

夏季种植甜玉米减少果类菜田土壤氮素损失的效果

赵小翠¹, 姜春光², 袁会敏², 陈清², 王倩¹

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100093; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100093)

摘要: 研究冬、春茬番茄收获后种植夏季填闲甜玉米对土壤剖面无机氮含量及氮素损失的影响, 以解决我国北方设施果类蔬菜生产中夏季休闲期较长, 夏季土壤氮素矿化强烈, 无机氮积累严重, 下茬定植前后大水漫灌容易导致淋洗损失等问题。结果表明: 在夏季期间没有任何肥料投入和灌溉, 甜玉米生长状况良好, 其生物量鲜重达 66.7 t/hm^2 , 干物质累积为 5.9 t/hm^2 , 玉米穗净鲜重达 7.5 t/hm^2 , 农民净收入达 $8\,000 \text{ 元/hm}^2$; 甜玉米地上部可带走土壤氮素 128.1 kg/hm^2 , 减少土壤无机氮累积数量 403.1 kg/hm^2 , 从而减少氮素损失风险。夏季种植玉米不仅可以减少氮素损失, 而且其根茬还田作为一个很好的碳源补充, 改善菜田土壤环境, 提高菜田土壤生物肥力。

关键词: 设施番茄; 夏季填闲; 甜玉米; 氮素损失

中图分类号: S 513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)15-0194-03

在我国北方设施果菜类种植体系中, 一年两茬的种植模式比较普遍, 在夏季有 2~3 个月(6~9 月)的休闲期, 由于夏季高温多雨, 土壤氮素矿化和淋洗严重, 容易引起氮素的损失, 造成农民成本浪费和环境污染^[1-3]。早在 20 世纪初, 欧洲就已经在冬季多雨季节利用填闲作物来减少氮素淋洗, 近几年又广泛地引起各国研究者的兴趣^[35]。填闲作物指主要作物收获后在多雨季节种植的作物, 可以吸收土壤氮素, 降低耕作系统中的氮淋溶损失, 并将所吸收的氮转移给下季作物^[9]。理想的填闲作物应具备在较短生长期, 地上部及根系生长迅速、生物量大、根系深等特点^[9]。我国菜田土壤由于大量施用有机肥, 夏季休闲期间土壤高温矿化剧烈, 土壤有效氮素累积现象明显, 而夏季多雨和定植前的大水漫灌非常容易造成这部分氮素的淋溶损失, 借鉴欧洲冬季填闲作物的经验, 该试验研究京郊生产条件下在夏季设施果菜生产中种植填闲玉米的提氮效果, 以进一步提高温室氮素利用率, 减少土壤无机氮的累积和损失风险。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2009 年 6 月底到 9 月初进行, 试验点位于北

京市昌平区金六环农业园园区(N $40^{\circ}10'56.36''$, E $116^{\circ}15'52.52''$, 海拔 53 m)。供试温室长 100 m, 跨度 8 m, 实际种植面积为 $90 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$, 种植方式为一年两季番茄, 即 2~6 月为冬、春季, 9 月至来年 1 月为秋、冬季, 7、8 月进行夏季填闲/休闲。供试温室土壤为砂壤土, 试验前耕层(0~30 cm)土壤容重为 $1\,300 \text{ kg/m}^3$, 有机质 21.2 g/kg , 全氮 2.24 g/kg , 有效磷 96.6 mg/kg , 速效钾 210 mg/kg , pH 7.19。

1.2 试验方法

试验选择 2 种植模式^[9], 即种植夏季填闲玉米处理和传统上的夏季休闲处理, 每个处理 3 次重复。甜玉米品种为“天紫 22 号”, 6 月 10 日播种育苗, 7 月 1 日(4~5 片叶)定植, 栽培方式为传统的畦栽, 畦宽 1.2 m, 畦面宽 0.6 m, 采用双行种植, 行间距 0.35 m, 株距 0.3 m, 9 月 7 日收获。在前茬番茄试验的基础上, 填闲/休闲期间没有任何肥料投入, 移栽后灌缓苗水(30 mm), 生长期间不进行灌溉。生长前期不揭膜, 抽穗期(8 月 8 日)揭开棚膜, 揭棚膜后总降雨量为 74.2 mm。

