

不同供氮水平对水稻/花生间作系统中氮素行为的影响*

褚贵新^{1,2} 沈其荣^{1†} 王树起¹

(1 南京农业大学资源环境学院植物营养系, 南京 210095)

(2 石河子大学农学院资源与环境系, 新疆石河子 832000)

摘要 水稻旱作/花生间作栽培是一种新兴的节水农业技术。用¹⁵N 稀释标记法在盆栽条件下研究了间作系统在 15 kg hm⁻²、75 kg hm⁻²和 150 kg hm⁻² 3 个氮素供应水平条件下花生生物固氮以及水稻旱作/花生间作系统中氮素的转移,同时用¹⁵N 的富积标记法研究了花生根系腐解对间作系统氮素转移的贡献。结果表明,在 15 和 75 kg hm⁻² 2 个氮素水平下,间作水稻比单作水稻的干物质质量分别增加了 23.5% 和 12.2%,在 $p = 0.05$ 的水平有显著差异。间作水稻和单作水稻的氮素吸收量分别为 135、143 mg 株⁻¹和 117、131 mg 株⁻¹,分别比单作增加 14.8% 和 8.8%。不同栽培方式对花生的干物质积累和氮素吸收影响很小。在 3 个氮素水平下间作花生和单作花生的固氮量分别为 76.1%、53.3%、50.7% 和 72.8%、56.5%、35.4%,在低氮水平下的生物固氮显著高于高氮条件,间作对花生的生物固氮有一定促进作用。间作系统中的氮素转移率和转移量在 3 个氮素水平分别为 12.2%、9.2%、6.2% 和 16.3、13.0、10.4 mg 株⁻¹,氮素的转移率和转移的数量显著地随氮素水平的增加而减少。用¹⁵N 花生叶片标记直接证明了氮素从花生体内向水稻的转移,随刈割时间氮素转移量显著下降,表明花生根系腐解对间作系统的氮素转移有积极作用。

关键词 水稻旱作;花生;间作;氮素固定与转移;根系腐解;¹⁵N

中图分类号 S154.4 文献标识码 A

水稻淹水栽培对水资源的消耗量占农业用水的 65% 以上^[1],而且水分利用效率十分低下,近年的研究表明水稻在旱作的情况下不仅能节约十分短缺的水资源,而且可以获得和在水稻在淹水栽培下相近的产量^[2],因此可以视水稻旱作为我国农业节水技术工程中最重要的一环。

水稻的旱作栽培使得它和豆科作物间作成为可能。通常豆科/禾本科作物间作具有明显的产量优势^[3]。豆科作物的生物固氮量占其氮素吸收量的 70%~85%^[4],它主要通过生物固氮满足其营养需求,与禾本科作物单作相比,间作的禾本科作物能获得更多的土壤氮素,因此禾本科作物与豆科间作能明显改善禾本科作物的氮素营养,而且在间作系统中豆科向禾本科作物的氮素转移也能为禾本科作物提供一定量的氮素,如 Danso 和 Palmason 等研究羽扇豆和燕麦间作系统时发现间作的燕麦比单作条件下的氮素吸收量

和生物量分别增加了 26.3% 和 21%^[5],其他一些研究也发现有 2%~17% 的豆科体内氮素发生了氮素的转移^[5-10]。由于豆科/禾本科作物间作系统在可持续农业中的重要作用,氮素转移的机理和途径也成为研究的热点,很多研究认为间作中根毛、细小根系的死亡矿化是氮素转移的主要来源。但水稻旱作/花生间作是一种新的间作栽培方式,对这两种作物间作系统的氮素供应特征的研究还很薄弱。

本文用¹⁵N 稀释法和花生叶片¹⁵N 富积标记法对水稻旱作/花生间作系统的氮素养分供应特征、氮素的固定和转移及其转移的途径进行了研究,旨在揭示:(1)水稻旱作和花生间作系统中水稻产量优势的氮素营养基础及供氮水平对其的影响;(2)通过模拟花生根系腐解研究间作系统中豆科作物根系死亡矿化对氮素转移的贡献。

