

模拟不同降雨条件对日光温室填闲作物糯玉米产量、根系生长及养分吸收的影响

姜春光^{1,2}, 卢树昌³, 陈清²

(1. 北京市农业环境监测站 环境保护科, 北京 100029; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 3. 天津农学院 农学系, 天津 300384)

摘 要:以“天紫 22 号”糯玉米为试材, 于 2009 年夏季北京市郊农业园区蔬菜温室休闲期, 模拟不同降雨条件, 研究其对填闲作物糯玉米产量、根系生长和养分吸收的影响。结果表明: 在不同降雨条件下, D-2 和 F-2 处理鲜糯玉米产量分别达到 13.4 t/hm² 和 13.3 t/hm², 产量差异不显著; F-2 处理对氮、磷、钾养分吸收量均低于 D-2 处理, 说明大量降水影响作物对养分的吸收; D-2 处理各土层的根长密度和根系干重均高于 F-2 处理, 说明适当干旱有助于根系生长和养分的吸收, 减少土壤养分的流失。

关键词:填闲作物; 糯玉米; 根系; 日光温室

中图分类号:S 513 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)17-0071-05

随着我国经济的飞速发展以及人民生活水平的提高, 我国蔬菜产品在数量和质量上都有了大幅度增加。据农业部 2008 年统计数据, 2007 年我国蔬菜播种面积及产量均居世界第一, 播种面积 1 732.86 万 hm², 产量达 56 452.04 万 t^[1], 日光温室主要集中在我国北方地区, 约占全国总面积 80%^[2], 而在“蔬菜之乡”寿光, 随着蔬菜产业的发展农民人均年纯收入不断增加, 特别是在 20 世纪 90 年代初棚室蔬菜大规模发展后, 与全国农民人均纯收入相比, 寿光农民人均年纯收入增加幅度很快, 到 2003 年, 高于全国平均水平 71.9%^[3]。但是农民为了提高蔬菜作物的产量, 增加收入, 盲目高量施肥(氮肥和有机肥)成为农户传统蔬菜管理体系中一个普遍现象^[3-7]。据相关研究分析, 因灌水、施肥不当造成的菜田浪费化肥占施肥量的 30%, 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, 导致地下水硝酸盐超标, 带来一系列环境问题^[8-10]。

菜田土壤的氮素养分容易损失于蔬菜喜水喜肥以及根系发育弱有着密切关系, 与禾本科作物相比, 蔬菜根系浅, 养分需求强度大, 如设施番茄和黄瓜大部分根系主要集中分布在近地表 20~25 cm 以内的表土层,

且以 10 cm 最为密集, 但是吸收养分量却高于冬小麦, 有些浅根系蔬菜(如菠菜)的 80% 根系分布在 15 cm 土表, 分布在 30 cm 土层之下的不足 5%^[11]。针对集约化设施蔬菜生产体系中水氮过量投入带来的地下水硝酸盐污染、蔬菜单一连作所带来的土壤微生物活性较差、土壤结构不良、病虫害严重等生产问题, 通过引入深根系的填闲作物、并结合根系的分泌作用及残茬 C/N 比的特点, 分析填闲作物栽培方式等对土壤硝酸盐的耗竭及对深层硝酸盐的“提氮”机制, 揭示填闲作物的引入对施入菜田土壤化肥氮的转化和去向的影响。根据填闲作物对减少菜田土壤氮素损失和后茬作物生长发育的影响分析, 提出蔬菜-填闲作物-蔬菜种植模式在减少氮素损失、提高氮素利用和促进作物产量的作用机制。

