种稻方式对后茬大麦生长及土壤氮素转化和氮肥利用的影响 *

吴延寿[1]　徐阳春[1]　沈其荣[1†]　周春霖[2]
(1 南京农业大学资源与环境科学学院 ,南京　210095)
(2 江苏省盐城市农业科学院 ,江苏盐城　224002)

EFFECTS OF RICE CULTIVATION PATTERN ON GROWTH OF FOLLOWING BARELY CROP AND SOIL NITROGEN AND NITROGEN USE EFFICIENCY

Wu Yanshou[1]　Xu Yangchun[1]　Shen Qirong[1†]　Zhou Chunlin[2]
(1 *College of Resources & Environmental Sciences , Nanjing Agricultural University , Nanjing　210095 , China*)
(2 *Yanchen Institute of Agriculture Science , Yancheng , Jiangsu　224002 , China*)

关键词　大麦 ;土壤氮素 ;氮肥利用率
中图分类号　S157. 4 + 32　　**文献标识码**　A

稻麦轮作是我国南方一种传统的耕作模式 ,有关该体系下作物的生长和土壤氮素的转化已有较多报道[1]。近年来 ,随着水稻种植方式的多元化 ,除传统的水稻水作外 ,还诞生了水稻旱作 ,即水稻在全生育期不建立水层的条件下生长 ,土壤的理化性状均有别于水稻水作 ,石英等[2]发现水稻旱作条件下不同覆盖物和常规淹水种植水稻条件下水稻生育期间土壤 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的动态变化规律不同 ,殷晓燕等[3]则报道水作水稻和旱作水稻的覆盖地膜、覆盖秸秆种植对土壤氮素盈亏的影响是不同的 ,然而有关这些改变对后茬作物生长的影响与传统的水旱轮作体系有何不同的研究还鲜见报道。本研究通过在田间设立的水作水稻、覆膜旱作、覆草旱作和裸露旱作水稻等不同水稻栽培方式的小区内后茬种植大麦 ,分析测定了土壤中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 以及植株中的全氮量 ,旨在阐明不同的水稻的种植方式对后茬作物生长及土壤氮素转化与氮肥利用率的影响 ,为水稻旱作技术的推广提供理论依据。

1　材料与方法

1. 1　供试土壤和试验地点

田间试验于 2002 年 10 月至 2003 年 6 月在江苏省盐城市农业科学研究所试验场 (33°27′N , 120°11′E) 进行。供试大麦品种为港啤 2 号 ,试验地点土壤为黄泛冲积物发育的海积潮湿正常盐成土 (Orthic Halosols) ,试验开始时耕层土壤的基本性状见表 1。

表 1　供试土壤基础性状

土层	有机质 (g kg^{-1})	全氮 (g kg^{-1})	NH_4^+-N (mg kg^{-1})	NO_3^--N (mg kg^{-1})	容重 (g cm^{-3})	pH (H_2O)
0～20 cm	11. 8	0. 74	3. 51	6. 90	1. 46	8. 42
20～40 cm	7. 82	0. 58	1. 67	7. 48	1. 54	8. 73

* 国际原子能机构项目 (11758/ R0) 资助
† 通讯作者 , E-mail : shenqirong @njau. edu. cn ; Tel : 025-84395212
作者简介 :吴延寿 (1979～) ,男 ,安徽桐城人 ,硕士研究生 ,主要从事作物氮素营养研究
收稿日期 :2004 - 09 - 02 ;收到修改稿日期 :2004 - 12 - 23

1.2　区组设计

试验在前茬四个不同种稻处理的小区内进行,即(1)前茬水田种植水稻(P);(2)前茬旱作覆盖地膜种植水稻(PF);(3)前茬旱作覆盖稻草种植水稻(S);(4)前茬旱作裸露种植水稻(B)。原水稻水作的 3 个重复放置在一起,旱作的 3 个处理随机排列,小区面积为 11.5 m ×6 m,重复 3 次。

