

北方日光温室夏季种植填闲作物 对土壤氮及¹⁵N转化的影响

卢树昌¹, 姜春光²

(1. 天津农学院 农学系, 天津 300384; 2. 北京市农业环境监测站 环境保护科, 北京 100029)

摘要:在季节外休闲期间,以休闲为对照,采用“天紫 22 号”糯玉米作为填闲作物种植,通过同位素标记技术以及渗漏计技术,比较不同处理下的氮素去向和夏季填闲作物的提氮作用。结果表明:夏季填闲期间所有处理各土层土壤 N_{min} 均有所降低,以表层 0~30 cm 下降最快,减少量最大。种植糯玉米与休闲处理氮素损失量分别为 172.44、224.23 kg/hm²,种植填闲作物可有效减少氮素的损失。另外,¹⁵N 标记试验表明,在种植填闲作物的条件下,可以有效的减少氮素的淋洗损失,比对照处理要减少 11%。试验证实了种植填闲作物糯玉米具有有效利用菜田土壤残留氮与阻控氮淋洗风险的作用,为北方日光温室典型种植模式氮素优化管理提供了科学参考。

关键词:填闲作物;糯玉米;¹⁵N 转化;日光温室

中图分类号:S 625.5⁺4;S 513 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)13-0171-04

随着我国种植业结构调整速度加快,我国蔬菜种植规模大幅度提高,2009 年我国蔬菜播种面积及产量均居世界第一,播种面积 1 841.4 万 hm²,产量达 61 823.8 万 t^[1],其中日光温室主要集中在我国北方地区,约占全国总面积 80%^[2]。但是蔬菜生产中盲目大量施肥(氮肥和有机肥)已成为农户传统蔬菜管理体系中的普遍现象^[3-4]。大量养分的投入,尤其是氮肥的大量施用,不仅造成资源的浪费,同时还会造成土体硝酸盐的富集和氮素的淋洗,导致地下水硝酸盐含量超标^[5-6]。由于较高的根层氮素供应,冬、春季蔬菜收获后土壤无机氮(N_{min})残留较高,这部分氮很容易在夏季休闲期间由于灌水和降雨发生淋洗损失。种植填闲作物是减少休闲季节氮素淋洗损失的一个重要措施^[7-8]。因此,该试验设置休闲、填闲作物种植 2 个处理,通过同位素示踪技术比较不同处理下氮素在休闲期间的去向以及作用机理,旨在进一步探索和完善休闲期间的氮素管理策略。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于北京市顺义区大孙各庄镇绿奥蔬菜

合作社,温室建于 1998 年,一直进行蔬菜生产,为传统的日光温室,内部没有加温设备,上一茬作物为番茄,温室面积为 480 m²,温室内土壤含氮量较高,磷钾中等,有机质含量偏低,土壤质地为砂壤,土壤类型为潮土(表 1)。

表 1 供试温室耕层土壤基础理化性状

Table 1 Soil physical and chemical properties in the greenhouse

有机质 Organic matter /g · kg ⁻¹	全氮 Total N /g · kg ⁻¹	速效氮 Available N /mg · kg ⁻¹	有效磷 Available P /mg · kg ⁻¹	速效钾 Available K /mg · kg ⁻¹	容重 Soil bulk density /g · cm ⁻³
9.7	6.73	160.50	33.80	102.60	1.20

1.2 试验处理与田间管理

该试验在前茬设施番茄收获后进行,选择在 9 个蒸渗仪微区上进行,蒸渗仪微区面积为 1.50 m×1.30 m,采用¹⁵N 示踪技术将标记的 K¹⁵NO₃ 混入到微区表层土壤上,试验共设 2 个处理:处理 1(休闲):对照处理,不种植任何作物;处理 2(糯玉米):填闲处理,此处理种植糯玉米,品种为“天紫 22 号”,种植密度为行距 60 cm,株距 30 cm,采用先育苗后定植的方式。所有处理标记用同位素肥料为硝酸钾,¹⁵N 丰度 10%(上海化工研究院提供),标记量为 75 kg/hm²。标记前先将同位素肥料按照小区称好,放于封口袋中待用,田间先将表层 0~10 cm 土壤取出,其中表面 5 cm 放到一旁,下面 5~10 cm 土壤,取出后放于一塑料盆中,然后粉碎土壤,使之变成小颗粒且均匀的土壤,然后将标记肥料均匀撒在盆中,混匀,混匀时要带橡胶手套,混匀后将土壤均匀撒回到原来小区,用去离子水 200 mL,分 3 次均匀冲洗盆及手套,

