

栽培模式对甘肃旱区胡麻地土壤酶活性及胡麻产量的影响

陈 军, 王立光, 叶春雷, 李进京, 欧巧明, 罗俊杰
(甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 采用定位试验, 研究不同栽培模式对胡麻土壤酶活性及产量变化特征的影响。结果表明, 在 0~20 cm 耕作层, 胡麻与小麦轮作、胡麻连作、胡麻与小麦间作模式下土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶活性变化规律具有明显的相似性, 蔗糖酶活性不断增加, 脲酶、过氧化氢酶活性先降低后增加, 碱性磷酸酶活性略有不同; 在 20~40 cm 亚土层, 胡麻与小麦轮作、胡麻连作、胡麻与小麦间作模式下的土壤脲酶活性变化规律具有明显的相似性, 其余 3 种酶活性变化规律发生改变, 说明深层土壤酶活性受到外因的干扰增多。合理的作物种植模式可以明显影响作物的产量及产量构成, 轮作制度有效的缓解了胡麻连作带来的连作危害, 而间作处理在一定程度上打破了连作可能带来的负面效应, 但是效果有限。

关键词: 栽培模式; 胡麻; 土壤酶活性; 产量

中图分类号: S563.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)05-0042-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.05.014

Effects of Cultivation Patterns on Yield and Soil Enzyme Activities in Flax Field in Arid Area in Gansu

CHEN Jun, WANG Liguang, YE Chunlei, LI Jinjing, OU Qiaoming, LUO Junjie
(Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Using the method of location test, the effects of different cultivation patterns on the soil enzyme activities and yield variation characteristics of flax were studied. The results show that the changes of sucrase, urease and catalase activities under the pattern of flax-wheat crop rotation (T1), flax continuous cropping (T2) and flax-wheat intercropping (T3) were obviously similar, the activity of sucrase was increased, the activities of urease and catalase decreased at first and then increased, and the activity of alkaline phosphatase was slightly different in 0~20 cm tillage layer. The changes of urease activity under the pattern of T1, T2 and T3 had obvious similarities, and the changes of the activities of the other three enzymes began to vary, indicating that the soil enzyme activity in deep soil was increased by the interference of external factors in 20~40 cm Sub-layer. The reasonable cropping patterns can significantly affect crop yield and yield composition, the crop rotation system effectively mitigated the continuous cropping hazards caused by continuous cropping of flax, while the intercropping treatment broke the negative effect possibly caused by continuous cropping to a certain extent, but the effect was limited, and the correlation between the two needs to be further studied.

Key words: Cultivation pattern; Flax; Soil enzyme activity; Yield

轮作利用不同作物对养分的需求不同进而改变土壤微生物生态位变化, 连作通过影响作物生理变化来抑制作物生长; 间作利用生物多样性来改变土壤与作物间的微生物生态关系, 进而改善土壤环境^[1-2]。研究表明, 3 种栽培模式均与土壤酶活性

变化息息相关, 目前国内外研究的热点问题之一就是栽培模式与土壤酶活性间的作用机制及效应应答。

土壤酶是研究土壤特征变化最活跃的因子之一, 它直接参与土壤中物质的转化、养分释放和

收稿日期: 2017-12-19

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(GARS-17-SYZ-6); 甘肃省农业科学院中青年基金(2016GAAS53)。

作者简介: 陈 军(1984—), 男, 甘肃榆中人, 研究实习员, 主要从事作物栽培生理、生化方面研究。联系电话: (0)13109370745。E-mail: chenjun004@126.com。

通信作者: 罗俊杰(1962—), 男, 陕西华县人, 研究员, 主要从事农业作物栽培与生态学研究。联系电话: (0)13919002025。E-mail: hnsjjie@163.com。