1.3　试验管理

大麦于 2002 年 10 月 25 日采用免耕条播的方式种植,行距为 25 cm,氮肥采用尿素用量为 N120 kg hm^{-2};磷、钾肥用普钙和氯化钾,用量分别为 P_2O_5 60 kg hm^{-2}和 K_2O 90 kg hm^{-2};所有肥料均作苗肥在播种后 20 d 一次性沟施。

1.4　土壤与植株样品的测定分析方法

大麦生长期间,自播种日始到收获,每隔 30 d 采样一次。土壤样品在各小区用多点混合采集,每次采样时分别采集 0～20、20～40、40～60 和 60～80 cm 土层的样品。新鲜土样直接通过 2 mm 筛子后混匀,称取 12.5 g 土样加 100 ml 的 0.01 mol L^{-1} $CaCl_2$ 溶液在 180 rmin^{-1}的振荡机上振荡 1 h。浸提液过滤后用连续流动分析仪(CFA-AA3)直接测定 NH_4^+ 和 NO_3^-。

每次采集土壤样品的同时随机采取大麦植株地上部的样品,采样面积为 30 cm ×50 cm。植株鲜样于 105 ℃杀青 30 min 后,在 70 ℃下烘干 72 h,称重、粉碎后,用 H_2SO_4-H_2O_2 消煮,连续流动分析仪测定全氮量。

1.5　数据分析

氮肥表观利用率 = 作物地上部氮累积量/施用氮素总量;

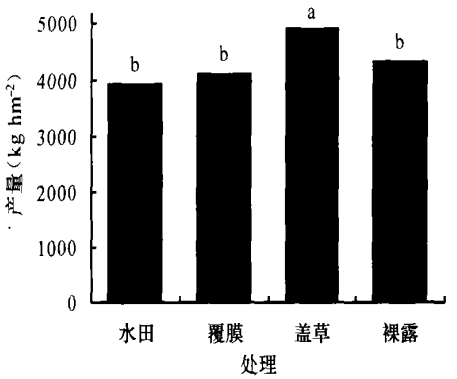
氮素吸收强度 = (后一次采样时地上部氮素累积量 - 前一次采样时地上部氮素累积量)/间隔天数;

全部数据的常规计算均采用 EXCEL 数据处理软件。

2　结果与讨论

2.1　前茬不同种稻处理对大麦产量的影响

本试验所获结果表明,大麦籽粒产量因前茬种稻方式不同而异(图 1)。前茬水稻旱作处理的产量均高于水作水稻,在前茬各旱作处理中,又以覆草种稻处理的后茬大麦籽粒产量最高,分别比前茬覆膜种稻和裸露种稻增产 19.6 %和 14.2 %。究其原因是由于大麦的耐湿性较小麦弱,怕涝怕湿,前茬覆草旱作处理的土壤水分含量较低,土壤具有较好的通气性,有利于大麦苗期根系的生长和对土壤养分吸收;同时水稻季覆盖的稻草秸秆中的部分氮素,在大麦生长期间这部分氮素随着稻草的分解而释放供大麦吸收利用;此外,腐解的稻草一部分在微生物的作用转化为土壤有机质[5],改善了土壤肥力性状,从而提高了大麦产量。前茬覆膜处理,由于薄膜也有很好地防止土壤水分蒸发,保持土壤水分的功能,使得土壤也有着较高的湿度;此外,由于地膜的增温作用,促进了土壤中有机物质在水稻生长季内的分解和土壤中养分的消耗也是可能的原因之一。而前茬水作水稻田因水分含量较高的,使得土壤比较板实,不利于大麦苗期的扎根和生长,所以导致了其产量的最低。总的看来,在苏北地区的盐碱土上,大麦的平均产量不是很高,试验地的小区产量仅达到 4300 kg hm^{-2}左右,这与前人的结果基本一致[4]。



