冀中南小麦/玉米轮作氮素循环及高效利用研究

李娟茹[1],李月华[1]*,丁月芬[1],赵锁辉[2],王志辉[3],许永红[1],左秀丽[1]
(1.石家庄市农业技术推广中心,河北石家庄 050051;2.赵县农业技术推广中心,河北赵县 051430;3.藁城市农业局,河北藁城 052160)

摘要　[目的]为小麦/玉米轮作体系的氮素优化管理提供依据。[方法]在冀中南小麦/玉米轮作体系自然生产条件下,对2 m土体氮素循环及盈亏变化进行研究。[结果]小麦/玉米轮作周期氮素变化呈"M"型;氮素纵向移动性较强,深层土壤仍含有较高量氮素。[结论]在当前生产条件下,小麦/玉米轮作氮素循环呈盈余状态,氮肥施用应以减、控为主。

关键词　小麦/玉米轮作;氮素;循环
中图分类号　S512.1　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2013)29 - 11685 - 02

Nitrogen Cycling and Efficient Utilization of Wheat and Maize Rotation in Middle and South Area of Hebei Province

LI Juan-ru et al　(Shijiazhuang City Agricultural Techniques Popularizing Centre, Shijiazhuang, Hebei 050051)

Abstract　[Objective] The research aimed to provide the basis for nitrogen optimal management of wheat and maize rotation. [Method] Under the natural production condition of wheat and maize rotation in middle and south area of Hebei Province, the nitrogen rotation and profit and loss in 2 m soil mass were studied. [Result] The change of nitrogen cycling in wheat and maize rotation showed M shape. The mobility of nitrogen in the length direction was strong. And the content of nitrogen in the deep layer was high. [Conclusion] Under the current production condition, the nitrogen cycling of wheat and maize rotation was surplus. And more attention should be paid in the reduction and the control of the nitrogen application.

Key words　Wheat and maize rotation; Nitrogen; Cycling

华北是我国主要粮食产区。冀中南山前平原又是华北平原农业生产的高产区。小麦/玉米轮作是该区主要的粮食种植体系。农民为追求高产而过量施用氮肥的现象普遍存在。据调查,冀中南小麦/玉米轮作两季氮肥平均投入量为453.0 kg/hm^2,最高达787.5 kg/hm^2[1]。有研究表明,小麦/玉米两季施氮400 kg/hm^2,氮素平衡处于盈余状态[2]。过量施肥已造成明显的环境问题。提高氮肥利用率,减少氮肥投入是当前农业生产氮素管理的普遍共识。目前,虽然在小麦/玉米轮作氮素循环与平衡方面的研究较多[3-6],但多为对耕层土壤氮素平衡、氮素的来源和去向的研究,对小麦/玉米轮作2 m土体氮素循环的动态平衡的研究较少。笔者研究了小麦/玉米轮作季2 m土体不同时期氮素循环与平衡规律,建立小麦/玉米轮作农田土壤氮素循环平衡"账单",为该体系的氮素优化管理提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况　试验在赵县北何庄和藁城市石井进行,为典型的小麦/玉米轮作种植制度。该地区为小麦玉米高产区,小麦、玉米产量分别达7 500、9 000 kg/hm^2。试验地地势平坦,农业生产条件优越,年平均气温12.5 ℃,年降水量平均498 mm,雨热同季,年无霜期189 d左右(表1)。

表1　试验地土壤地力状况

地点	土壤类型	有机质 g/kg	全氮 g/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	pH
赵县北何家庄	潮褐土	20.6	1.14	23.8	108	7.9
藁城石井	石灰性褐土	22.4	1.22	25.2	116	8.1

1.2　试验设计　2 m土体氮素循环调查地为当地传统施肥管理,轮作期氮肥(N)投入540 kg/hm^2。小麦季分基肥和追肥2次施肥,基肥施50%氮肥和全部磷、钾肥,在拔节期追施50%氮肥;玉米季分苗肥和大喇叭口追肥2次施肥,其中苗肥施40%氮肥和全部钾肥,大喇叭口期追施60%氮肥。

