

“黑麦草－水稻”草田轮作系统的根际效应^{*}

I. 接种稻田土壤微生物对黑麦草生长和氮素营养的影响

杨中艺¹⁾ 辛国荣¹⁾ 岳朝阳¹⁾ 简曙光¹⁾ 菅原和夫²⁾

(1) 中山大学生物学系, 广州 510275; 2) 东北大学农学部, 日本仙台)

摘 要 研究在水田冬种黑麦草 (*Lolium multiflorum*) 对后作水稻的作用机理, 通过水培试验, 探讨了接种和不接种亚热带稻田土壤微生物条件下黑麦草品种樱早生和早生丰的生长发育和氮素营养. 结果表明, 稻田土壤微生物参与并促进了黑麦草的物质生产过程, 证明了在冬闲水田栽培黑麦草使后作水稻增产的现象与黑麦草的根际活性是有关的.

关键词 草田轮作, 生态效益, 黑麦草, 根际, 微生物, 可持续农业

分类号 S 142

“黑麦草－水稻”草田轮作 (IRR) 系统是在水田冬闲期栽培意大利黑麦草 (*Lolium multiflorum*, 简称黑麦草) 的新作物栽培系统, 应用该系统每公顷水田在冬闲期可以生产 64~ 87 t 优质青饲料^[1~3], 从而缓解了我国南方缺乏青饲料生产用地的问题.

以往的研究证明, IRR 系统中的黑麦草子系统对水稻子系统有一定的生态效益, 在水田冬种黑麦草后, 后作水稻产量平均提高了 10%^[4]. 但是, IRR 系统以禾本科植物间的轮作为基础, 不同于禾本科-豆科植物间的轮作, 其轮作的生态效益除了来源于土壤有机质的增加以及土壤物理结构的改善以外, 更主要的可能在于根际活性促进了物质循环, 但就黑麦草与水稻前后作相互作用而言, 国际上现有的研究仅涉及到轮作系统中的养分动态问题^[5,6]. 对于在黑麦草与水稻轮作系统中的根际活性问题则尚无研究. 本文主要探讨了亚热带稻田微生物在黑麦草根际效应中的作用.

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 亚热带水田土壤 于 1992 年 11 月在广东省潮安县曾栽培过意大利黑麦草的水田中采集, 充分风干后封存于塑料密封袋中, 在常温下保存.

1.1.2 黑麦草 本试验使用了日本育成的极早熟、浅根系品种樱早生 (CV. Sakurawase) 和早熟品种早生丰 (CV. Waseyutaka), 均已被证明适合于在我国亚热带冬闲水田栽培^[1~3]. 1993 年 9 月 11 日将上述二品种播种于蛭石 (vermiculite) 苗床上育苗, 11 月 9 日选

* 国家自然科学基金 (39570421) 和广东省自然科学基金 (940615) 资助项目

收稿日期: 1996-05-29 杨中艺, 男, 37 岁, 教授

择均匀植株移植于外径 18 cm 的瓷盆中(每盆 10 株),置于温度为 15(夜)~ 25(昼) $^{\circ}\text{C}$ (各 12 h/d),湿度为 60% 的植物人工气候箱中培养备用。

1.1.3 培养液 根际微生物的培养使用了 Lochhead & Chase 的 Y 培养液,组成为: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.24 g; $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.2 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.25 g; NaCl 0.08 g; KCl 0.25 g; KH_2PO_4 2.60 mg; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.8 mg; ZnSO_4 0.20 mg; CuSO_4 0.05 mg; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 16.67 mg; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.14 g; NaMoO_4 0.12 mg; H_2O 1 000 mL, pH 6.5. 植物培养液使用了修改的低氮 Hoagland 培养液。

1.2 试验处理

试验处理为在栽培黑麦草品种樱早生和早生丰以及不种植任何植物的水培液中接种(I)和不接种(D)南亚热带水田土壤微生物,共 6 个处理,每处理 3 个重复。

1.3 试验方法

1.3.1 南亚热带土壤微生物制备 将上述土壤样品 50 g 和蒸馏水 100 mL 加入 300 mL 三角瓶中,在 25~ 30 $^{\circ}\text{C}$ (各 12 h/d)条件下振荡(60 r/min)培养 48 h 后取其上清液移入盛有 200 mL 根际微生物培养液的 300 mL 三角瓶中,置于同上述条件下振荡培养 72 h 备用。