* 国家自然科学基金项目(30200036, 30070446)资助

† 通讯作者, E-mail: qrshen@njau.edu.cn; Tel: 025-84395212

作者简介:褚贵新(1969~),男,新疆霍城人,博士,副教授,主要从事土壤及植物营养方面的研究工作

收稿日期:2003-11-05;收到修改稿日期:2004-03-27

1 材料与方法

1.1 供试土壤与作物

试验在南京农业大学资源与环境学院温室进行,供试的水稻品种是武育粳99-15号,花生品种为郑远杂9102。土壤采自江苏省南通市搬经镇的高沙土,为0~20 cm的表层土。前茬作物为花生。耕层土壤有机质含量 6.9 g kg^{-1} ,全氮 0.56 g kg^{-1} ,碱解氮 47.25 mg kg^{-1} ,全磷 0.64 g kg^{-1} ,有效磷(Olsen P) 6.56 mg kg^{-1} ,全钾 9.7 g kg^{-1} ,有效钾 39.69 mg kg^{-1} ,pH值(土水质量比为1:2.5)8.2。

1.2 实验设计和方法

试验1: ^{15}N 同位素标记花生实验。试验设3个氮素水平,即 $\text{N } 15 \text{ kg hm}^{-2}$ 、 $\text{N } 75 \text{ kg hm}^{-2}$ 、 $\text{N } 150 \text{ kg hm}^{-2}$ 。每处理重复4次,随机区组排列。所用氮肥为尿素, ^{15}N 的丰度为10.32%,由上海化工研究院生产。施用方法为把 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 溶于水,种植前均匀的一次性施入土壤,其他营养元素在播种前溶于水随水施入,以浓度计,分别施P 100 mg kg^{-1} (CaH_2PO_4),K 80 mg kg^{-1} (KCl)。试验所用陶瓷钵高0.22 m,内径 $\phi 0.27 \text{ m}$,将风干土过2.5 mm筛,每盆装土13 kg(以自然风干土计),每盆水稻4株,花生4株,种植比例1:1。在水稻幼苗期移栽,2002年6月13日移植,花生于6月23日播种,6月30日出苗。同时设置对照,对照为水稻单作、花生单作,每盆分别种植8株,以便测定其自然丰度。

试验2:模拟花生根系腐解实验。试验采用小陶瓷盆,高0.22 m,内径 $\phi 0.17 \text{ m}$,将风干土过筛,每盆装土3.2 kg,种植花生和水稻各2株。在花生的营养生长期分3次富积标记 ^{15}N 其叶片。标记方法:把花生叶片浸入浓度为1.5%的尿素($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)溶液中(^{15}N 的丰度同上),浸润结束后用保鲜袋将花生叶片封闭,直至其叶片变干,并在整个生长季节有防雨设施,严格控制条件防止 ^{15}N 对邻近水稻或对土壤的污染。分别在7月28日、8月8日、8月28日、9月8日每10天随机的对花生地上部分的刈割处理,重复8次,水稻在收获期同时收获,分别测定水稻和花生的地上部干重和氮素含量。但由于盆钵体积小,两种作物根系相互缠绕,很难区分,故本实验没有测定根系数据。

1.3 样品的采集和分析

1.3.1 样品采集 在10月5日分别收获水稻和花生的植株样,在 105°C 杀青30 min,在 75°C 下烘干

至恒重。称干物质重,粉碎测定全氮含量并用质谱仪(型号为ZHF-03, ^{15}N 分析误差为0.001 5%)测定 ^{15}N 丰度。

1.3.2 分析方法 土壤全氮用凯氏半微量蒸馏定氮法,并把样品浓缩进行质谱分析,测定 ^{15}N 丰度。

1.4 计算方法

(1) 试验中把施用 ^{15}N 肥料处理的植株样品 ^{15}N 的丰度(atom $^{15}\text{N} \%$)与不施 ^{15}N 植株样品丰度差值计为该样品的 ^{15}N 原子百分超(atom % ^{15}N excess)。植株的 atom % ^{15}N excess = 标记植株的 atom % ^{15}N - 对照植株的 atom % ^{15}N 。