2 m土体氮素循环调查时间为小麦播种前、小麦越冬前、小麦拔节期、玉米播种前、玉米拔节期、玉米大喇叭口期、玉米收获7次。调查层次为0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100、100 ~ 150、150 ~ 200 cm。采用碱解扩散法,测定土壤碱解氮含量。

2　结果与分析

2.1　小麦/玉米轮作氮素含量周年变化　由图1可知,小麦/玉米轮作季2 m土体氮素含量呈"M"型变化趋势,即从小麦播种至小麦拔节期土壤氮素含量升高,然后下降至小麦收获;从玉米播种至玉米大喇叭口期,土壤氮素含量上升,然后下降至玉米收获。峰值分别出现在小麦拔节期和玉米大喇叭口期,氮素含量最低值出现在玉米播前。这与轮作季氮肥施用和作物吸收呈0.05水平显著相关性,也与小麦、玉米需氮临界期相吻合,也是获得小麦、玉米高产的必要条件。

从两峰值的高低关系来看,0 ~ 20 cm土壤氮素前锋值

基金项目　石家庄市科技局科技支撑计划课题(11149152A);河北省小麦产业化体系项目。
作者简介　李娟茹(1975 -),女,河北元氏人,高级农艺师,从事土壤肥料技术推广。*通讯作者,研究员,从事作物栽培和农技推广工作,E-mail:sjznjzx@163.com。
收稿日期　2013-09-19

(小麦拔节期)在 0.05 水平显著高于后峰值(玉米大喇叭口);20 cm 以下土壤氮素两峰值高低关系与 0 ~ 20 cm 相反,以后峰值(玉米大喇叭口)高于前锋值(小麦拔节期)。这与玉米大喇叭口期正处于一年中高温、多雨季节有关。高温有助于土壤微生物活动,提高土壤酶的活性,从而提高土壤有机氮矿化率、土壤氮素含量。这也与王秀斌[7]研究结果一致,即随着深度的增加,肥料氮残留量逐渐减少;冬小麦季肥料氮残留主要分布在 60 cm 以内,向深层下移不明显,夏玉米季肥料氮残留主要分布在 120 cm 以内,向深层下移较小麦明显。

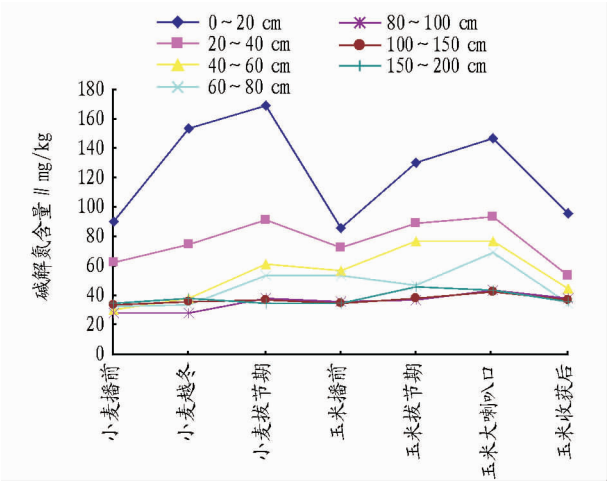

图 1 小麦/玉米轮作 2m 土体氮素周年变化

2.2 小麦/玉米轮作氮素含量垂直变化与土层深度间的关系 由图 2 可知,从氮素垂直分布变化上看,0 ~ 20 cm 土壤碱解氮含量明显高于其他层次,含量与取土深度呈反比。这与调查地氮肥施用方式多为撒施[1]有直接关系,造成表层土壤氮素含量明显较高,并随着土壤深度的增加呈递减态势。

2.3 碱解氮的纵向移动性 李新虎等[8]证明了肥随水走的水肥运动规律。水是氮素向下迁移的载体。施肥和灌溉(降水)共同影响土壤氮素的迁移和累积[5]。由表 2 可知,在该试验条件下,碱解氮纵向移动性较强,在高温、高雨季节(玉米大喇叭口)60 ~ 80 cm 土层仍可达到 70 mg/kg 左右,150 ~ 200 cm 土层占 0 ~ 20 cm 土层碱解氮的比例仍可达 40% 左右。