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^[12], 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。目前认为填闲作物的提氮机理有 3 个方面^[13]: 一是填闲作物可以通过其根系网络拦截来自剖面浅层的氮素, 从量上减少氮素向根层以下土层迁移的可能性, 特别是在设施蔬菜作物种植后根层土壤 N_{min} 残留较高的情况下; 二是深根系的填闲作物还可通过根系的下扎将下层累积的养分像泵一样抽上来, 从而避免其向下的进一步迁移, 研究表明深根系的填闲作物从深层土壤中吸收氮素在减少氮素淋洗损失方面的作用比从表层土壤吸收等量的氮素更有效^[14], 在主要作物生长季节之外种植填闲作物 1 a 可减少 75% 的淋洗损失^[15]; 三是通过植物的蒸腾作用来减少土壤剖面中的水分, 从而减少硝酸盐随水分的下移, 降低淋洗风险^[16-17]。Thomsen^[18] 在砂壤土中采用

第一作者简介:姜春光(1982-), 男, 硕士, 农艺师, 现主要从事植物营养与农业环境保护方面的研究工作。E-mail: chunguang417@163.com。

责任作者:陈清(1968-), 男, 博士, 教授, 研究方向为园艺作物养分资源综合管理。E-mail: qichen@cau.edu.cn。

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); 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:2011-06-05

测渗计方法研究淋洗的研究表明,以黑麦草作为春大作的填闲作物时,氮素淋洗损失每年可以减少 $1.43 \sim 2.16 \text{ g N/m}^2$,利用植物根系的空间分布来挖掘土壤氮素供应的潜力,是限制土壤氮素向下迁移和淋洗的有效途径^[19]。

因此,选择合适深根系填闲作物对降低温室土壤残留氮淋洗风险有着重要的现实意义。该研究拟在夏季休闲季种植糯玉米,研究不同降水条件对其产量和根系生长的影响,旨在寻求适宜的填闲作物以便更加有效地管理菜田土壤养分氮,降低其淋洗风险。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2009 年 7~9 月在北京市郊农业园区进行。试验温室和供试土壤表层(0~30 cm)全氮 2.24 g/kg ,有效磷为 96.6 mg/kg ,速效钾为 211 mg/kg ,有机质为 21.2 g/kg ,土壤肥力状况较高,试验土壤表层质地为砂质壤土,下层为砂质土。种植方式为一年两季番茄,即 2~6 月为冬、春季,9 月至翌年 1 月为秋、冬季,7、8 月进行夏季休闲。

1.2 供试作物品种及种植期

供试作物为糯玉米(*Zea mays* L.),品种为“天紫 22 号”。于 2009 年 6 月 10 日采用营养钵育苗;在 2009 年 7 月 7 日进行移栽,定植密度为 $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ 。定植后统一在根部灌一次定植水。糯玉米在 2009 年 9 月 5 日收获。

1.3 试验设计

在 2009 年冬春季番茄收获后,夏季休闲期间将试验主处理 D 区设为模拟干旱年份夏季降雨量的处理;主处理 F 区设置为模拟当年夏季降雨量的处理,根据当年降雨量多少,通过灌溉来模拟降雨,为保证填闲糯玉米生长条件尽量一致,所有处理全部不揭棚膜。副处理二(D-2 及 F-2)设置为种植填闲作物(糯玉米)的处理,处理一(D-1 和 F-1)在夏季休闲期间进行休闲处理,设为对照处理。

1.4 试验采样与测定方法

1.4.1 填闲期间降雨量的测定 由雨量器测定每次的降水量,雨量器购自北京市气象局。由降雨量来确定当年降雨量处理的灌水量。D 区、F 区填闲期间灌水量见图 1,整个填闲期间的降雨量如图 2 所示,F 区填闲期间灌水量依据降雨量来进行,降雨后随即进行灌溉;D 区灌水量总共为 55.5 mm ,参考北京地区干旱年份的降水量来模拟,总共分 2 次进行灌溉,分别在 2009 年 7 月 1 日定植时和 2009 年 7 月 31 日抽穗时进行。

1.4.2 玉米产量的测定 在玉米收获时进行记产,各小区中间两畦进行标记,作为记产行,每小区标记 20 株。收获时将果实进行称重,记录每小区玉米的重量及果实个数。

1.4.3 玉米氮磷钾吸收量的测定 分别在玉米移栽时,以及每次土样采集时结合土样采集在每个小区采样行的中间位置选取 2 株有代表性植株,将茎、叶、果分开称重,洗净后,于 105°C 杀青 1 h 后, 70°C 条件下烘