第一作者简介:卢树昌(1970-),男,博士,副教授,现主要从事园艺作物土壤质量与植物营养的科研与教学工作。E-mail:lsc9707@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30671236);天津市应用基础及前沿技术研究计划资助项目(09JCYBJC08600)。

收稿日期:2011-04-19

清洗液均匀撒到微区表面,然后将表土均匀撒回原微区。糯玉米于2009年6月10日育苗,采用单株育苗的方式,保证成活率以及苗子的一致性。7月1日种植,8月25日收获。在试验期间,将棚膜揭开,填闲作物种植期间不施用任何肥料,填闲作物定植时灌水4.1 mm,其它的处理也采用同样的措施。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤淋洗量的测定 每次降雨后3 d收集装置中的滤液,在测定完滤液的体积后,将滤液分别保存在2个塑料瓶中,过滤后置于-18℃冰柜内冷冻贮存,待后期用流动分析仪和Finnigan MAT-251同位素质谱仪,分别测定滤液中的无机氮含量和¹⁵N丰度。

1.3.2 ¹⁵N微区植株样品的采集 微区植株全部采收,填闲糯玉米分茎秆、叶和穗分别收获,玉米在外风干一段时间后,60℃下烘干。烘干后分茎秆、叶和穗分别称重。把每个处理采集的样品全部磨碎后混匀过0.25 mm筛,然后从中四分法取样分析,用于测定植株含氮量及¹⁵N丰度。植株全氮采用H₂SO₄-H₂O₂联合消煮法消煮,凯氏定氮仪进行定氮,¹⁵N丰度采用Finnigan MAT-251同位素质谱仪进行测定。

1.3.3 ¹⁵N微区土壤样品采集 土壤样品每个微区总共采集8个点,以30 cm为间隔采集0~90 cm的土样(0~30、30~60、60~90),之后过3 mm筛,风干待测。各点间和各层间要避免污染。样品用1 mol/L KCl溶液浸提,浸提液用于测定土壤NH₄⁺-N、NO₃⁻-N,¹⁵N丰度采用Finnigan MAT-251同位素质谱仪进行测定。

1.3.4 计算 肥料N比例(Nf)=测试样品氮的原子百分超/标记肥料的原子百分超;肥料氮吸收(kg/hm²)=Nf×总氮吸收量;土壤氮吸收量=总氮吸收量-肥料氮吸收量;试验数据均采用Excel 2003进行处理,用SAS(8.2)系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤无机氮含量变化

由图1可知,在夏季填闲期间所有处理各土层土壤N_{min}均有所降低,以表层0~30 cm下降最快,向下淋洗的倾向十分明显,对照、糯玉米处理0~90 cm土壤N_{min}收获后比定植前分别减少225、337 kg/hm²,而各处理0~30 cm土壤N_{min}分别减少153、254 kg/hm²,分别占到各处理氮素淋洗总量的67.79%、70.87%。试验结束时采样结果表明,0~90 cm不同土层N_{min}含量从上到下呈逐渐递增趋势,下层土壤无机氮含量高于表层,说明氮素已经被淋洗到下层土壤,较难被作物吸收利用,所有处理各层土壤无机氮在试验结束时均有所下降,通过对氮素淋洗量的数据分析发现,土壤中N_{min}含量越高,氮素淋洗也越多,二者呈正比。可见,减少土壤氮素累积是减少氮素淋洗的有效方式。

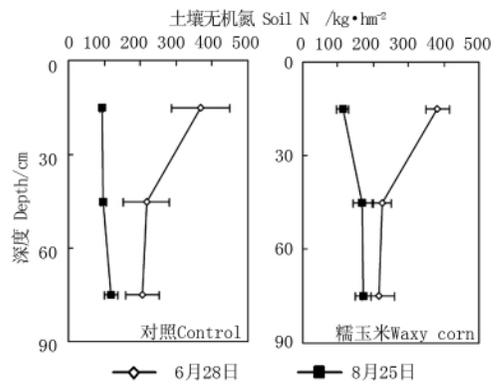


图1 试验前后各处理土壤无机氮含量

Fig. 1 Soil N_{min} before and after the experiment for every treatment

2.2 渗滤液的体积及氮素含量变化

由图2可看出,休闲处理和糯玉米处理滤液累加

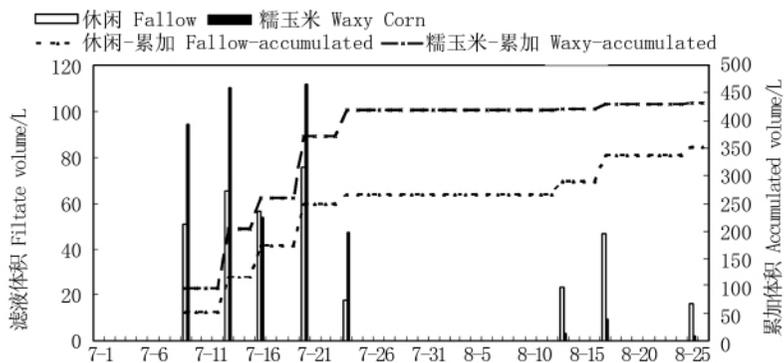


图2 填闲期间¹⁵N微区各个处理渗滤液体积及累加变化

Fig. 2 Filtrate volume and accumulated filtrate volume for different treatment of ¹⁵N micro-plot during summer fallow period

