 402.2 ab	6.21 b	3 880.4 b
P600 + K150	4.6 a	20.5 a	36.0 a	118.77 a	5 855.9 ab	6.62 ab	4 136.1 ab
N75 + P600 + K150	4.5 ab	19.7 a	40.3 a	117.77 a	6 525.7 a	7.11 a	4 446.2 a

(1) 施肥对根长的效应在现蕾期和开花期为氮磷钾肥配施较好,其次是单施磷肥和磷钾肥配施,在结荚期施肥处理略好于不施肥;施肥对根鲜重、根干重的效应在现蕾期为磷钾肥配施最佳,其次为氮磷钾肥配施和单施磷肥,开花期和结荚期磷钾肥配施和单施磷肥的处理较好。施有磷肥的处理对根系生长的促进作用好于不施肥或不施磷肥,表明磷肥能较好的促进根系的生长。

(2) 施肥对根瘤鲜重、根瘤干重、瘤数的效应在现蕾期为磷钾肥配施和单施磷肥较好,在此基础上施氮肥反而抑制根瘤的生长,开花期和结荚期氮肥的抑制作用逐步降低,单施磷肥和磷钾肥配施的效果较好。

(3) 不同施肥处理后得到的产量结果为:氮磷钾肥配施的产量较高,其次为单施磷肥和磷钾肥配施。

不同施肥处理造成的根系及根瘤生长的变化差异与产量的变化有一定的相似性和一致性,磷肥及磷肥配合氮肥、钾肥施用对根系及根瘤的生长均有较好的效果,这些效果也体现在产量上。研究施肥对根系和根瘤的影响对提高产量具有实际意义。

[参考文献]

[1] 林汝法,柴岩. 中国小杂粮[M]. 北京:中国农业科技出版社,2002.
 [2] DING H, LISX. The relation of phosphorous nutrition to growth and symbiotic nitrogen fixation of soybean cultivars[J]. Actaunat. Agric. Boreaci-Occidentalis, 1998, 26(5):67-70.
 [3] EAGLESHAM A R J. Aerial stem nodules on Aeschynomene spp. [J]. Plant Sci. 1983, 29:265-273.

[4] 刘月香,张志友. 蚕豆生长环境因子及氮磷钾肥的增产效应[J]. 上海农业科技,1998,(1):43-45.
 [5] 刘丽君,孙聪姝. 氮肥对大豆结瘤及叶片氮素积累的影响[J]. 东北农业大学学报,2005,36(2):133-137.
 [6] LI X L, CAO Y P. Study on method for investigating nutrient changes in the hypae-soil interface [J]. Beijing Agric. univ, 1992, 18(1):59-63.
 [7] 刁治民,李锦萍,马寿福. 青海蚕豆根瘤菌共生固氮效应的研究[J]. 青海师范大学学报,2002,(1):55-59.
 [8] SANGINGA N. Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems: a case study of West Africa farming systems[J]. Plant and Soil, 2003, 252:25-39.
 [9] 刘连全,张满堂. 氮磷钾不同组配对象蚕豆的效应研究[J]. 湖南农业科学,1991,(4):47-48.
 [10] 宋海星,李生秀. 水、氮供应和土壤空间所引起的根系生理特性变化[J]. 植物营养与肥料学报,2004, 10(1):6-11.
 [11] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
 [12] 王清湖,秦娥月. 提高蚕豆共生固氮效应的研究[J]. 土壤,1997,(6):307-310.
 [13] 李友国,周俊初. 影响根瘤菌共生固氮效率的主要因素及遗传改造[J]. 微生物学通报, 2002, 29(6):86-89.
 [14] 李永山. 棉花根系的生长特性及其与栽培措施和产量关系的研究. II. 栽培措施对棉花根系生长的影响及其与地上部和产量的关系[J]. 棉花学报, 1992, 4(2):59-66.
 [15] 陈际型. 钾素营养对水稻根系生长和养分吸收的影响[J]. 土壤学报,1997,34(2):182-187.
 [16] 戴敬. 不同施肥水平的棉花根系生长及生理活性[J]. 上海农业学报,1998,14(2):56-60.
 [17] 汤东生,朱有勇. 蚕豆/小麦间作对结瘤效应研究初探[J]. 云南农业大学学报,2005,20(3):331-334.