注:方柱上方的不同字母表示 q 测验在 $p = 0.05$ 水平上差异显著

图 1　不同前茬种稻处理的大麦籽粒产量

2.2　大麦生长过程中土壤中矿质氮的动态变化

在大麦整个生育期内,0～80 cm(由上至下每 20 cm 分为 A、B、C 和 D 四层)土层中矿质氮的含量始终处于动态变化之中(图 2),且受到施肥的影响。不管前茬种稻的方式如何,土壤各层次中硝态氮(图 2 中 A_1、B_1、C_1 和 D_1)的含量绝大多数(在生育后期 210 d 左右下三层土壤有例外)高于铵态氮(图 2 中 A_2、B_2、C_2 和 D_2)。然而比较耕层铵硝含量的动态变化发现,该两种形态氮素峰值出现的日期和数量明显受到前茬不同种稻方式的影响。施肥后 10 d 左右,随着尿素的水解土壤中铵态氮含量增加;施肥后 40 d 采样分析时,前茬盖草处理的小区土壤中铵态氮的含量下降,而其他处理则出现铵的高峰,且前茬

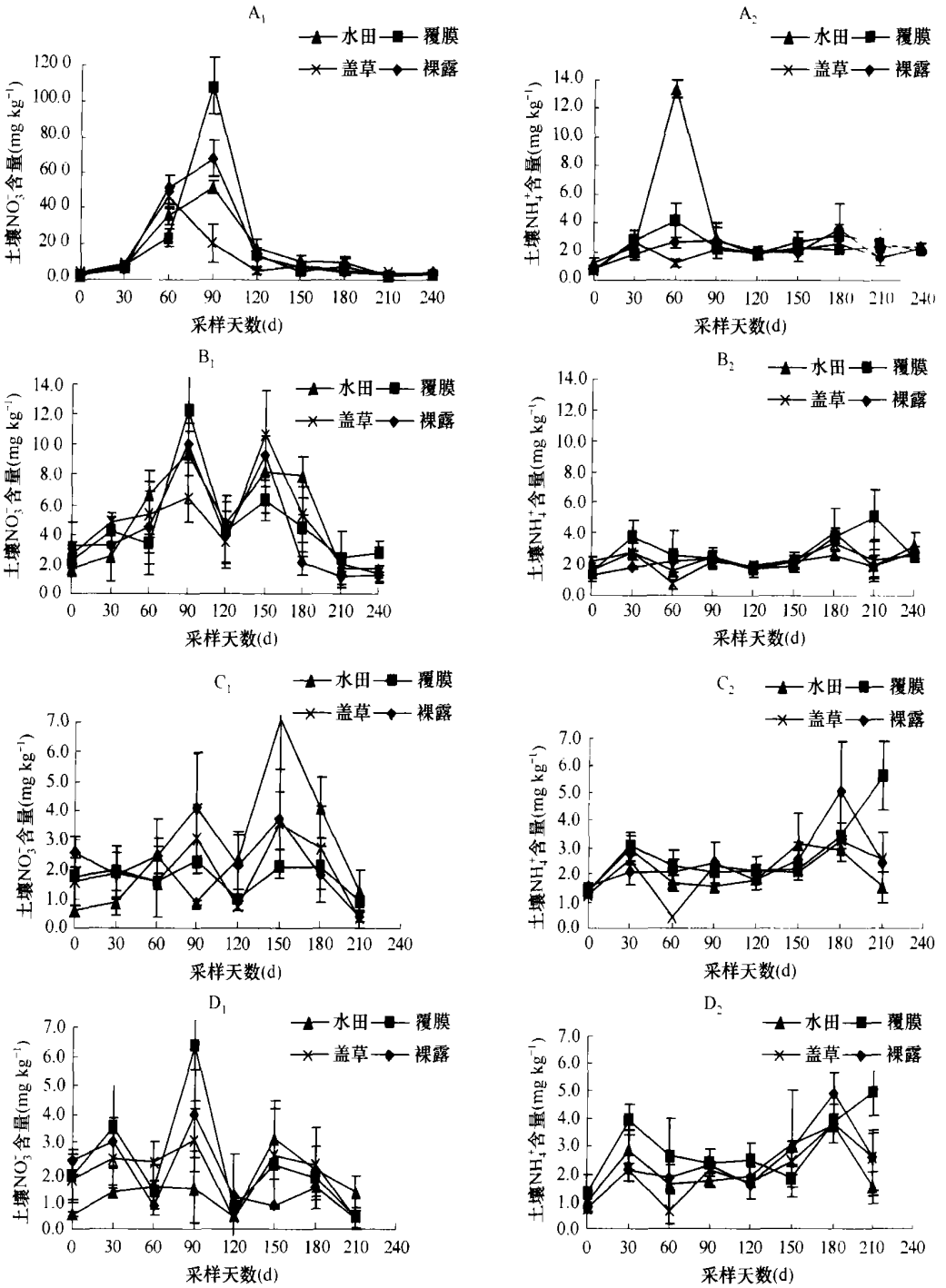


图 2 大麦生长期间不同土壤层次中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的动态变化

水作处理的小区铵态氮的峰值最高。造成这些差异的原因与土壤水分含量和外加的有机物有关,前茬淹水种稻,土壤的通气透水性较差,影响了尿素水解产生的 NH_4^+ 氧化为 NO_3^-,使得 NH_4^+ 保留在土壤中的时间趋长;前茬土表覆盖的秸秆提高了土壤中的 C/N 比,尿素分解产生的 NH_4^+ 很快被微生物在分解有机碳时同化固定[5],因此土壤中铵态氮的变化比较平缓。施肥 90 d 以后,由于土壤中的 NH_4^+ 转化为 NO_3^-,因此,各处理间土壤铵态氮的含量均维持在较低水平。各处理土壤中硝态氮高峰出现的日期较铵态氮明显滞后,这是由于大麦苗期气温较低所致。前茬盖草处理土壤中硝态氮的高峰出现在肥后 40 d,另外 3 个处理则出现在施入尿素后 70 d,究其原因主要与土壤中的 NH_4^+ 含量的变化动态有关。