(2) 标记花生向水稻氮素转移百分率(% Nitrogen Transferred from Groundnut to Rice, % NT)^[7], % NT = 水稻氮素吸收量 × 水稻的 atom % ^{15}N excess / (水稻氮素吸收量 × 水稻的 atom % ^{15}N excess + 花生氮素吸收量 × 花生的 atom % ^{15}N excess) × 100。

(3) 花生固氮% (% Nitrogen Derived from Atmosphere, % NDFA),即花生固定空气中氮素占植株全氮的百分数^[8],在花生单作系统中,花生的固氮效率% NDFA(单作花生) = (1 - atom % ^{15}N excess 单作花生 / atom % ^{15}N excess 单作水稻) × 100;在水稻/花生间作系统中 % NDFA(间作花生) = (1 - atom % ^{15}N excess 间作花生 / atom % ^{15}N excess 单作水稻) × 100。

(4) 花生向旱作水稻氮素转移百分率(% Nitrogen Transferred from Legume, % NTFL), % NTFL = 1 - (atom % ^{15}N excess 间作 / atom % ^{15}N excess 单作)^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同氮素水平和间作系统对水稻和花生干物质以及氮素吸收的影响

从表1可以看出,氮肥水平和栽培方式对水稻的干物质积累量和氮素吸收量有显著的影响,不论在间作条件还是单作条件下,水稻的干物质质量都表现出随施肥水平的提高而增加,但在间作条件下水稻的干物质质量总高于在单作条件,尤其是在 15 kg hm^{-2} 和 75 kg hm^{-2} 2个氮素水平下其增加很明显,比单作分别增加了23.5%和12.2%,在 $p = 0.05$ 水平下差异显著。在 150 kg hm^{-2} 的氮素水平条件下间作水稻的干物质质量和单作条件下的没有显著差异,作物的根系也表现相同的趋势,由此说明在供氮

水平比较低的情况下, 间作对水稻的生长有显著的促进作用。从氮素营养的角度分析间作促进水稻生长的原因是间作改善了水稻的氮素营养。从表 1 可以看出, 在 15 kg hm^{-2} 和 75 kg hm^{-2} 的供氮水平下, 间作水稻和单作水稻的氮素吸收量分别为 134 、 144 mg 株^{-1} 和 117 、 131 mg 株^{-1} 。间作水稻的氮素吸收

量分别比单作增加 14.8% 和 8.8% , 在 15 kg hm^{-2} 的氮素水平下差异显著。在氮素水平高时, 间作水稻的氮素吸收虽然有增加的趋势, 但是方差分析的结果表明差异不显著。比较而言, 不同栽培方式对花生的干物质积累和氮素吸收影响很小, 仅仅在供氮水平为 15 kg hm^{-2} 时, 对其氮素吸收有明显的影

表 1 间作和单作对水稻和花生干物质和氮素吸收的影响

Table 1 Dry matter and nitrogen uptake of rice and groundnut in mono- or intercropping culture