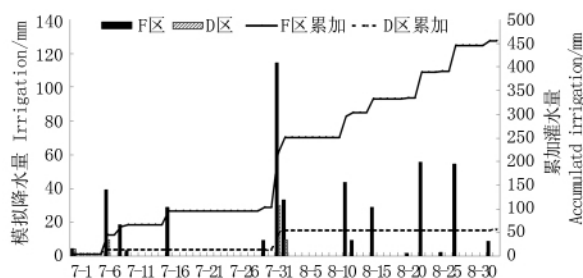


图 1 夏季休闲期间 D、F 区灌水量及累积灌水量变化
Fig. 1 The irrigation and accumulated irrigation for block D and F at summer fallow time

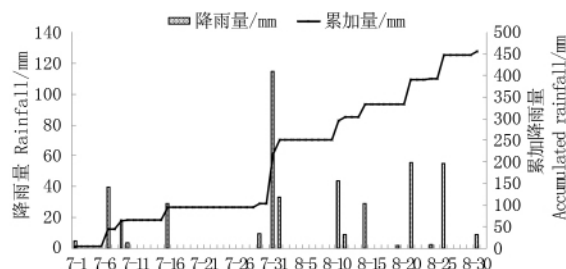


图 2 夏季休闲期间降雨量变化
Fig. 2 The rainfall and accumulated rainfall at summer fallow time

干,称重。干样粉碎后,在阴凉干燥处密封保存,用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 联合消煮法,凯氏定氮法测定植株全氮含量,消煮液同时测定植株磷(钒钼黄吸光光度法)、钾(火焰光度法)含量。氮素吸收量由干物重与全氮含量的乘积计算获得。

1.4.4 根系样品的采集与测定 用根钻法采集根系样品。以植株为中轴沿行间方向用高为 15 cm ,直径为 10 cm 的根钻密集取样。采样深度为 1.05 m ,水平方向依作物的行距而定(图 3)。样品采集后装入封口袋,带室内,用洗根法将根挑出、洗净,用扫描仪法测定根长密度(单位体积的总根长)等指标。用 WinRHIZO 软件分析扫描仪扫描数据。

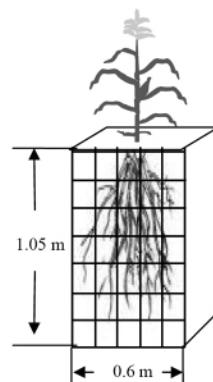


图 3 玉米根系取样示意
Fig. 3 The sketch for maize root sampling

1.5 数据统计与分析

试验数据均采用 Microsoft Excel 2003 进行处理,

用 SAS(8.2) 系统进行双因素方差分析与多重比较。

2.1 结果与分析

2.1.1 糯玉米生物量、经济产量 2009 年夏季糯玉米收获时种植糯玉米的 D-2 处理干物质达 11.57 t/hm^2 , F-2 处理的干物质达到 11.21 t/hm^2 。D-2 处理的果实鲜重达到 13.4 t/hm^2 , F-2 处理果实鲜重达到 13.3 t/hm^2 , 2 个处理产量差异不显著。

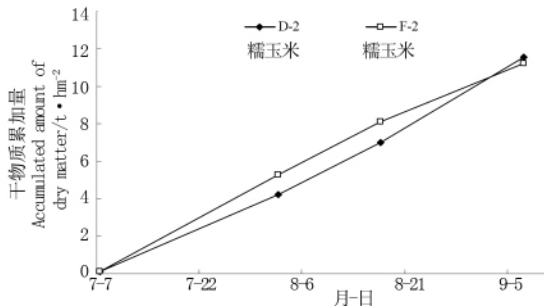


图 4 填闲作物干物质累积量

Fig. 4 Accumulated amount of dry matter for catch crop

从图 4 可看出,在 D 区模拟干旱季节降水的糯玉米,生长前期干物质累积量要低于 F 区模拟当年降雨量的处理,可能是由于前期缺少水分供应,影响到填闲作物对养分的吸收,但是随着植株的生长以及根系的发育完善,填闲作物可利用的养分增多,所以在收获时两者干物质质量并没有明显差异,D 区模拟干旱年份的处理干物质含量反而高于 F 区模拟当年降雨量的处理。当年降雨量达到 455.38 mm ,造成表层土壤大部分养分被淋洗,这也影响到填闲作物对养分的吸收。