表 2 小麦/玉米轮作 2 m 土体碱解氮相对含量 %

层次// cm	小麦播前	小麦越冬前	小麦拔节期	玉米播前	玉米拔节期	玉米大喇叭口	玉米收获后
0 ~ 20	100	100	100	100	100	100	100
20 ~ 40	69.2	48.7	54.0	84.0	68.1	63.6	55.3
40 ~ 60	34.0	24.7	36.0	65.9	58.9	52.4	46.0
60 ~ 80	35.9	21.8	31.7	61.6	36.3	46.8	36.4
80 ~ 100	30.6	18.0	22.6	41.6	28.5	29.3	39.7
100 ~ 150	37.3	23.4	21.7	40.3	28.9	29.1	37.7
150 ~ 200	38.6	24.6	20.6	40.7	35.4	29.4	36.9

注:以 0 ~ 20 cm 土层碱解氮含量为 100%,计算各时期不同土层相对含量。

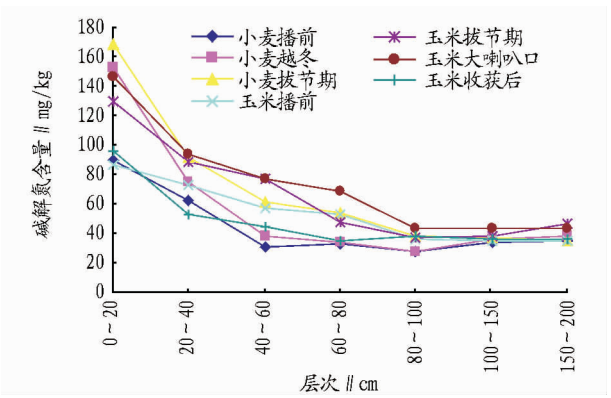

图 2 小麦/玉米轮作 2 m 土体氮素垂直变化趋势

2.4 小麦/玉米轮作氮素变化幅度与土层间的关系 由图 1 可知,小麦/玉米轮作周年期 0 ~ 20 cm 土层氮素周年变化幅度最大,20 ~ 40 cm 次之,以此类推,到 80 cm 以下基本趋于稳定。0 ~ 20 cm 土层土壤碱解氮含量的变异幅度较大。这与施肥深度、作物根系分布较多以及该层次受温度影响较大、养分的分解、释放活动活跃等因素有关;80 cm 以下土壤碱解氮含量的变异幅度较小,与根系分布少、地温变化小、养分分解释放活动弱有关。

2.5 小麦/玉米轮作氮素周年循环 以小麦播种前 2 m 土体各层氮素含量为基准,比较各调查时期 2 m 土体氮素盈亏,得出小麦/玉米轮作氮素周年循环呈盈余状态。这与赵荣芳等[3]研究结果一致。其中,以玉米大喇叭口 2 m 土体碱解氮累积盈余量最高,比小麦播前盈余 656 kg/hm^2;小麦拔节期次之,为 478 kg/hm^2;小麦收获后 2 m 土体碱解氮盈余 183 kg/hm^2,至玉米收获后碱解氮周年盈余 99 kg/hm^2,小麦季碱解氮盈余高于玉米季,与肥料投入、玉米需氮多和生长期高温、高雨造成氮素损失大有关。由表 3 可知,小麦/玉米周年氮素盈余说明当前施肥习惯已造成土壤氮素累积,使得调查地土壤氮素含量呈逐年增加趋势(表 3)。

表 3 不同时期调查地氮素含量变化

时间	碱解氮 mg/kg	年递增	全氮 g/kg	年递增
1982	53.8	–	0.685	–
1990	69.7	1.99	0.985	0.037 5
2012	103.9	1.55	1.145	0.007 0