1.3 采样与分析方法

收获时测定地上部生物量、产量, 用硫酸—双氧水快速消煮法测定植株氮、磷、钾含量。在甜玉米定植前、抽穗期和收获后, 以 30 cm 为 1 层, 采取 0~180 cm 的土壤样品, 用 1 mol/L KCl 溶液浸提后, 用连续流动分析仪(TRAACS2000)测定土壤无机氮。在抽穗期和收获时, 以 15 cm 为一层采取甜玉米根系, 分别采至 60 cm 和 105 cm, 用 WinRHIZO 软件分析扫描仪扫描数据, 用 SAS 数据处理软件分析数据。

2 结果与分析

2.1 玉米的生长、产量及氮素吸收

第一作者简介: 赵小翠(1987-), 女, 硕士, 现从事设施菜田养分管理及土壤微生物方面的研究工作。E-mail: cui4552@126.com。

通讯作者: 陈清(1968-), 男, 博士, 教授, 现从事经济作物养分管理研究工作。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD17B03); 果类蔬菜产业技术体系北京市创新团队资助项目。

收稿日期: 2010-05-30

夏季甜玉米生长期间,在没有肥料投入和少量灌溉条件下,甜玉米生长状况良好。收获时甜玉米生物量鲜重达 66.70 t/hm²,干物质累积量为 5.93 t/hm²,穗净鲜重达 7.53 t/hm²,农民纯收益可达 8 000 元/hm² 以上,植株地上部氮素带走量达 128.07 kg/hm²(表 1)。抽穗

期和收获时玉米根系都主要集中在 30 cm 以上土层,收获时根系已下扎至 105 cm,且 30 cm 以下土层的根长密度占剖面(0~105 cm)总根长密度的 30%,根重占总根重的 5%(表 2)。

表 1 甜玉米收获时产量及生物量和养分吸收量

Table 1 The yield biomass and nutrient uptake of sweet corn plant in summer season of harvest					
生物量 Biomass		经济产量	养分带走量 Nutrient uptake/kg·hm ⁻²		
鲜重 Fresh weight /t·hm ⁻²	干重 Dry matter weight/t·hm ⁻²	Marketable yield /t·hm ⁻²	N	P	K
66.70	5.93	7.53	128.1	61.9	172.8

表 2 2009 年夏季甜玉米根系生长参数变化

Table 2 The changes of the parameters on root growth of sweet com planted in summer season in 2009								
土层 Soil layer/cm	根长密度 Root length density /cm·cm ⁻³		各根层占总根长百分比 Percentage of root length in each soil layer to total root length/%		根重 Root weight /kg·hm ⁻²		各根层占总根重百分比 Percentage of root weight in each soil layer to total root weight/%	
	8月9日	9月7日	8月9日	9月7日	8月9日	9月7日	8月9日	9月7日
0~15	0.56	0.69	57.97	46.83	250.23	1 050.08	79.74	89.21
15~30	0.25	0.34	25.47	22.94	49.91	65.06	15.90	5.53
30~45	0.10	0.14	10.25	9.52	9.96	23.96	3.17	2.04
45~60	0.06	0.13	6.31	9.05	3.73	21.47	1.19	1.82
60~75	—	0.08	—	5.20	—	6.90	—	0.58
75~90	—	0.07	—	4.73	—	4.85	—	0.41
90~105	—	0.03	—	1.73	—	4.82	—	0.41

注—表示没有测定。
Note:— means not determined.