作物 Species	供氮 水平 N level (kg hm^{-2})	干物质质量 Dry matter (g plant^{-1})		氮素吸收量 Total N accumulated (mg plant^{-1})	
		地上部 Shoot	根部 Root	地上部 Shoot	根部 Root
		水稻单作 Rice monocropping	15	$6.8 \pm 0.9 \text{ d}$	$1.2 \pm 0.1 \text{ c}$
	75	$8.2 \pm 0.6 \text{ c}$	$1.2 \pm 0.2 \text{ c}$	$131 \pm 28.2 \text{ b c}$	$24.9 \pm 5.7 \text{ c}$
	150	$9.4 \pm 1.1 \text{ a b}$	$1.4 \pm 0.1 \text{ b}$	$174 \pm 8.3 \text{ a}$	$29.8 \pm 2.6 \text{ b}$
水稻间作 Rice intercropping	15	$8.4 \pm 3.5 \text{ b c}$	$1.6 \pm 0.8 \text{ a}$	$134 \pm 48.5 \text{ b}$	$34.9 \pm 13.9 \text{ a}$
	75	$9.2 \pm 1.8 \text{ b}$	$1.5 \pm 0.4 \text{ a b}$	$144 \pm 31.0 \text{ b}$	$31.6 \pm 3.2 \text{ a b}$
	150	$11.5 \pm 2.0 \text{ a}$	$1.6 \pm 0.2 \text{ a}$	$188 \pm 36.1 \text{ a}$	$45.7 \pm 8.5 \text{ a}$
花生单作 Groundnut Monocropping	15	$6.8 \pm 0.9 \text{ a}$	$6.0 \pm 1.0 \text{ b}$	$194 \pm 17.7 \text{ b}$	$497 \pm 96.9 \text{ b}$
	75	$8.2 \pm 0.8 \text{ a}$	$7.0 \pm 0.7 \text{ a}$	$236 \pm 25.0 \text{ a}$	$637 \pm 44.1 \text{ a}$
	150	$7.3 \pm 0.7 \text{ a}$	$7.0 \pm 1.5 \text{ a}$	$227 \pm 38.4 \text{ a}$	$601 \pm 178 \text{ a}$
花生间作 Groundnut Intercropping	15	$8.4 \pm 2.7 \text{ a}$	$8.4 \pm 1.9 \text{ a}$	$236 \pm 81.8 \text{ a}$	$618 \pm 114 \text{ a}$
	75	$9.4 \pm 2.1 \text{ a}$	$8.2 \pm 2.0 \text{ a}$	$240 \pm 60.6 \text{ a}$	$596 \pm 166 \text{ a}$
	150	$7.9 \pm 2.2 \text{ a}$	$7.8 \pm 2.8 \text{ a}$	$218 \pm 63.7 \text{ a}$	$588 \pm 237 \text{ a}$

注: 平均数 \pm 标准差, 不同字母表示在 $p = 0.05$ 的置信度有显著的差异。下同 Note: Mean value \pm standard error. Values in a column followed by different letters are significant difference at $p = 0.05$ probability level. The same as below

2.2 间作系统氮素的固定和转移

由表 2 分析可以看出, 不论在单作还是间作条件下花生的固氮效率(%NDFa)随供氮水平的增加而显著下降, 如在 15 kg hm^{-2} 、 75 kg hm^{-2} 、 150 kg hm^{-2} 3 个氮素水平间作花生和单作花生的固氮率分别为 76.1% 、 53.3% 、 50.7% 和 72.8% 、 56.5% 、 35.4% , 花生在低氮水平下的生物固氮率显著高于高氮水平, 说明氮素对花生的生物固氮(%NDFa)有抑制作用, 且随着氮素水平的增加, 对花生生物固氮的抑制作用越大, 间作对花生的生物固氮有一定促进作用。由于花生生物固氮的稀释作用, 其体内

的 ^{15}N 富积程度明显的低于同等氮素水平条件下水稻(表 2)。水稻体内的 ^{15}N 富积随着氮肥水平的增加而有显著增加, 且其 ^{15}N 丰度在间作条件下总低于单作条件下的水稻, 这说明花生植株转移过来的低丰度氮素稀释了间作水稻体内的 ^{15}N 丰度, 间作系统中发生了氮素的转移, 其转移率(%Ntfa)和转移量在 3 个氮素水平分别为 12.2% 、 9.2% 、 6.2% 和 16.3 mg 株^{-1} 、 13 mg 株^{-1} 、 10.4 mg 株^{-1} , 氮素的转移率和转移的数量显著地随氮素水平的增加而减少。

表 2 不同供氮水平对水稻旱作与花生间作系统氮素固定与转移的影响

Table 2 Effect of different N levels on biological nitrogen fixation by groundnut and nitrogen transfer in intercropping system