2.1.2 填闲作物各部分 NPK 带走量 填闲作物的种植可以带走部分土壤氮素,降低土壤氮素的淋洗风险,由图 5 可看出,填闲作物收获时期为乳熟后期,此时吸收的氮素最终有超过 50% 被转移到果实中,糯玉米各部分氮素带走量多少顺序为:果实>茎秆>叶片,说明在此时大部分氮素已经转移到果实当中,在填闲作物整个生长期,种植糯玉米的 D-2 处理和 F-2 处理填闲作物氮素带走量分别为 173 kg/hm^2 和 150 kg/hm^2 ,这和郭瑞英^[13]的结果相类似。

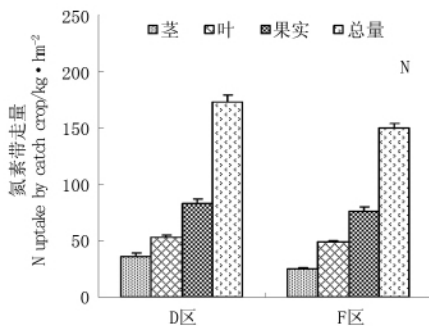


图 5 填闲作物各部分氮素带走量

Fig. 5 N uptake for different organ part of catch crop

在对填闲作物各部分的磷带走量进行测定后发现,不同降雨量对作物吸收磷的影响很大,由图 6 可看

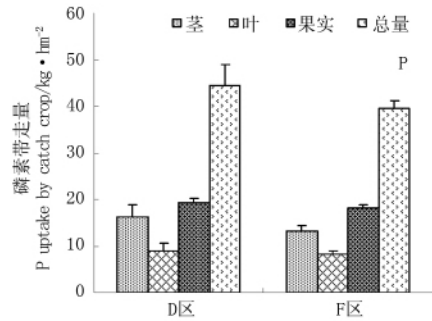


图 6 填闲作物各部分磷素带走量

Fig. 6 P uptake for different organ part of catch crop

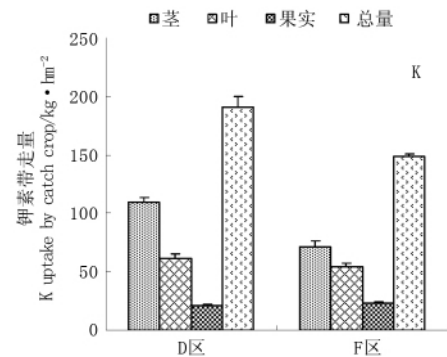


图 7 填闲作物各部分钾素带走量

Fig. 7 K uptake for different organ part of catch crop

出,种植糯玉米的 D-2 处理的糯玉米茎中的磷含量占作物总吸收量的 36.08%,达到 16.16 kg/hm^2 ;种植糯玉米的 F-2 处理,填闲糯玉米的磷吸收量很低,磷总吸收量为 39.58 kg/hm^2 ,低于 D-2 的 44.41 kg/hm^2 ,这可能是由于 F 区大量的降雨一方面造成磷的淋洗,另一方面可能是频繁的降水使土壤经常处于水淹状态,影响根系的生长,从而减少了磷素的吸收,但是无论是 D 区还是 F 区果实中的磷带走量很相似,分别为 19.41 kg/hm^2 和 18.11 kg/hm^2 ,分别占磷素吸收总量的比例为 44.35% 和 45.92%,D 区还是 F 区糯玉米叶片中磷含量没有差异,分别为 8.84 kg/hm^2 和 8.31 kg/hm^2 ,这说明无论在干旱还是降雨量较多的情况下,糯玉米对磷的吸收并没有显著的差异,各部分养分带走量多少顺序为:果实>叶片>茎秆。