2.2 种植填闲甜玉米的提氮效果

从图 1 休闲处理土层的无机氮动态变化可看出,揭棚膜前(8月9日)30~120 cm 土层土壤无机氮含量稍有增加,在郭瑞英^[7]的研究中,2005 年和 2006 年休闲期间揭棚膜前 120 cm 以上土层出现小高峰,这表明夏季休闲期间土壤氮素的矿化比较强烈,而温室内又无淋溶作用,土壤矿化氮素主要积累在表层土壤中,揭膜后由于当年降雨量小,收获时(6月23日)0~120 cm 土层的土壤无机氮含量显著上升,尤其是 0~30 cm 的表层土壤,表层土壤无机氮的累积会导致较大的氮素损失风险。

而种植填闲甜玉米后,收获时 0~120 cm 土层土壤无机氮含量明显下降(图 1 填闲),而且收获时土壤无机氮在 120~150 cm 土层出现高峰,郭瑞英 2005 年的研究结果也表明,填闲甜玉米对深层土壤氮素的提取作用可达到 120~150 cm 土层^[7]。甜玉米的提氮作用与根系的分布密切相关,70%的根系分布在 0~30 cm 土层,其对根层土壤无机氮向下迁移的拦截作用在减少整个土壤剖面无机氮累积上作用很大,最直接的拦截作用来自于甜玉米对根层氮素的吸收利用以及由于植株蒸腾作用引起的水分上移。

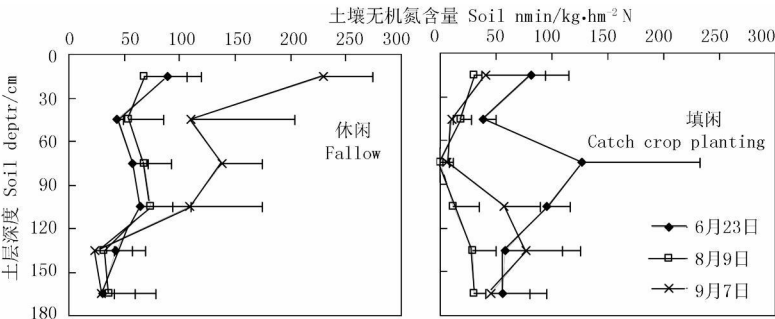


图 1 2009 年填闲与休闲处理土壤剖面无机氮动态变化
Fig. 1 The change of soil N with fallow and catch crop planting treatment during fallow period in 2009

如图 2 所示,休闲期间 0~180 cm 土层的无机氮累积量达 639.6 kg/hm²,种植甜玉米后 0~180 cm 土层的

无机氮累积量减少了 403.1 kg/hm²,甜玉米通过减少土壤剖面无机氮的累积,从而降低休闲季氮素的淋洗风

险。种植甜玉米后土壤氮素损失 91.0 kg/hm^2 , 而休闲造成了 312.1 kg/hm^2 的无机氮盈余累积; 姜春光在模拟 2008 年当年降雨量 (455.38 mm) 灌溉的试验中表明, 种植填闲作物后氮素损失 86.4 kg/hm^2 , 但是休闲处理的氮素损失高达 146.6 kg/hm^2 , 种植填闲作物同休闲相比可以减少 41% 的氮素损失^[9]。可见大量的降雨(或灌溉)是造成土壤氮素淋洗损失, 使填闲作物提氮作用大为减弱的重要因素之一, 干旱条件不仅能通过甜玉米蒸腾作用及根系吸收作用提高氮素的利用, 还能促进根系向下生长, 利用更深层的土壤养分。因此, 该试验在抽穗期雨量减少时再揭开棚膜, 不仅促进根系下扎, 而且减少降雨对氮素的淋洗损失。此外, 研究表明, 玉米秸秆还田还可改良土壤, 减缓盐渍化, 抑制土壤线虫数量增长^[8], 提高微生物活性, 改善微生物群落结构^[9]。因此, 夏季种植填闲甜玉米, 不仅可以降低氮素损失, 玉米残茬还田还可改善菜田土壤环境, 提高菜田土壤生物肥力。