固定过程,是作物、微生物相互作用,调节土壤代谢微动态变化的关键。近年来,有关土壤酶活性方面的研究主要集中在农田、森林以及沙漠化生态系统,酶活性、土壤养分及碳氮磷循环、土壤微生物区系、环境因子方面的基础研究依然是目前国内外的热点问题^[3-4]。王理德等^[5]认为土壤酶的空间分布特征具有明显的规律性,且酶活性受季节变化影响较大。刘捷豹等^[6]认为土壤养分的变化会改变土壤酶的活性和稳定性。Jiang Y 等^[7]、Zornoza R 等^[8]研究表明,土壤酶活性在作物生长发育及产量方面均具有重要的影响。尽管在农田生态系统中土壤酶活性方面的研究报道较多,但是涉及到胡麻栽培制度更替,影响胡麻产量及根际土壤微生态位变化特征方面的报道较少,特别是针对胡麻的轮作、连作和间作模式所引起的土壤酶活性及养分变化方面的研究未见报道。我们在甘肃中部高寒旱作区通过田间试验,研究了胡麻不同栽培方式对土壤酶活性及产量变化特征影响,为消减胡麻连作障碍提供理论依据和实践探索。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

指示胡麻品种为陇亚 10 号,由甘肃省农业科学院作物研究所提供。酶标仪为 DNM-9602G 型酶标分析仪(江西真昕医疗器戒有限公司)。

1.2 试验地概况

试验设在甘肃省榆中县良种场(N 35° 50' 36.06", E 104° 06' 35.27"),海拔 1 600 m,年均降水量 450 mm,蒸发量 1 400~1 450 mm,年平均气温 6.6 °C,≥10 °C 有效积温 2 625 °C,无霜期 138 d,属于黄土高原丘陵沟壑半干旱高寒区。试验地土壤为黄绵土,有灌溉条件,胡麻生育期可充分灌溉 2 次,每次灌水 2 250~2 700 m³/hm²。

1.3 试验方法

在 2015 年试验的基础上设置定位试验。随机区组排列,共设 3 个处理,T1 为胡麻与小麦轮作(前茬小麦);T2 为胡麻连作;T3 为胡麻与小麦间作,3 次重复。小区面积 27.0 m² (6.0 m × 4.5 m);各小区间由宽 60 cm、高 50 cm 的土埂分隔,以阻止小区间土壤养分、酶类、微生物等的交流。试验地从 2015 年年初种植前统一施 N 60 kg/hm²、P₂O₅ 60 kg/hm²、腐熟农家肥 15 000 kg/hm²,作为生长期不施用任何肥料,其他管理与当地大田一

致。

1.4 分析与测定

在胡麻枞形期、盛花期、硕果期分别取耕作层(0~20 cm)、亚土层(20~40 cm)2 个土层梯度的土壤样品。每小区 5 个采样点,土层分别采取植株垂直下方土壤约 1 000 g,将新鲜土样过 0.2 mm 筛,其中用于土壤酶活性测定的样品于 4 °C 保存。

在胡麻工艺成熟期,每小区随机选取 15 株考种,测定株高、工艺长、分茎数、主茎分枝数、有效果数、单果粒数、单株产量和千粒重,按小区收获计产。

测定土壤中脲酶、磷酸酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性。其中土壤脲酶活性用靛酚蓝比色法测定,以每克土 24 h 产生的 NH₃-N 毫克数表示;碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法,以每克土 24 h 产生的酚毫克数表示;蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,以每克土 24 h 产生的葡萄糖毫克数表示;土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法,以每克土消耗 0.1 mol/L KMnO₄ 毫升数表示^[9-11]。

数据统计分析和作图分别采用 SPSS 20.0 和 Excel 2010 软件。数据采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和邓肯氏新复极差检验法(DMRT法)进行方差分析和差异显著性检验(α=0.05)。

2 结果与分析

2.1 土壤养分变化特征

由表 1 可以看出,各处理的有机质、pH 及全氮、全磷、全钾质量分数较上年有轻微的下降,而有效态 N、P、K 质量分数变化较大;T1、T2、T3 处理有效磷、碱解氮质量分数较上年均有所增加。速效钾质量分数 T1 处理增加,T2、T3 处理降低,可能原因是轮作、连作和间作模式对土壤 N、P、K 有效态转运循环的响应不同。