由图 7 可看出,植株各部分的钾素带走量顺序为:茎秆>叶片>果实,D 区和 F 区钾素带走量,分别为 190.95 kg/hm^2 和 148.31 kg/hm^2 ,作物吸收的钾素大部分存留在秸秆中,所占钾吸收总量的比例分别为 57.12% 和 48.2%,秸秆钾含量分别为 109.05 kg/hm^2 和 71.61 kg/hm^2 ,D 区明显高于 F 区。无论是氮素还是磷钾模拟干旱年份的 D 区吸收量都要高于模拟当年降雨量的 F 区,说明大量的降水影响了作物对养分的吸收。

2.1.3 糯玉米根系的生长情况 为了准确理解填闲作物的提氮机理,分别在定植 30 d 时和收获时采取根系样品。15 cm 为 1 层,每层取 7 钻,每个小区取 1 株。

根系用扫描仪进行处理。从表 1 可看出,在填闲作物定植 30 d 的时候,根系密度较低,且主要分布在 0~30 cm,这主要与当时的试验气象条件有关,当时没有揭开棚膜,温度较高,但是在收获时的根系取样结果表明,此时根系深度已经达到 105 cm,但是大部分根系仍然主要分布在 0~30 cm 的表土层。D 区所有根层的根长密度要高于 F 区,这与 2009 年夏季频繁的降雨有

表 1 2009 年(D 区、F 区)填闲作物糯玉米不同土层根长密度及各层根长占总根长的百分比

Table 1 Mean root density and percentage of root length in each soil layer to total length of waxy corn in 2008

土层 Soil layer/cm	根长密度 Root density/cm·cm ⁻³				各层根长占总根长的百分比			
	8 月 2 日		9 月 4 日		8 月 2 日		9 月 4 日	
	D-2	F-2	D-2	F-2	D-2	F-2	D-2	F-2
0~15	1.14	0.70	0.94	0.60	69.95	72.07	63.65	65.66
15~30	0.34	0.20	0.19	0.11	20.70	20.23	13.05	12.15
30~45	0.15	0.07	0.12	0.08	9.35	7.70	8.38	9.08
45~60	—	—	0.11	0.06	—	—	7.68	7.00
60~75	—	—	0.07	0.03	—	—	5.08	2.75
75~90	—	—	0.02	0.02	—	—	1.58	2.18
90~105	—	—	0.01	0.01	—	—	0.58	1.18

注:—表示没有测定根长密度。下同。

Note: '—' express no determination root length density. The same below.

为了更好地了解根系的生长状况,测定了根系的干重(表 2),D 区采用干旱年份的处理,F 区采用当年的降雨量,但是当年降雨量达到 400 mm 以上,无论干旱还是湿润对于作物根系的生长都是不利的,但是从表 2 中可以看出,糯玉米的根系主要分布在 0~30 cm 的表层,且在后期根系的干物重明显增加,但是 D 区仍然要高于 F 区,D 区根系干物重在 0~15 cm 的表层,在定植 30 d 和收获时都要高于 F 区,干旱促使根系往

表 2 2009 年(D 区、F 区)填闲糯玉米不同土层根干重及各层根干重占总根干重的百分比

Table 2 Mean and percentage of root dry weight in each soil layer to total dry weight of waxy corn in 2008

土层 Soil layer/cm	根干重 Root dry weight/kg·hm ⁻²				各层根干重占总根干重的百分比			
	8 月 2 日		9 月 4 日		8 月 2 日		9 月 4 日	
	D-2	F-2	D-2	F-2	D-2	F-2	D-2	F-2
0~15	443.40	371.93	842.31	562.52	84.58	90.49	81.92	78.75
15~30	64.27	33.06	80.94	82.68	12.26	8.04	7.87	11.57
30~45	16.54	6.01	39.99	33.06	3.16	1.46	3.89	4.63
45~60	—	—	34.63	19.18	—	—	3.37	2.69
60~75	—	—	20.80	8.58	—	—	2.02	1.20
75~90	—	—	7.16	5.71	—	—	0.70	0.80
90~105	—	—	2.32	2.59	—	—	0.23	0.36