作物 Species	供氮水平 N level (kg hm ⁻²)	¹⁵ N 百分超 Atom % ¹⁵ N excess	生物固氮率 % NDFA	氮素转移率 % NTFL	氮素转移量 N transferred (mg plant ⁻¹)
水稻单作 Rice monocropping	15	0.753 ± 0.106 c			
	75	2.12 ± 0.131 b			
	150	3.94 ± 0.419 a			
水稻间作 Rice intercropping	15	0.645 ± 0.090 c		12.18 ± 1.03 a	16.3 ± 3.29 a
	75	1.92 ± 0.101 b		9.17 ± 0.97 b	12.9 ± 1.58 b c
	150	3.70 ± 0.425 a		6.19 ± 1.08 c	10.4 ± 1.11 b
花生单作 Groundnut monocropping	15	0.177 ± 0.032 c	72.8 ± 5.9 a		
	75	0.935 ± 0.099 b	56.5 ± 4.1 b		
	150	2.58 ± 0.325 a	35.4 ± 6.8 c		
花生间作 Groundnut Intercropping	15	0.167 ± 0.050 c	76.1 ± 4.3 a		
	75	0.931 ± 0.034 b	53.3 ± 7.8 b		
	150	1.95 ± 0.099 a	50.7 ± 5.4 b c		

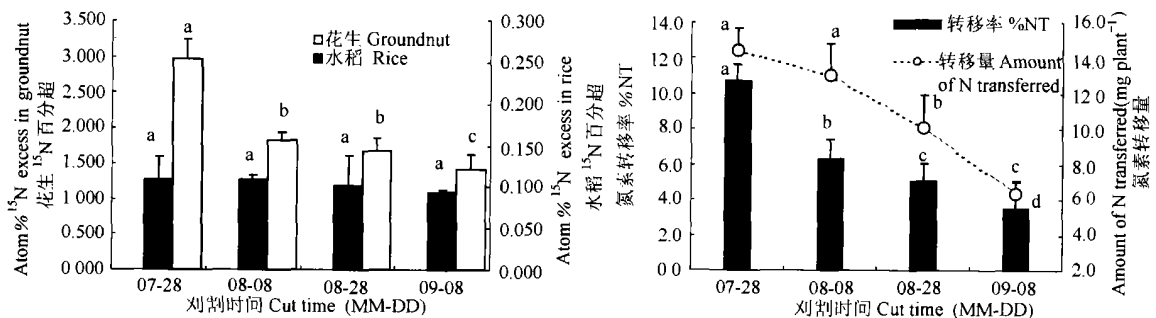


图 1 不同刈割时间对水稻旱作/花生间作系统氮素转移的影响

Fig. 1 Effect of different cutting time of groundnut shoot on N transfer from groundnut to associated rice

2.3 花生根系腐解对氮素转移的贡献

豆科/禾本科作物间作系统中氮素转移的机理和途径受到普遍的关注。很多研究认为,豆科作物在生长季节根系的自然死亡更替和腐解是氮素转移的主要途径。从图 1 分析可以看出,花生叶片富积标记¹⁵N 后,不同时间刈割对其体内¹⁵N 的丰度有显著的影响,先刈割处理的其体内¹⁵N 富积度最高,然后显著下降。¹⁵N 丰度下降的原因可能是花生的生物固氮作用和其生长的自然稀释共同作用的结果。间作水稻¹⁵N 的丰度均比其自然丰度高,证明间作系统中发生了氮素从花生向水稻的转移。刈割时间对氮素转移量和转移率(NT%)有显著的影响,在 7 月 28 日至 9 月 8 日作物生长期间的 4 次刈割处理,其氮素转移率和转移量分别为 10.7%、6.3%、

5.1%、3.5% 和 14.4 mg 株⁻¹、13 mg 株⁻¹、10.1 mg 株⁻¹、6.4 mg 株⁻¹。随刈割时间,氮素转移的数量和比率都表现出显著的下降,通过模拟间作花生根系腐解实验证明花生根系腐解矿化释放出氮素被间作水稻吸收是水稻/花生间作系统氮素转移的一个重要途径。