2.2 不同种植模式下耕作层(0~20 cm)土壤酶活性动态变化

从图 1 可以看出,T1、T2、T3 处理随生长时间的推移,其蔗糖酶活性不断增加,在硕果期各处理均达到最大,其中 T3 处理最大,为 76.9 mg/(g·d)。脲酶活性 T1、T2、T3 处理随生长时间的推移先降低后增加,在盛花期降到最低,且 T3 < T2 < T1,原因是盛花期胡麻主要进行生殖生长,

表 1 2015—2016 年土壤养分变化特征

年份	处理	有机质 /(g/kg)	pH	有效磷 /(mg/kg)	速效钾 /(mg/kg)	碱解氮 /(mg/kg)	全氮 /(g/kg)	全磷 /(g/kg)	全钾 /(g/kg)
2016	T1	15.7	7.99	50.9	108.0	94.1	0.99	1.20	20.50
	T2	16.6	8.12	71.3	118.0	97.4	1.47	1.35	20.60
	T3	17.8	8.23	73.3	106.0	95.6	1.11	1.40	20.80
2015	T1	17.4	8.03	26.6	96.5	67.5	1.12	1.43	23.65
	T2	18.95	8.19	46.35	126.0	55.5	1.16	1.53	24.60
	T3	18.5	8.08	42.6	109.0	37.0	1.14	1.47	23.90
2016年较2015年增加	T1	-1.70	-0.04	24.3	11.5	26.6	-0.13	-0.23	-3.15
	T2	-2.35	-0.07	24.95	-8.0	41.9	0.31	-0.18	-4.00
	T3	-0.70	0.15	30.7	-3.0	58.6	-0.03	-0.07	-3.10