耕层以下 B、C 和 D 三个土层中铵态氮(图 B_2、C_2 和 D_2)的含量变化很小,均在 6 mg kg^{-1}以下,且前茬不同种稻处理间差异不大。B 层中硝态氮在施肥后 70 和 130 d 出现两个峰值,呈现一个马鞍的形状,第一个高峰与耕层中硝态氮的含量较高有关,前茬盖草处理时耕层中硝态氮最低,因此迁移到下层的数量也少;第二个高峰则与春季的降雨增多而加速了表层中的硝态氮随水分向下淋溶有关[6]。C 和 D 两土层中硝态氮(C_1、D_1)的含量及变化均较小。可见,前茬不同种稻方式主要影响大麦生长期间耕层土壤中矿质氮的转化,而对下层土壤中矿质氮的影响不大。

2.3　不同处理对大麦氮素积累的影响

前茬不同种稻处理对后茬大麦生长期间的吸氮强度的影响如图 3,各处理地上部吸氮强度的变化基本一致,而且在各个时期的吸氮强度变化差异较小,但它们在孕穗-灌浆期(180～210 d)和成熟期(210～240 d)的吸氮强度波动幅度很大,所有处理均在孕穗-灌浆期吸氮强度达到最大,这与胡田田等人的研究一致[7]。前茬盖草和裸露处理的吸收的全氮较高,而且在 180 d 即孕穗期间均有一个下降的过程,前茬覆膜和水田的较低,尤其到成熟期,明显地落后于前两种处理。由于大麦适应在好气土壤上种植,前茬覆盖薄膜和水田处理的水分含量较高,所以它们在对氮素的吸收上低于原盖草和裸露处理。从图中还可以看出在大麦的成熟阶段反而出现氮素的严重损失,主要是由于天气等原因造成收获过迟,在风力和雨水的作用下果实和老叶片严重脱落,从而造成最后的生物量低于 210 d 的水平;另外,也可能氮素一方面通过吐水、根部分泌而损失,另一方面,在生长后期,植物也以气态氮的形式向空气中逸失氮素[8]。