3 讨论

豆科作物/禾本科作物间作系统氮素转移可能的途径有直接转移和间接转移,多数研究表明通过根系腐解是间作中氮素转移的主要途径。本文通过花生叶片标记¹⁵N 模拟根系腐解的试验也证实花生根系死亡对氮素转移有显著作用。如在 7 月 28 日

等早期刈割的花生根系分别比 9 月 8 日刈割的对氮素转移的量增加了 8 mg 株^{-1} 、 6.8 mg 株^{-1} 和 3.7 mg 株^{-1} , 增长率分别为 126.5%、104.8% 和 58.9%, 从花生体转移的氮素量分别占水稻吸氮量的 6%、5.8%、5.1% 和 3.2% (图 1), 这说明在间作系统中花生根系死亡释放出的氮素能被间作的水稻吸收, 刈割时间早则腐解的时间越长, 释放的氮素也越多。Ta 和 Faris 指出土壤灭菌处理后, 苜蓿和梯牧草间作系统的氮素转移量显著的减少^[9], 直接证明苜蓿根系在土壤微生物作用下矿化腐烂是该间作系统氮素转移的主要途径。Jensen 在试验中发现豆科作物氮素的转移量随着生长时间其转移的氮量也显著的增加, 如在 45 天内转移的氮素小于 5%, 而在 70 天后能增加到 19%^[7]。van der Krift 等研究了 3 种不同植物的矿化, 认为植物残体的数量和质量决定了氮素在土壤中的矿化, 而植物残体的质量随植物种类的不同而不同, 高氮素含量的根系比低氮素根系更容易矿化腐烂分解^[11]。总之, 间作系统中豆科作物体内的氮素通过根系腐解转移到间作的禾本科作物体内可能的原因可归结为: (1) 豆科作物根系的化学组成结构和禾本科根系的差异; (2) 间作中禾本科作物对土壤氮素竞争的能力大于豆科作物; (3) 间作系统中禾本科作物的氮素吸收容量大; (4) 豆科作物在间作条件下更依赖其生物固氮作用。

4 结 论

1) 在氮素水平低的条件下, 水稻旱作与花生间作可以显著的提高系统中作物氮素的吸收量, 对水稻的干物质积累有显著促进作用, 而对花生没有明显的影响。

2) 高氮供应水平对花生的生物固氮有显著的抑制作用。

3) 水稻旱作/花生间作系统中存在着氮素转移, 而且其转移量随施氮水平的增加而降低, 花生的根系腐解是水稻旱作/花生间作系统中氮素转移的重要途径。

参 考 文 献

- [1] 程旺大, 赵国平, 张国平等. 水稻节水栽培的生态和环境效应. 农业工程学报, 2002, 18(1): 191~ 195. Cheng W D, Zhao G P, Zhang G P, *et al.* Ecological and environmental effect of water-saving rice cultivation (In Chinese). Transactions of the CSAE, 2002, 18(1): 191~ 195
- [2] 黄新宇, 徐阳春, 沈其荣等. 不同地表覆盖旱作水稻和水作水稻水分利用效率的研究. 水土保持学报, 2003, 17(3): 140~ 143. Huang X Y, Xu Y C, Shen Q R, *et al.* Water use efficiency of rice crop cultivated under water logged and aerobic soil mulched with different materials (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 140~ 143
- [3] Fujita K, Ofosu-Budu K G, Ogata S. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping system. Plant and Soil, 1992, 141: 155~ 175
- [4] Peoples M B, Herridge D F, Ladha J K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agriculture production. Plant and Soil, 1995, 174: 3~ 28
- [5] Danso S K A, Zapata F, Hardarson G. Nitrogen fixation in fababeans as affected by plant population density in solo or intercropped system with barley. Soil Biol. Biochem., 1987, 19: 411~ 415
- [6] 褚贵新, 沈其荣, 曹金留等. 旱作水稻与花生间作系统中氮素固定与转移及其对土壤肥力的影响. 土壤学报, 2003, 40(5): 717~ 723. Chu G X, Shen Q R, Cao J L, *et al.* Biological nitrogen fixation and nitrogen export of groundnut intercropped with rice cultivated in aerobic soil and its effect on soil nitrogen fertility (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(5): 717~ 723
- [7] Jensen E S. Barley uptake of N deposited in the rhizosphere of associated field pea. Soil Biol. Biochem., 1996, 28: 159~ 168
- [8] Ofosu-Budu K G, Noumura K, Fujita K. N_2 fixation, N transfer and biomass production of soybean cv. Bragg or its supernodulating nts1007 and sorghum mixture cropping at two rates of N fertilizer. Soil Biol. Biochem., 1995, 27: 311~ 317
- [9] Ta T C, Faris M A. Effects of environmental conditions on the fixation and transfer of nitrogen from alfalfa to associated timothy. Plant and Soil, 1988, 107: 25~ 30
- [10] Ta T C, Faris M A, Macdowall F D H. Evaluation of ^{15}N methods to measure nitrogen transfer from alfalfa to companion timothy. Plant and Soil, 1989, 114: 243~ 247
- [11] van der Krift T A J, Gioacchini P, Kirkman P J, *et al.* Effects of high and low fertility plant species on dead root decomposition and nitrogen mineralisation. Soil Biol. Biochem., 2001, 33: 2 115~ 2 124