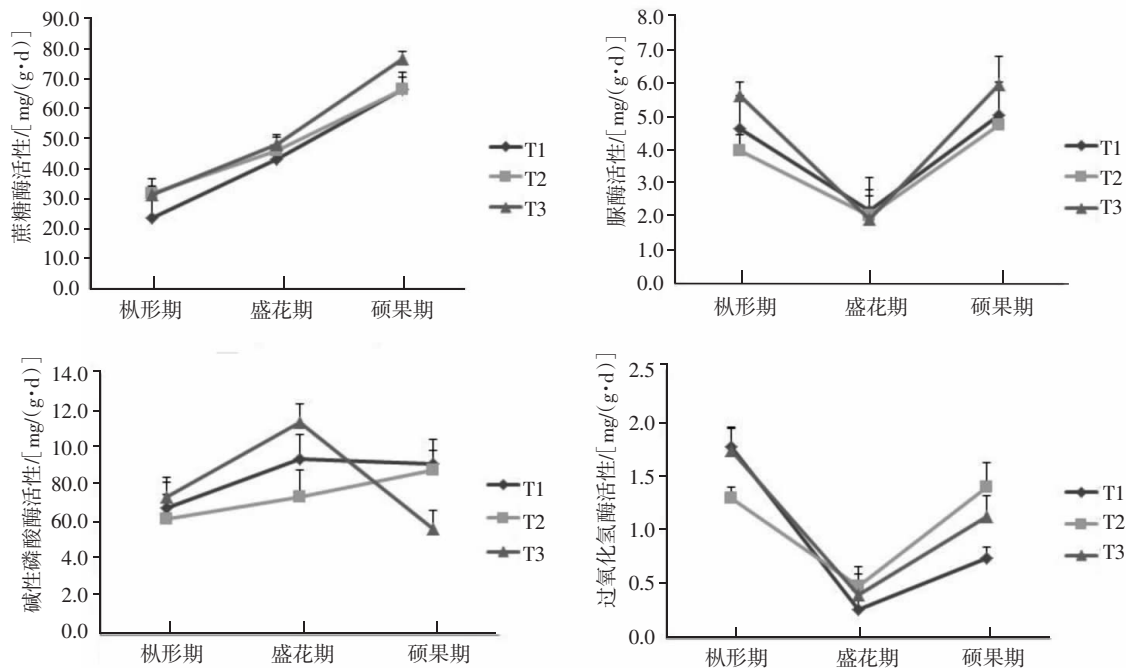


图 1 各处理在表土层(0~20 cm)土壤酶活性动态变化

生长旺盛,需要大量的营养物质输入供籽粒发育,出现了作物与微生物争夺氮素营养的局面,从而抑制了土壤微生物的生长和繁殖,此时的脲酶活性受到抑制,造成土壤脲酶活性降低。碱性磷酸酶活性 T2 处理随生长时间的推移持续增加, T1、T3 处理先增加后降低,其中 T1 处理从盛花期到硕果期酶活性变化幅度较小。过氧化氢酶活性 T1、T2、T3 处理随生长时间的推移先降低后增加,其中 T1 处理在盛花期酶活性最小,为 0.3 mg/(g·h)。总体来看,在 0~20 cm 耕作层,3 种栽培模式处理下的蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶活性变化规律具有明显的相似性,碱性磷酸酶活性略有

所不同,说明耕作层土壤酶活性变化较稳定,受环境因子的影响较小。

2.3 不同种植模式下亚土层(20~40 cm)土壤酶活性动态变化

从图 2 可以看出,蔗糖酶活性处理 T2 随生长时间的推移不断增加, T1 处理先增加后缓慢降低, T3 处理先降低后逐渐增加。脲酶活性 T1、T2、T3 处理随生长时间的推移先降低后增加,在盛花期降到最低,且 T3<T1<T2。碱性磷酸酶活性 T1、T2 处理随生长时间的推移先平稳增加后降低, T3 持续降低。过氧化氢酶 T2、T3 处理随生长时间的推移其酶活性先降低后增加, T1 持续降低。总体

来看, 在 20~40 cm 土层, 3 种栽培模式处理下的脲酶活性变化规律具有明显的相似性, 其余 3 种酶的活性变化规律开始改变, 说明深层土壤酶活性受到外因的干扰增多。

2.4 胡麻主要农艺性状及产量

由表 2 可以看出, T1 处理的有效分茎数、分枝数、单株产量等主要农艺性状与 T2 处理差异显著, T2、T3 处理间差异不显著, 说明轮作在影响胡麻产量构成方面的效果要优于间作、连作处理。轮作和间作胡麻产量均高于连作。总之, 合理的作物种植模式可以明显影响作物的产量及产量构成, 轮作制度有效的缓解了胡麻连作带来的连作危害, 而间作处理在一定程度上打破了连作可能带来的负面效应, 但是效果有限, 其中的相关联系还有待进一步研究。

3 小结与讨论

轮作在一定程度上可以均衡土壤养分, 是利用不同作物对养分的需求不同进而改变土壤微生物

态位变化, 董艳等^[12]的试验对此也有所证明; 连作是典型的土壤—植物负反馈现象, 通过影响作物的营养吸收、光合作用、酶活性等生理过程而抑制作物生长; 间作也是利用生物多样性来改变土壤与作物间的微生态关系, 进而促进作物产量的提升, 该结论董艳等^[13]、王文娇等^[14]的试验结论均有所提及。我们的试验证明, 3 种栽培模式可以引起土壤酶活性的较大改变。一方面是因为不同种植制度在作物生长不同生育阶段改变了其根系分泌物的数量和种类、微生物区系环境差异所致; 另一方面, 不同种植制度打破了单一作物生长的微环境, 使其物质流、能量流在土壤、微生物、作物间相互竞争和相互交流, 进而使土壤酶活性出现动态变化, 进而达到某种平衡以适应生长。