3 讨论与结论

3.1 讨论

填闲玉米不同部位对氮磷钾养分的吸收比例不一样,在玉米乳熟阶段后期,通过对糯玉米茎、叶、果实不同部位氮磷钾的分析结果可看出,不同部位对养分的吸收量不同,且各元素在不同部位的含量也不同,在糯玉米收获时各部位氮磷钾累积量顺序分别为,氮(N)素:果实>叶片>茎秆,磷(P₂O₅)素:果实>茎秆>叶片,钾(K₂O)素:茎秆>叶片>果实。据周桦等^[20]研究发现,无论施肥量高低,玉米果实和茎秆中氮磷钾吸收量的规律与该试验结果类似,但是没有考虑叶片的养分吸收量;佟屏亚等^[21]通过对夏玉米的养分分配研究发现,在蜡熟期氮素分配规律为果实>叶片>茎秆,磷

素,造成 F 区土壤经常处于水分过多的状态,土壤通透性下降,致使糯玉米根系生长受到影响。从各层根长占总根长的比例来看,D 区 0~30、30~60 与 60~105 cm 土层根长分别占 0~105 cm 土层总根长的 76.7%、16.1%、7.2%,而 F 区的分别为 77.8%、16.1%、6.2%,这表明于大量降水相比干旱条件下,根系更多的分布在 60 cm 以下。

地下生长,可以看出在 D 区 0~30、30~60、60~105 cm 各层根系干重占总根系干重的比例分别为 89.8%、7.3%和 2.9%,在 F 区各层所占比例分别为 90.3%、7.3%和 2.4%,但是在收获时的取样发现,各区根系可以下扎到 105 cm 的土壤深度,D 区干旱处理下方各层根系干重均高于 F 区。由此可见适当程度的干旱可以促进根系的向下生长,促进根系对地下较深层土壤养分的吸收和利用。

素的吸收顺序为果实>叶片>茎秆,对钾素的吸收顺序为茎秆>果实>叶片,这可能和作物的品种有关系,糯玉米对磷钾的吸收特性与普通玉米是不完全相同的^[22]。总体看,在干旱年份降雨量处理(D 区),氮磷钾各养分吸收量均要高于当年降雨量处理(F 区),这可能是处理间降雨量的不同造成的。

填闲作物的种植可以显著减少氮素的淋洗损失,从该试验结果可看出,糯玉米的根系可下扎到 105 cm 的深度,但是主要根系分布在 0~60 cm 的土层,这与郭瑞英^[13]的结果相一致,Kristensen 等^[23]研究表明,甜玉米对 20、40、60 以及 80 cm 土层处¹⁵N 标记的硝态氮的利用率分别为 23.1%、6.1%、2.8%和 0.8%,土壤氮素的减少不仅是根层的拦截作用,还包括根系的吸

收作用^[13]。

3.2 结论

夏季干旱高温的条件下,土壤中氮素矿化较快,且在土壤中累积,使土壤无机氮含量升高,适当的种植休闲作物及灌水可以很好地利用这些养分。干旱条件下还能促进根系的向下生长,利用更深层的土壤养分,而多雨的情况下则影响根系的生长发育。

在夏季休闲期间,糯玉米由于提前育苗,完全能够完成其生命周期。可有效地利用土壤中氮素,减少氮素养分的淋洗风险。各部位养分吸收果实以氮磷居多,而茎叶则以钾居多,D区氮磷钾各养分吸收总量均要高于F区,说明降水量过大还是会影响作物对养分的吸收,容易造成养分的淋洗。