1.3.2 黑麦草的水培方法 在容量为 4 000 mL(外径 18 cm)的瓷盆中注入 3 000 mL 修改的 Hoagland 水培液,用自动灭菌器在 120 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下灭菌 30 min. 灭菌前,先在用作对照的不接种(D)处理的水培液中加入 30 mL 制备好的含有南亚热带土壤微生物的培养液,而接种(I)处理的水培液则是在灭菌后加入同量的土壤微生物培养液. 将所有配制好的培养盆置于与前述温湿条件相同的植物人工气候箱中培养 7 d 备用。

在塑料制的簸箕(外径稍大于培养盆内径)的底部开 5 个直径 15 mm 呈梅花状排列的孔,12 月 9 日将育成的黑麦草两个品种的植株用灭菌水充分冲洗,将其地上 5 cm 以上部分切去,于茎基部用脱脂药棉缠绕固定于上述簸箕的孔中,使其根系处于簸箕底部下方,而地上部则在上方,每一簸箕共 5 株。

将上述簸箕安置于盛水培液的瓷盆上方,使植株的根系处于水培液之中,根系浸入水培液部分的比例在 1/3~ 2/3 之间可调(各 12 h/d). 培养条件同前述,培养时间为 16 d。

1.4 测试项目

株高变化、试验开始和结束时黑麦草植株的叶数、分蘖数、根长、根重、地上部重、根部和地上部 N 含量(凯氏定氮法)。

2 结果与分析

2.1 生长和物质生产

黑麦草两供试品种的株高变化如图 1 所示. 樱早生在 I 区的株高从第 2 周开始明显地高于 D 区,试验结束时前者的株高为 23.4 cm 后者为 20.0 cm. 早生丰在两处理区的株高差异不大,试验结束时分别为 I 区 23.0 cm D 区 21.8 cm. 方差分析结果表明,两品种的株高在 I 和 D 处理间无显著差异。

试验结束时的每株叶数和分蘖数如图 2 所示. 樱早生在 I 区的每株叶数和每株分蘖数分别是 13.2 和 5.8,而在 D 区则为 10.5 和 5.0,早生丰则分别是 8.1, 3.6 和 6.5, 3.1, 无论是樱早生还是早生丰,其两个变量均是在 I 区大于 D 区,其中早生丰的每株叶数在两处理区间有显著差异。

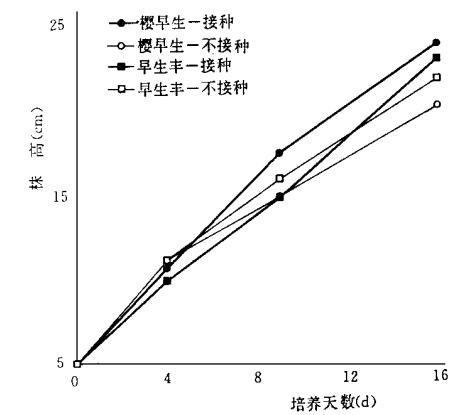


图 1 黑麦草株高的变化
Fig. 1 Change of height of ryegrass

试验结束时的每株干物质重和干物质增重如图 3 所示. 樱早生在 I 区的每株干物质重和干物质增重分别是 0. 229 g 和 0. 07 g, 而在 D 区则为 0. 16 g 和 0. 019 g, 早生丰则分别是 0. 163 g, 0. 032 g 和 0. 128 g, 0. 003 g, 无论是樱早生还是早生丰, 其两个变量均是在接种区大于灭菌区, 其中樱早生的两个变量在两处理间均有显著差异.

2.2 氮素平衡

试验结束时黑麦草的地上部和根系以及水培液中的氮素含量如表 1 所示. 樱早生地上部 N 含量在 I 区 (3. 16%) 高于 D 区 (2. 64%), 而早生丰则相反, 在 D 区 (3. 62%) 高于 I 区 (2. 57%), 两品种根系 N 含量在两处理区的差异不大, 但均是在 D 区 (1. 66% 和 1. 76%) 略高于 I 区 (1. 54% 和 1. 63%). 栽培两品种的水培液的 N 含量在 I 区 (47 mg/L 和 15 mg/L) 均高于 D 区 (18 mg/L 和 8 mg/L), 尤其在栽培樱早生的两处理区间的差异很大. 而未栽培任何植物的水培液的 N 含量则是在 D 区 (25 mg/L) 高于 I 区 (17 mg/L).