蔗糖酶为植物的生长和发育提供碳源和能源, 是植物体内碳水化合物代谢中的关键酶^[15]。蔗糖酶活性在胡麻与小麦轮作、胡麻连作、胡麻与小

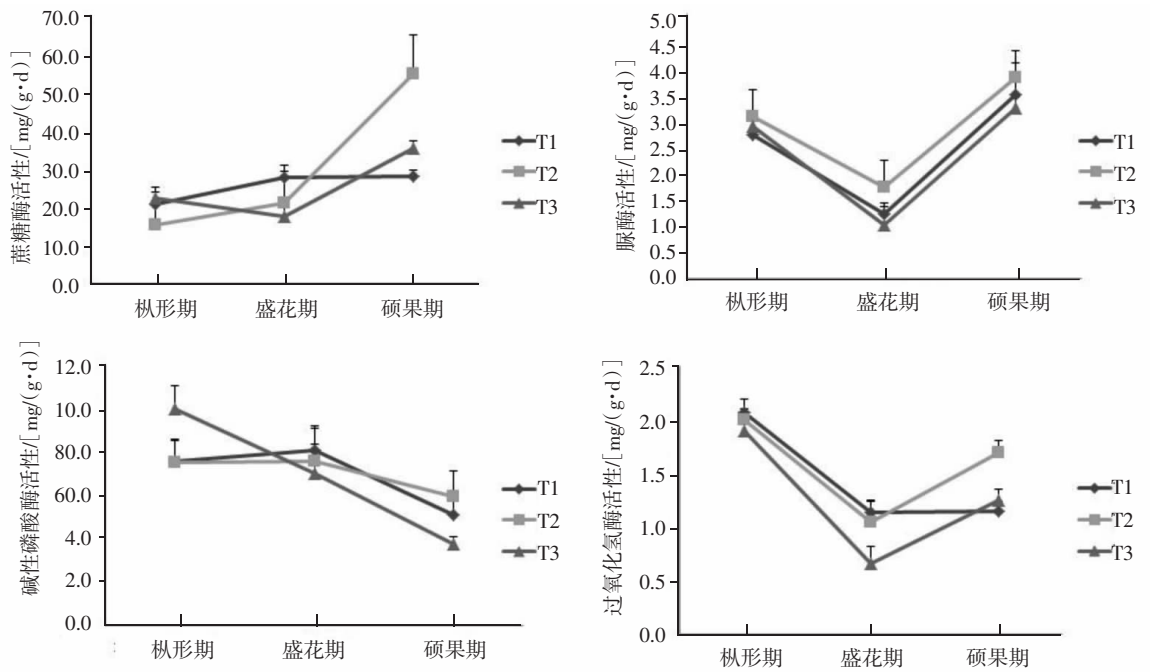


图 2 各处理在亚土层(20~40 cm)土壤酶活性动态变化

表 2 不同处理胡麻产量构成特征

处理	株高 /cm	工艺长度 /cm	有效分茎数 /个	有效分枝数 /个	单株果数 /个	不实果数 /个	单株产量 /g	千粒重 /g	小区产量 /(kg/27.0 m ²)
T1	54.0 ± 2.4a	35.9 ± 2.7a	2.2 ± 0.1a	6.7 ± 0.3a	25.5 ± 2.8a	1.8 ± 0.7a	2.0 ± 0.3a	6.7 ± 0.5a	6.3 ± 0.8a
T2	49.8 ± 2.2a	32.4 ± 1.9a	1.4 ± 0.2b	5.5 ± 0.4b	10.4 ± 2.4a	2.2 ± 0.4a	0.9 ± 0.1b	6.2 ± 0.3a	3.0 ± 0.0b
T3	51.4 ± 1.9a	37.9 ± 1.4a	1.4 ± 0.1b	5.0 ± 0.3b	18.8 ± 2.4a	0.7 ± 0.3a	1.3 ± 0.3ab	7.2 ± 0.5a	6.6 ± 0.1a

麦间作模式下随生长变化不断增加,其中胡麻与小麦间作在枳形期到盛花期蔗糖酶活性增势减缓,可能原因是间作模式中小麦快速生长影响到土壤中碳循环利用。脲酶活性常用于表征土壤的氮素情况,并能间接反映出土壤的生产力^[16]。脲酶活性在胡麻与小麦轮作、胡麻连作、胡麻与小麦间作模式下随生长时间的推移先降低后增加,在盛花期降到最低,分析原因是盛花期胡麻主要进行生殖生长,需要大量的营养物质输入供籽粒发育,出现作物与微生物争夺氮素营养的局面,此时的脲酶活性受到抑制,造成土壤脲酶活性降低。碱性磷酸酶主要参与含磷化合物的合成及土壤磷素循环。碱性磷酸酶活性在胡麻连作模式下随生长时间的推移持续增加,在胡麻与小麦轮作、胡麻与小麦间作模式下先增加后降低;过氧化氢酶活性用于表征土壤生物氧化过程的强弱。过氧化氢酶活性在胡麻与小麦轮作、胡麻连作、胡麻与小麦间作模式下均随生长时间的推移先降低后增加。