3 结论与讨论

氮素移动性相对较强,有利于作物深层根系吸收利用,

(下转第 11708 页)

头孢他啶敏感外,对其他药物几乎都耐药。

红底板病是较早发现的中华鳖疾病之一,但对其病原尚未确定。杨广等认为该病病原是嗜水气单胞菌[11];有人认为该病病原为点状产气单胞菌点状亚种,即豚鼠气单胞菌[12];史秋梅等鉴定该病病原为温和气单胞菌,豚鼠气单胞菌也有一定的致病力[13]。有人认为可能是因为病毒引起红底板病。迄今为止,为大多数人所接受的是该病由气单胞菌属的细菌感染所致,可能是一种细菌感染,也可能是几种细菌混合感染。该研究结果表明病原菌 J2 的 16S rDNA 序列与嗜水气单胞菌、豚鼠气单胞菌、温和气单胞菌均具有高度的同源性,因此这与以前的研究结果并不完全矛盾。虽然经过形态观察和 AHM 培养基鉴定,初步鉴定细菌 J2 属于嗜水气单胞菌,但对于确定鳖红底板症是否会由这几种气单胞菌在一定条件下都能导致相应病症的出现,还需要进一步试验研究。

表 1 药敏试验结果

抗生素	剂量	抑菌圈直径//mm	
		格氏乳球菌(J1)	嗜水气单胞菌(J2)
庆大霉素	10 μg/片	15(S)	0(R)
青霉素 G	10 U	7(R)	0(R)
万古霉素	30 U	23(S)	0(R)
卡那霉素	30 μg/片	17(I)	0(R)
氯霉素	30 μg/片	10 (R)	0(R)
头孢他啶	30 μg/片	20(S)	25(S)
诺氟沙星	10 μg/片	0(R)	0(R)
强力霉素	30 μg/片	19(R)	10(R)
四环素	30 μg/片	0(R)	0(R)
头孢西丁	30 μg/片	16(I)	12(R)
链霉素	10 μg/片	0(R)	0(R)
新霉素	30 μg/片	15(R)	11(R)
呋喃唑酮	300 μg/片	0(R)	10(R)
头孢唑啉	30 μg/片	24(S)	0(R)
红霉素	15 μg/片	0(R)	0(R)
呋喃妥因	300 μg/片	17(S)	16(I)
阿米卡星	30 μg/片	14(R)	12(R)
复方新诺明	1.25 μg/片	0(R)	0(R)
妥布霉素	10 μg/片	19(S)	0(R)
环丙沙星	5 μg/片	10(R)	0(R)

注:S 为敏感;I 为中度敏感;R 为耐药。

参考文献

[1] 范红结,黄国庆,郭爱珍,等. 雷氏普罗威登菌引致中华鳖脏器脓肿[J]. 南京农业大学学报,2001,24(4):71-74.

[2] 孙红祥,舒妙安. 中华鳖几种常见疾病病原的分离鉴定及药敏试验[J]. 中国兽医学报,2002,22(2):140-142.

[3] 沈锦玉,潘晓艺,余旭平,等. 中华鳖白底板病病原的分析[J]. 中国水产科学,2007,14(5):815-822.

[4] LI X L,ZHANG C L,FANG W H,et al. White-spot disease of Chinese soft-shelled turtles (*Trionyx sinens*) caused by Paecilomyces lilacinus [J]. J Zhejiang Univ Sci B,2008,9(7):578-581.

[5] 张奇亚,孕正秋,江育林,等. 中华鳖病毒病原的发现[J]. 科学通报,1996,41(21):1987-1990.

[6] CHEN Z X,ZHENG J C,JIANG Y L. A new iridovirus isolated from soft-shelled turtle[J]. Virus Res,1999,63(1/2):147-151.

[7] 沈萍,范秀容,李广武. 微生物学实验[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,1999:62-64.

[8] National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing [S]. Eighteenth informational supplement. NCCLS document M100-S18,2008:25-61.