体积分别为 517.28、419.36 L, 休闲处理滤液体积最多, 但是并没有显著性差异。滤液主要集中在 7 月, 这个阶段也是降雨量较为集中的时期, 7 月 24 日之前的滤液体积占总滤液体积的比例分别 78.14%、96.35%, 与休闲相比, 填闲作物种植减少了 19% 的水分渗漏, 后期降雨量减少的情况下糯玉米的作用更为明显, 这时糯玉米植株的根系已经发育的较为完善, 地上部叶片已经完全覆盖, 可有效的阻止雨水下渗, 减少淋洗。各阶段无机氮淋洗量 7 月份土壤无机氮的淋洗量分别占总淋洗量的 70.82%、96.35%, 糯玉米处理几乎所有的淋洗都发生在作物生长的前期, 这主要和当季降雨量大以及作物根系发育不完全有关。

2.3 填闲期间的氮素平衡分析

夏季填闲期间, 氮素输入主要为定植前 0~90 cm 土壤残留和降雨带入, 输出主要为收获后 0~90 cm 土壤残留、作物地上部带走、淋洗以及反硝化造成的气态损失。由表 2 可知, 种植糯玉米处理氮素损失量为 172.44 kg/hm², 而对照处理的氮素表观净损失为 224.23 kg/hm², 说明种植填闲作物可有效减少氮素的损失。移栽前土壤无机氮以糯玉米处理为最高, 这样的处理造成土壤氮素很容易被淋洗, 收获后土壤无机氮仍然以糯玉米处理为最高, 说明在当时试验条件下, 种植糯玉米起到了一定的减少氮素淋洗的作用, 但是各处理间并没有显著性差异。

表 2 夏季填闲期间表观氮素平衡

Table 2 Calculated nitrogen balance at summer fallow time kg/hm²

处理 Treatment	移栽前 0~90 cm 土壤 N _{min} Soil 0~90 cm N _{min} before transplanting	氮肥 Applied fertilizer N	N _{min} 湿沉降 N _{min} from rainfall	秸秆带入氮 N from straw	收获后 0~90 cm 土壤 N _{min} Soil 0~90 cm N _{min} after harvest ending	氮素淋洗量 N leaching	作物带走 N uptake by crop aboveground	表观氮平衡 N balance
对照 Control	536.4	75.0	12.7	—	310.9	127.6	—	224.2
糯玉米 Waxy corn	749.0	75.0	12.7	—	494.2	166.3	133.8	172.4

2.4 填闲期间氮素(¹⁵N)去向分析

由表 3 可看出, 在种植填闲作物的处理中不明去向的¹⁵N 损失量为 1.07 kg/hm², 占总标记量的 14.11%, 很可能以气态形式损失掉。对照处理损失量为 0.70 kg/hm², 仅占 9.2%, 这可能是由于前期氮素淋洗较多, 土壤中存留氮素减少, 因此以气态形式损失的较少。在整个填闲期间对照处理¹⁵N 淋洗量为 1.78 kg/hm², 而填闲处理淋洗量仅为 0.98 kg/hm², 分别占到总量的 23.4%和 12.93%, 由此可见, 种植填闲作物可以明显减少氮素的淋洗损失。种植填闲作物吸收的¹⁵N量为 0.96 kg/hm², 占总标记量的 12.65%, 这表明种植填闲作物对减少氮素损失的作用十分明显。

3 结论与讨论

通过该试验可看出, 填闲作物的提氮作用很明显, 在 56 d 时间里糯玉米总共从土壤中带走氮素的量为 133.8 kg/hm², 有效的减少了土壤氮素的损失, 氮同位素标记试验也证明填闲作物具有明显的减少氮素淋洗的作用, 种植填闲作物吸收的¹⁵N 量为 0.96 kg/hm², 占总标记量的 12.65%, 而郭瑞英研究表明, 有 0.9 kg/hm² 氮素被吸收, 所占比例为 7.2%^[9], 说明在种植填闲作物糯玉米的情况下, 可以有效的吸收土壤中氮素, 减少养分损失。种植填闲作物可以减少氮素损失, 降低土壤无机氮含量, 土壤中无机氮含量越高淋洗量就越大, 且在夏季降雨量较多的情况下, 土壤氮素淋洗较为强烈, 尤其在填闲作物生长前期, 大量的降雨或灌溉是造成氮素淋洗的主要原因。