EFFECTS OF N LEVELS ON BIOLOGICAL N FIXATION AND N TRANSFER IN INTERCROPPING SYSTEM OF GROUNDNUT WITH RICE CULTIVATED IN AEROBIC SOIL

Chu Guixin^{1,2} Shen Qirong¹ Wang Shuqi¹

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China)

(2 College of Agronomy Science, Shihzi University, Shihzi, Xinjiang 832000, China)

Abstract A novel rice cultivation in aerobic soil in China has made it possible to intercrop the rice with legumes, which is one of the ways in sustainable production of rice. Pot experiments using ^{15}N isotope dilution method were carried out to study biological nitrogen fixation by groundnut and nitrogen transfer from groundnut to associated rice in aerobic soil at three N fertilizer application rates (15 kg hm^{-2} , 75 kg hm^{-2} and 150 kg hm^{-2}). Decomposition experiment of groundnut root labeled by ^{15}N foliar enrichment was also conducted at the same time to investigate the contributed nitrogen transfer from the decomposition of groundnut root to the associated rice. The results showed that at 15 kg hm^{-2} and 75 kg hm^{-2} N fertilizer application rates the dry weights of rice in intercropping condition were increased by 23.5% and 12.2% respectively compared with rice in monocropped condition. The total N accumulated in rice in intercropped was 135 and 144 mg plant^{-1} at the N fertilizer application of 15 and 75 kg hm^{-2} respectively while they were 117 and 131 mg plant^{-1} in monocropped treatment respectively, showing that intercropping could significantly increase the dry weight and nitrogen content of rice, especially at low N application rate. The dry weight and nitrogen content of groundnut intercropped were not significantly different from that monocropped. At three N application rates, biological N fixation (BNF) rates by groundnut were 72.8%, 56.5%, 35.4% and 76.1%, 53.3%, 50.7% in mono- and intercropped condition respectively, indicating that the BNF by groundnut was significantly increased in intercropped condition and the BNF decreased with increasing N fertilizer application rates. The N transferred rates and the amount of N transferred were 12.2%, 9.2%, 6.2% and 16.3 mg plant^{-1} , 13.0 mg plant^{-1} and 10.4 mg plant^{-1} , respectively, with N fertilizer application rates of 15 kg hm^{-2} , 75 kg hm^{-2} and 150 kg hm^{-2} , indicated N transfer decreased with increasing N fertilizer application rates in rice/groundnut intercropping system. Using ^{15}N foliar labeled method, it was shown that the decomposition of groundnut root had a significant contribution to N transfer happened in groundnut associated with rice system.

Key words Rice cultivated in aerobic soil; Groundnut; Intercropping; Nitrogen fixation and transfer; Root decomposition; ^{15}N