[9] KIM M S,JEONG H D. Development of 16S rRNA targeted PCR methods for the detection and differentiation of Vibrio vulnificus in marine environments [J]. Aquaculture,2001,193(3/4):199-211.

[10] PAUNGFOO C,PRASERTSAN P,BURRELL P C,et al. Nitrifying bacterial communities in an aquaculture wastewater treatment system using fluorescence in situ hybridization(FISH),16S rRNA gene cloning,and phylogeneticanalysis [J]. Biotechn Bioeng,2007,97(4):985-990.

[11] 杨广,杨先乐,陈昌福. 中华鳖红底板病病原研究[J]. 湖北农学院学报,1998,18(2):130-134.

[12] 江苏省水产养殖病害防治中心. 甲鱼红底板病[N]. 江苏农业科技报,2006-04-19.

[13] 史秋梅,汤生玲,高桂生,等. 甲鱼暴发性传染病的病原分离及治疗试验[J]. 中国兽医学报,1998,18(4):346-348.

(上接第 11686 页)

提高产量;2 m 土体氮素盈余,使得土壤氮素含量和作物产量持续增加。在第 2 次土壤普查时,调查地养分投入少,土壤氮素含量低,为 0.685 g/kg,土壤氮素循环靠外部投入维持;在 20 世纪 90 年代后,随着秸秆还田的实施,养分归还量不断增加,氮素内循环增大,同时氮素投入也逐年增加,土壤氮素出现持续盈余,氮素含量持续上升,至 2011 年调查地土壤全氮量为 1.145 g/kg,与当地小麦、玉米产量持续提升互为因果关系。摸清小麦/玉米土壤轮作氮素循环规律,进行氮素资源优化管理,在满足作物生长的总量需求的同时既能保持土壤肥力,又能实现作物的产量潜力。研究表明,小麦季氮素盈余 183 kg/hm^2,至轮作季结束(玉米季)氮素盈余 99 kg/hm^2,小麦季氮素盈余在 0.05 水平显著高于玉米季。这与调查地氮肥投入分配[1]有关。从冬小麦和夏玉米的光温潜力[9]来看,山前平原藁城小麦光温生产潜力为 12 625.8 kg/hm^2,玉米光温生产潜力为 13 418.7 kg/hm^2,可知降水对冬小麦光温潜力实现的限制程度大于夏玉米。在保证灌水的条件下,调查地小麦生产潜力的提升空间大于玉米。因此,在当前品种、栽培管理技术成熟的条件下,搞好养分资源管理尤为重要。综合调查地小麦、玉米生产现状,在维持其较高产量水平的条件下,氮肥投入应适当以控氮(或稳氮)为主。

参考文献

[1] 杨军芳,冯伟,周晓芬,等. 河北省太行山前平原轮作小麦/玉米化肥施用现状调查与分析[J]. 河北农业科学,2011,15(12):21-27.

[2] 胡春胜,董文旭,张玉铭,等. 华北山前平原农田生态系统氮通量与调控[J]. 中国生态农业学报,2011,19(5):997-1003.

[3] 赵荣芳,陈新平,张福锁. 华北地区冬小麦-夏玉米轮作体系的氮素循环与平衡[J]. 土壤学报,2009,46(4):684-697.

[4] 张文英,张庆江. 小麦-夏玉米两熟制土壤-作物系统的氮素平衡[J]. 华北农学报,1994,9(S1):109-114.

[5] 张玉铭. 华北太行山前平原冬小麦一夏玉米轮作农田氮素循环与平衡研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.

[6] 刘荣花,朱自玺,方文松,等. 冬小麦根系分布规律[J]. 生态学杂志,2008,27(11):2024-2027.

[7] 王秀斌. 优化施氮下冬小麦/夏玉米轮作农田氮素循环与平衡研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009.

[8] 李新虎,张展羽,杨洁,等. 红壤坡地不同生态措施地下径流养分流失研究[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(2):83-86.

[9] 夏爱萍. 河北平原冬小麦——夏玉米两熟生产的限制因素研究[D]. 保定:河北农业大学,2006.