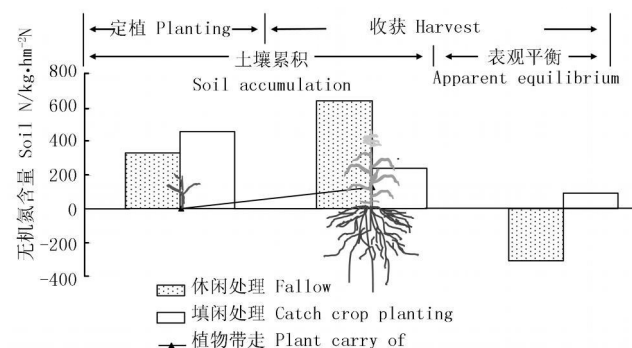


图 2 2009 年夏季休闲/填闲期间 0~180 cm 土层土壤氮素累积与损失情况

Fig. 2 Soil N accumulation and N loss in the soil layer of 0~180 cm influenced by fallow and catch crop planting treatment in summer of 2009

3 结论

利用夏季休闲期间种植甜玉米, 在没有减少前后茬作物收益的前提下, 还增加了填闲玉米的经济效益。该试验期间即使没有任何肥料投入和灌溉, 且农民成本投入低, 甜玉米生长状况良好, 生物量鲜重达 66.7 t/hm^2 , 干物质累积为 5.9 t/hm^2 , 甜玉米穗净鲜重达 7.5 t/hm^2 , 农民纯收益可达 8000 元/hm^2 以上。考虑大量降雨淋洗对填闲玉米提氮作用的削弱, 在设施填闲玉米的种植前期不揭膜, 防止氮素淋洗并促进玉米根系下扎, 到抽穗期, 填闲甜玉米根系下扎较深, 且降雨量减少时再揭开棚膜, 可减少土壤无机氮累积量 403.1 kg/hm^2 , 从而降低土壤氮素损失风险。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 汤丽玲, 陈清, 张宏彦等. 不同灌溉与施肥措施对露地菜田土壤无机氮残留的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(3): 282-287.
- [3] Hansen E M, Djurhuus J. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop[J]. Soil & Tillage Research, 1997, 41: 203-219.
- [4] Roth L W, Fox R H. Soil nitrogen accumulation following nitrogen fertilizer maize in Pennsylvania[J]. Environmental Quality, 1990, 19: 243-248.
- [5] Vos J, Van der Putten P E L. 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.
- [6] 姜春光. 水肥投入及轮作糯玉米对周年设施番茄养分利用的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2009.
- [7] 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.
- [8] 李元, 司力珊, 张雪艳等. 填闲作物对日光温室土壤环境的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 531-534.
- [9] 张雪艳, 刘军, 田永强等. 不同栽培制度温室土壤养分和微生物群落的动态变化[J]. 中国农业科学, 2009, 11(2): 3972-3979.

Effect of Summer Sweet Corn Planting on the Reduction of Soil N Loss in Greenhouse Vegetable Field

ZHAO Xiao-cui¹, JIANG Chun-guang², YUAN Hui-min², CHEN Qing², WANG Qian¹

(1. College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193; 2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: The fallow period is relatively long in the greenhouse fruit vegetable production of North China. Because of strong nitrogen net mineralization and nitrate accumulation in summer fallow period, nitrogen leaching losses easily occur due to excessive irrigation at transplanting in the autumn. In this paper, sweet corn as N-catch crop was planted in summer after winter-spring tomato was harvested in order to study the effect on soil nitrogen loss in fruit vegetable field. The results indicated that sweet corn could grow well without fertilizer or irrigation supply, and the fresh weight and dry weight of biomass were up to 66.7 t/hm^2 and 5.9 t/hm^2 , respectively. The net weight of spike reached 7.5 t/hm^2 , which increased the farmers income by over 8000 yuan/hm^2 ; the nitrogen uptake of sweet corn aboveground could reach 128.1 kg N/hm^2 , and depleted Nmin residue in the soil profile of 1.8 m by 403.1 kg N/hm^2 . Sweet corn, as a summer catch crop, could not only reduce the soil nitrogen loss, but the root residue incorporation could also create a chance to replenish organic carbon for changing soil environment, and improving soil bio-fertility.

Key words: greenhouse tomato; catch crop; sweet corn; nitrogen loss