表 3 同位素¹⁵N 去向分析

Table 3 Analysis for the fate of ¹⁵N kg/hm²

处理 Treatment	土壤残留 Soil residue	淋洗 Filter leaching	植株吸收 N uptake by plant above ground	草带走 Straw take away	总和 Sum	损失比例 Loss rate/%
对照 Control	5.13	1.78	—	0.0057	6.92	0.70
糯玉米 Waxy corn	4.59	0.98	0.96	0.0018	6.54	1.08
对照 Control	67.32	23.40	—	0.07	90.80	9.20
糯玉米 Waxy corn	60.29	12.93	12.65	0.02	85.89	14.11

夏季填闲期间所有处理各土层土壤 N_{min} 均有所降低, 以表层 0~30 cm 下降最快, 向下淋洗的倾向十分明显, 对照、糯玉米处理 0~90 cm 土壤 N_{min} 收获后比定植前减少量分别为 225、337 kg/hm², 而各处理 0~30 cm 土壤 N_{min} 减少量最大。说明氮素已经被淋洗到下层土壤, 减少土壤氮素累积是减少氮素淋洗的有效方式。

夏季填闲期间, 种植糯玉米处理氮素损失量为 172.44 kg/hm², 而对照处理的氮素表观净损失为 224.23 kg/hm², 说明种植填闲作物可有效减少氮素的损失。收获后土壤无机氮以糯玉米处理为最高, 说明

在当时试验条件下,种植糯玉米对氮素淋洗起到了一定的阻控作用。

填闲作物收获时糯玉米处理有 12.9% 的¹⁵N 被淋洗,有 60.3% 的¹⁵N 残留在土壤中;而休闲处理有 23.4% 的氮素被淋洗,有 67.3% 的氮素残留在土壤中。填闲作物减少了土壤氮向环境的移动。

参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料 2009[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 57.
- [2] 李天来. 我国日光温室产业发展现状与前景[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(2): 131-138.
- [3] Chen Q, Zhang X S, Zhang H Y, et al. Evaluation of current fertilizer practice and soil fertility in vegetable production in the Beijing region [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2004, 69: 51-58.
- [4] Ju X T, Kou C L, Zhang F S, et al. Nitrogen balance and groundwater

nitrate contamination; Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1): 117-125.

- [5] 史春余, 张夫道, 张俊庆, 等. 长期施肥条件下设施蔬菜地土壤养分变化研究[J]. 植物营养与肥力学报, 2003, 9(4): 437-441.
- [6] 刘宏斌, 李志宏, 张云贵, 等. 北京市农田土壤硝态氮的分布与累积特征[J]. 中国农业科学, 2004, 37(5): 692-698.
- [7] Thomsen I K. Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Results from a lysimeter experiment. Agriculture[J]. Ecosystems and environment, 2005, 111: 21-29.
- [8] Vos J, Van der Putten P E L, Hussein M H, et al. Field observations on nitrogen catch crops: Root length and root length distribution in relation to species and nitrogen supply[J]. Plant and Soil, 1998, 201: 149-155.
- [9] 郭瑞英. 设施黄瓜根层氮素调控及夏季种植填闲作物阻控氮素损失研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.

Effect of Planting Summer Catchcrop on Soil Nitrogen and ¹⁵N Conversion in the Northern Greenhouse

LU Shu-chang¹, JIANG Chun-guang²

(1. Department of Agronomy, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. Department of Environment Protection, Beijing Agricultural Environment Monitoring Station, Beijing 100029)

Abstract: In fallow season, two treatments in the experiment, i. e. control (with no crop) and planting catch crop, were conducted. Isotope labeling technique and the lysimeter were used to the 'Tianzi No. 22' waxy corn roots sampling, to further verify the role of cultivating the catch crop in reducing nitrogen loss. The results showed that the contents of soil N_{min} in all treatments were decreased, the amount reduced was maximum in 0~30 cm soil layer; Planting catchcrop may reduce the loss of nitrogen. The loss amounts of planting waxy and fallow treatment were 172.44, 224.23 kg/hm², respectively; ¹⁵N experiments showed that plant catch crops waxy corn, can effectively reduce nitrogen leaching losses, compared to the fallow treatment waxy corn can reduce more than 11% nitrogen loss.

Key words: catchcrop; waxy corn; ¹⁵N conversion; greenhouse