参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料 2008 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 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] 何飞飞. 设施番茄生产体系的氮素优化管理及其环境效应研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [4] 李俊良. 莱阳、寿光两种不同种植模式中蔬菜施肥问题的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [5] 朱建华. 蔬菜保护地氮素去向及其利用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.
- [6] 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 Agro ecosystems, 2004, 69: 51-58.
- [7] 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.
- [8] 寇长林. 华北平原集约化农作区不同种植体系施用氮肥对环境的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [9] 史春余, 张夫道, 张俊庆, 等. 长期施肥条件下设施蔬菜土壤养分变化研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 437-441.
- [10] 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.
- [11] Schenk M, Heins B, Steingrobe B. The significance of root development of spinach and kohlrabi for N fertilization[J]. Plant and Soil, 1991, 135: 197-203.
- [12] 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.
- [13] 郭瑞英. 设施黄瓜根层氮素调控及夏季种植休闲作物阻控氮素损失研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [14] Thorup-Kristensen K, Nielsen N E. Modelling and measuring the effect of nitrogen catch crops on nitrogen supply for succeeding crops[J]. Plant and Soil, 1998, 203: 79-89.
- [15] Gustafson A, Fleischer S, Joelsson A. A catchment-oriented and cost effective policy for water protection[J]. Ecological Engineering, 2000, 14(4): 419-427.
- [16] Nakamura K, Harter T, Hirono Y, et al. Assessment of root zone nitrogen leaching as affected by irrigation and nutrient management practices[J]. Vadose Zone Journal, 2004(3): 1353-1366.
- [17] Tarkalson D D, Payero J O, Ensley S M, et al. Nitrate accumulation and movement under deficit irrigation in soil receiving cattle manure and commercial fertilizer [J]. Agricultural water management, 2006, 85: 201-210.
- [18] Thomsen I K. Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Results from a lysimeter experiment[J]. Agriculture, ecosystems and environment, 2005, 111: 21-29.
- [19] Gathumbi S M, Cadisch G, Buresh R J, et al. Subsoil nitrogen capture in mixed legume stands as assessed by deep nitrogen-15 placement [J]. Soil Science Society America Journal, 2003, 67: 573-582.
- [20] 周桦, 姜子邵, 宇万太, 等. 氮肥用量对玉米体内养分浓度和养分分配的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2008(4): 18-21.
- [21] 佟屏亚, 凌碧莹. 夏玉米氮、磷、钾积累和分配态势研究[J]. 玉米科学, 1994(2): 65-69.
- [22] 陈明智, 朱兴乐. 甜糯玉米养分吸收特性研究[J]. 耕作与栽培, 2004(6): 22-23.
- [23] Kristensen H L, Thorup-Kristensen K. Root growth and nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers[J]. Soil Science Society of America Journal, 2004, 68: 529-537.

Study on the Effect of Simulation Different Rainfall on the Yield, Root Growth and Nutrient Uptake of Catch Crop-Waxy Corn in Greenhouse

JIANG Chun-guang^{1,2}, LU Shu-chang³, CHEN Qing²

(1. Environmental Protection Division, Beijing Municipal Station of Agro-environmental Monitoring, Beijing 100029; 2. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094; 3. Department of Agriculture, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

Abstract: ‘Tianzi No. 22’ waxy corn was used as test materials to study on the effect of simulated different rainfall on the yield, root growth and nutrient uptake of catch crop-waxy corn in vegetables greenhouse of outskirts agricultural park in Beijing in the summer fallow period in 2009. The results showed that differences was no significant of waxy-corn yield for D-2 and F-2 treatment under simulated different rainfall treatment, the fresh corn production reached 13.4 t/hm² and 13.3 t/hm²; By comparison N, P and K uptake, F-2 treatment was lower than D-2 treatment, indicating that a large number of rainfall influenced the crop nutrient uptake; Comparing the roots between the two treatments, root length density of D-2 treatment and root dry weight of each layer were higher than the F-2 treatment, indicating the appropriate drought was good for root growth and absorption of nutrients, reduce the leaching risk of soil nutrient.

Key words: catch crop; waxy corn; root; greenhouse