表 1 植物组织和培养液中氮素含量

Tab. 1 Contents of nitrogen in plant and culture medium							%
项目	樱早生			早生丰			对照 (mg/L)
	地上部	根部	培养基	地上部	根部	培养基	
接种	3. 16	1. 54	47	2. 57	1. 63	15	17
不接种	2. 64	1. 66	18	3. 62	1. 76	8	25

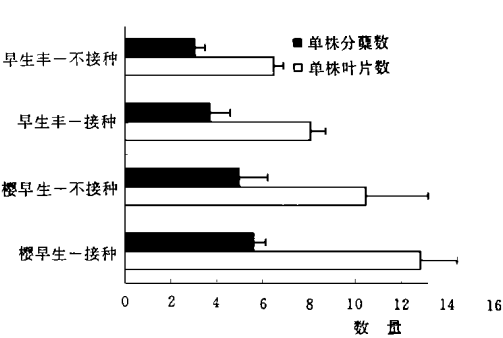


图 2 黑麦草在不同处理条件下的单株分蘖数和单株叶片数
Fig. 2 Tiller number and leaf number of ryegrass seedlings under different treatment

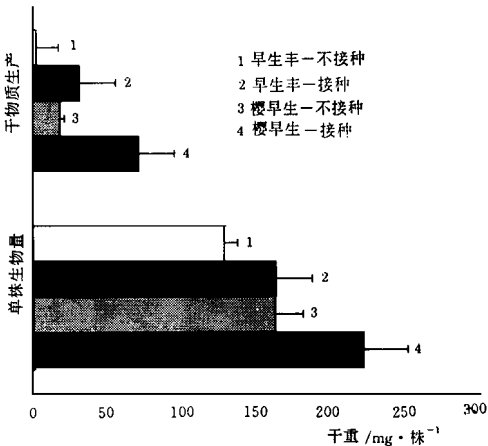


图 3 黑麦草单株生物量和干物质生产
Fig. 3 Biomass and dry matter production of ryegrass

试验中输入氮素总量和试验结束时系统中的氮素总量的差数,即氮素平衡如图 4 所示。除了樱早生的 I 区外,其余各处理区均呈现负的 N 平衡,也就是说有部分 N 逸出系统外,而樱早生的 I 区则呈现甚大的正的 N 平衡,即除了已知输入 N 源外,还有其他的 N 来源。

3 讨 论

短短 16 d 的水培试验表明,与未接种水田土壤微生物的栽培环境相比,黑麦草两品种在经接种的水培液中的生长都明显地得到了改善,由此可以推断,水田土壤微生物参与了黑麦草的物质生产过程。

就品种而言,接种土壤微生物对樱早生的促生长效应为 3 倍,且在统计学上具有显著意义,而对早生丰的效应虽达到近 10 倍,但却无显著意义。樱早生是浅根系品种,与早生丰(根系丰富)相比应有较小的根际效应(因此,本试验选择该二品种以为对比)。早生丰对处理的反应之所以不如樱早生明显(就统计学意义而言),可能是由两品种生长发育速度的差异所致。樱早生是极早熟品种,其生长发育速度比早生丰(早熟品种)快,在本试验中经移栽后的恢复也会比早生丰快,两品种在不同处理中的株高变化趋势也说明了这一点。因此,在本试验中早生丰并未显示出根系丰富的优势,而樱早生由于生长迅速,便比早生丰更早地显示出处理效应,如果有更长的观察时间,早生丰也可能会表现出更明显的处理效应。

试验处理对黑麦草水培体系的 N 营养的影响在品种间很不一致,从植物体内 N 含量、试验期间植物的 N 吸收量以及体系的 N 平衡来看,接种水田土壤微生物对植物 N 营养的改善程度在樱早生显然大于早生丰(这也可能是樱早生的接种处理效应大于早生丰的原因之一),而且樱早生接种系统还从未知途径获得了 N 的补充,这一未知途径很可能与根际联合固氮有关,但还需作进一步的研究。另外,其他处理中出现的负的 N 平衡可能是由某些化学的或生物的过程(如使 N 成为氨气逸出的无机化学反应或微生物的反硝化作用)所引起的。