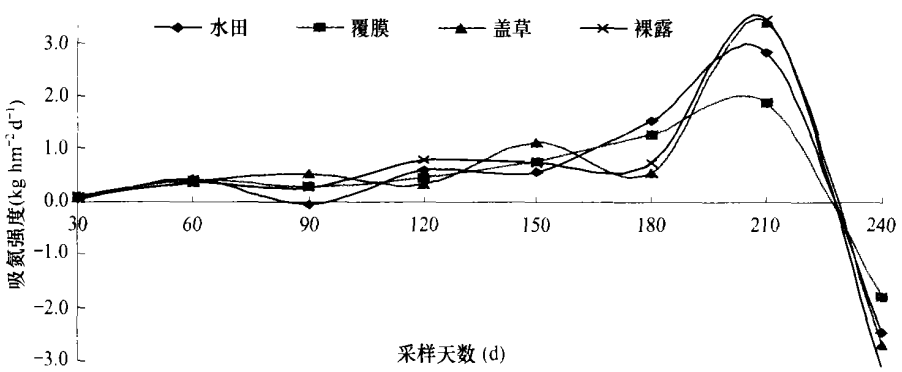


图 3　不同处理地上部全生育期中吸氮强度

2.4　不同处理的氮肥利用率的差异

不同处理种植大麦前后的氮肥表观利用率计算如表 2 所示,大麦对氮肥吸收利用率因前茬种稻处理不同而异,前茬盖草处理大麦对氮肥的利用率分别比前茬旱作覆膜、旱作裸露和水作处理高 9 %、7.8 %和 7 %,这是由于该处理稻季覆盖的秸秆,有一部分在大麦生长初期分解并固定了部分化肥氮,这部分氮素在大麦生长后期随着微生物躯体的死亡又释放出来供大麦吸收利用,从而提高了氮肥利用率。前茬旱作覆膜处理大麦的氮肥吸收利用率最低,氮肥损失率最高,看来在推广该技术时除了考虑其对水稻生长及稻季氮肥利用率的影响外,还必须兼顾其对后茬作物及氮肥利用与损失的影响。

表 2　不同原处理的表观氮肥利用率

前茬处理	氮肥吸收利用率(%)
水田(P)	41.9
覆膜(PF)	39.4
盖草(S)	48.9
裸露(B)	41.1

3　小　结

前茬不同水稻种植方式明显影响后茬大麦的生长,前茬旱作盖草种稻后茬大麦的籽粒产量显著高于前茬水作种稻、旱作覆盖地膜和裸露种稻处理。大麦生长期间,前茬盖草处理土壤中矿质氮含量的动态变化幅度较小,而前茬水作种稻和旱作覆盖地膜的处理变幅较大。前茬盖草处理还能提高大麦对氮肥的吸收利用率,减少氮肥的损失率。初步的结果表明,与传统的水作水稻-麦轮作系相比,旱作覆草水稻-麦轮作不仅显示出更大的优越性,而且能

充分的利用废弃的秸秆,减少焚烧造成的大气环境污染,达到资源的再利用,是一种值得推广的种植模式。

参 考 文 献

[1] 王人民,陈锦新,丁元树. 稻田年内水旱轮作的后效应研究. 中国水稻科学,1999,13(4):223～228

[2] 石英,沈其荣,茆泽圣,等. 旱作条件下水稻的生物效应及表层覆盖的影响. 植物营养与肥料学报,2001,7(3):271～277

[3] 殷晓燕,徐阳春,沈其荣,等. 直播旱作水稻的吸氮特征与土壤氮素表观盈亏的研究. 生态学报,2004,24(8):1576～1581

[4] Liu X J, Wang J C, Zhang S H. Effects if non-flooded mulching cultivation on crop yield,nutrient uptake and nutrient balance in rice-wheat cropping systems. Field Crops Research, 2003, 83:297～311

[5] 徐阳春,沈其荣,冉伟. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. 土壤学报,2002,39(1):89～96

[6] 郭建华,Henry Janzen. 氮肥用量和水分淋溶对土壤和小麦氮素平衡的影响. 土壤通报,2000,31(6):259～261

[7] 胡田田,李岗,韩思明,等. 冬小麦氮磷营养特征及其与土壤养分动态变化的关系. 麦类作物学报,2000,20(4):47～50

[8] 王朝辉,田霄鸿,李生秀. 冬小麦生长后期地上部氮素的氨挥发损失. 作物学报,2001,27(1):1～6