合理的作物种植模式可以明显影响作物的产量及产量构成^[22-23],轮作制度有效的缓解了胡麻连作带来的连作危害,而间作处理在一定程度上打破了连作可能带来的负面效应,但是效果有限,其中的相关联系还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 牛小霞,牛俊义.不同轮作制度对定西地区农田杂草群落的影响[J].干旱地区农业研究,2017,4(35):223-230.
- [2] 李秀玲,吕光辉,何雪芬.连作年限对土壤理化性质及酶活性的影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(9):93-98.
- [3] 孟立君,吴凤芝.土壤酶研究进展[J].东北农业大学学报,2004,35(5):622-626.
- [4] 王启兰,王溪,王长庭,等.高寒矮嵩草草甸土壤酶活性与土壤性质关系的研究[J].中国草地学报,2010,32(3):50-54.
- [5] 王理德,姚拓,何芳兰,等.石羊河下游退耕区次生草地自然恢复过程及土壤酶活性的变化[J].草业学报,2014(4):253-261.
- [6] 刘捷豹,陈光水,郭剑芬,等.森林土壤酶对环境变化的响应研究进展[J].生态学报,2017(1):110-117.
- [7] JIANG Y, LIANG W J, WEN D Z. Effects of no-tillage on soil biological properties in earmlands: a review[J]. Chin. J. Soil Sci., 2004, 35(3): 347-351.
- [8] ZORNOZA R, GUERRERO C, MATAIX-SOLERA J, *et al.* Assessing air-drying and rewetting pre-treatment effect on some soil enzyme activities under Mediterranean conditions[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38: 2125-2134.
- [9] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [10] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987:118-159.
- [11] 舒蛟靖,陈奇伯,王艳霞,等.华山松人工林土壤酶活性与理化因子的通径分析[J].东北林业大学学报,2014,42(9):125-128.
- [12] 董艳,董坤,郑毅,等.种植年限和种植模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2009(3):527-532.
- [13] 董艳,鲁耀,董坤,等.轮作模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J].土壤通报,2010,28(1):53-55.
- [14] 王文娇,曹晶晶,吕思琪,等.轮作模式对日光温室土壤特性影响的研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,22(9):644-648.
- [15] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008,32(1):176-182.
- [16] 杜天庆,苗果园.豆科牧草根际土壤脲酶活性的研究[J].中国生态农业学报,2007,15(1):25-28.
- [17] 黎宁,李华兴,朱凤娇,等.菜园土壤微生物生态特征与土壤理化性质的关系[J].应用生态学报,2006,17(2):285-290.
- [18] 冉启洋,吕光辉,魏雪峰,等.艾比湖自然保护区土壤酶活性及理化性质[J].干旱区研究,2014,31(4):715-722.
- [19] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1516-1524.
- [20] 安韶山,黄懿梅,刘梦云.宁南山区土壤酶活性特征及其与肥力因子的关系[J].中国生态农业学报,2007,15(5):55-58.
- [21] 王俊华,尹睿,张华勇,等.长期定位施肥对农田土壤酶活性及其相关因素的影响[J].生态环境,2007,16(1):191-196.
- [22] 郑立龙,陈珩.隔根对小麦间作玉米产量及土壤水分消耗特征的影响[J].甘肃农业科技,2017(12):53-57.
- [23] 牛建彪,陈光荣,樊廷录,等.玉米/大豆带状复合种植模式下减量施氮对系统产量的影响[J].甘肃农业科技,2017(7):37-42.

(本文责编:陈伟)