总之,虽然本试验结果仍有一些难解之处,但根际微生物参与并促进了黑麦草的物质生产这一结果是很有价值的,它在一定程度上证明了在冬闲水田栽培黑麦草使后作水稻增产这一现象与黑麦草的根际活性是有关的。

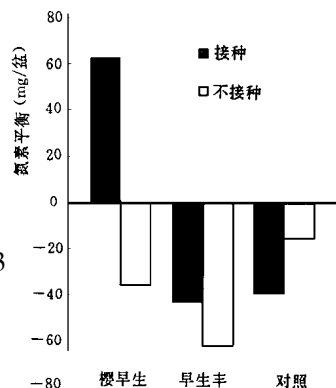


图 4 黑麦草水培体系中的氮素平衡

Fig. 4 Nitrogen balance in ryegrass incubation system

参 考 文 献

- 1 杨中艺,余玉麟,陈会智.“黑麦草-水稻”草田轮作系统的研究 I. 意大利黑麦草引进品种在南亚热带地区集约栽培条件下的生产能力. 草业学报, 1994, 3(4): 20~ 26
- 2 杨中艺,潘静澜.“黑麦草-水稻”草田轮作系统的研究 II. 意大利黑麦草引进品种在南亚热带地区免耕栽培条件下的生产能力. 草业学报, 1995, 4(4): 46~ 51
- 3 杨中艺,潘哲祥.“黑麦草-水稻”草田轮作系统的研究 III. 意大利黑麦草引进品种在南亚热带地区稻底撒播条件下的生产能力. 草业学报, 1995, 4(4): 52~ 57

- 4 杨中艺.“黑麦草-水稻”草田轮作系统的研究 IV. 冬种意大利黑麦草对后作水稻生长和产量的影响.草业学报, 1996, 5(2): 38~ 42
- 5 Mimoto H, Inano T, Daimon H, et al. Plant growth and fate of nitrogen in mixed intercropping and crop rotation V. Japanese Journal of Crop Science, 1988, 57(4): 643~ 649
- 6 Mimoto H, Inano T, Daimon H, et al. Plant growth and fate of nitrogen in mixed intercropping and crop rotation VI. Japanese Journal of Crop Science, 1988, 57(4): 650~ 654

Rhizosphere Effects in Ryegrass-Rice Rotation System

I. Effects of Infection with Paddy Soil Microorganisms on Growth and Nitrogen Balance of Italian Ryegrass

Yang Zhongyi* Xin Guorong Yue Chaoyang Jian Shuguang Sugawra Kazuo

Abstract In order to clarify the affecting mechanism of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) winter cropping in paddy on subsequent rice, growths and nitrogen balances of plants of Italian ryegrass cultured in mediums infected and disinfected with soil microorganisms, which was collected from paddy in southern subtropics of China, were investigated. It was shown that infection of the soil microorganisms increased dry matter production of Italian ryegrass. The result proved that the increment of strain yield of rice in the paddy precultivated Italian ryegrass in winter has a direct bearing on the rhizosphere activity of the Italian ryegrass.

Keywords grass-rice rotation, Italian ryegrass, rhizosphere, microorganisms, ecological benefit, sustainable agriculture

· 简 讯 ·

本刊被引频次再次位于高校学报前列

据中国科学院文献情况中心中国科学引文数据库最近公布的“被引频次最高的中国科技期刊 500名排行榜”(1995年数据统计),中山大学学报(自然科学版)继续入选其中并位于 131名,在全国高校学报中位于第 8名,在国家教委所属综合性大学学报中位于第 4名。

其中被引频次最高的高校学校前 10名为(括号为 500名中的排名):

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1 华中理工大学学报 (61) | 6 北京大学学报 (94) |
| 2 北京医科大学学报 (64) | 7 第二军医大学学报 (118) |
| 3 中国地质大学学报 (68) | 8 中山大学学报 (131) |
| 4 武汉大学学报 (74) | 9 上海医科大学学报 (143) |
| 5 厦门大学学报 (76) | 10 白求恩医科大学学报 (145) |

(张 文)

* Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275