

水分调节剂 DY-ET100 对番茄产量、品质及 水氮在土壤中扩散的影响

李凤珍¹, 张小梅¹, 梁斌^{1,2}, 杜志勇¹, 李俊良^{1,2}

(1.青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛 266109; 2.山东省水肥一体化工程技术研究中心, 山东 青岛 266109)

摘要: 为解决水分在土壤中横向扩散范围小和硝态氮淋溶等问题, 以水分调节剂 DY-ET100 为供试材料, 以清水、渴以友为对照, 研究和对比了水分调节剂 DY-ET100 的添加对水分在不同土壤中的扩散情况及对硝态氮淋溶和番茄产量及品质的影响。结果表明, 在掺沙和未掺沙黏土中添加水分调节剂 DY-ET100 较清水处理番茄果实中 VC 含量分别显著提高 12.50% 和 20.51%; 添加 DY-ET100 的处理使距滴头 0~30 cm 范围内的水分在土壤中分布更加均匀, 滴灌时水分扩散半径较清水和渴以友分别增加 22.53% 和 12.33%; 在掺沙和未掺沙黏土中较清水处理硝态氮累积量增加 41.21% 和 18.83%; 同时减少硝态氮的淋溶损失量, 在掺沙和未掺沙黏土较清水处理硝态氮淋溶损失降低 7.53% 和 8.07%。研究为水分调节剂的使用推广提供了数据支撑。

关键词: 水分调节剂; 硝态氮; 淋溶; 扩散

中图分类号: S482.8; S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2020)04-0185-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2020.04.028

Effects of Water Regulator DY-ET100 on Tomato Yield and Quality and Diffusion of Water and Nitrogen in Soil

LI Fengzhen¹, ZHANG Xiaomei¹, LIANG Bin^{1,2}, DU Zhiyong¹, LI Junliang^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109;

2. Shandong Water Fertilizer Integrated Engineering Technology Research Center, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: In order to solve the problems of the small lateral diffusion range of water in the soil and the leaching of nitrate nitrogen, the water regulator DY-ET100 was used as the test material, with the water and thirst as a control. The effects of nitrogen addition on the diffusion of water in different types of soil and nitrate nitrogen leaching and tomato yield and quality were studied. The results showed that the addition of moisture regulator DY-ET100 to sand-doped and non-sand-doped clay significantly increased the VC contents of tomato fruits by 12.50% and 20.51%, respectively. The treatment with DY-ET100 resulted in the more evenly distribution of water in soil of the 0~30 cm distance from the dripper. The water diffusion radius during drip irrigation were 22.53% and 12.33% higher than that of clear water and thirst. The accumulation of nitrate nitrogen in sand-doped and non-sand-doped clay was increased by 41.21% and 18.83% respectively compared with the water treatment. At the same time, the leaching loss of nitrate nitrogen was reduced by 7.53% and 8.07% respectively in sand-doped and un-sand-doped clays compared with the water treatment. This study provided data support for the promotion of water regulators.

Keywords: moisture conditioner; nitrate nitrogen; leaching; infiltration

中国是一个淡水资源匮乏的国家。淡水资源仅占全球的 6%, 人均淡水资源占有量为世界人均占有量的 25%^[1], 而能被人类直接利用的淡水仅约占全部水资源的 2.7%^[2]。水资源污染又进一步加剧了资

源匮乏的现实。调查^[3]发现, 我国 93.2% 的地下水受到了污染, 污染源主要为硝酸盐、亚硝酸盐类污染物^[4]; 主要来源为生活污水与工业废水、农业化肥的过量施用及固体废弃物的淋滤下渗等, 其中农业化肥

收稿日期: 2019-12-23

资助项目: 国家重点研发计划项目“氮磷污染负荷削减水肥协同调控技术和产品研发”(2017YFD0800403)

第一作者: 李凤珍(1993—), 女, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事水肥资源高效利用研究。E-mail: 1824685845@qq.com

通信作者: 李俊良(1962—), 男, 山东平度人, 博士, 教授, 主要从事水肥资源高效利用研究。E-mail: jlli1962@163.com

的过量施用是造成地下水硝酸盐污染的重要途径。硝态氮在土壤中具有易随水运移的特性^[5]。陈英旭^[6]研究发现,约30%~50%氮素经土壤淋溶进入到地下水中。因此要缓解水资源短缺和减少硝态氮的淋溶,首先要减少灌溉量,增强水分在土壤中的扩散,减少水的下渗,减少土壤中硝态氮的淋溶。

增强水分在土壤中扩散的关键是增强土壤的入渗能力。有研究^[7]发现,土壤入渗能力主要取决于土壤机械组成、水稳性团聚体含量、土壤密度、有机质含量及土壤初始含水率等;李卓等^[8]对土壤水分入渗影响机制分别作了研究分析土壤结构会影响水分的入渗;土壤结构存在疏水基团和亲水基团,两基团分布不均匀,水分进入土壤后常常沿着阻力小的亲水基团区域扩散,形成不规则的指流状分布,从而使水分在土壤中扩散范围小,扩散不均匀。水分调节剂是一种能快速溶于水的固体或液体物质,其结构包括亲水基团和疏水基团,当水分调节剂进入土壤后,疏水基团将与土壤颗粒上的疏水基团相结合,将亲水官能团的吸附位点留给水分子,亲水性官能团可以促使水性差的土壤发生水和反应或者润湿,从而促进水分在土壤中的横向扩散,减少养分在土壤中的下渗,促进植物根系对养分的吸收利用,减少因淋溶造成的环境污染^[9]。但目前针对水分调节剂的研究还相对较少,缺乏相应的数据支撑。鉴于此,本研究以番茄为研究对象,通过田间试验,研究了水分调节剂对水和硝态氮在土壤中运移的影响,为水分调节剂的推广使用提供相应的数据支撑,为我国现代农业更好地节水和农业面源污染提供新的解决思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物为番茄“粉果2号”。供试试剂为DY-ET100,购自山东大易公司,是一种聚醚改性有机硅表面活性剂,分子量为1 000~14 000,在25℃的黏度为20~40 cP。渴以友购自辉得昌远东有限公司,是美国专利技术产品,主要成分为烷氧基化多元醇,适用于具有滴灌、喷灌、微灌等节水灌溉设施的农田,以及旱地、水分匮乏农田。

1.2 试验地概况

试验于2019年4—8月在山东省胶州市胶莱镇青岛农业大学现代农业产业示范园进行。该试验地全年平均气温12.3℃,夏季平均气温23℃,冬季平均气温5℃。试验地为黏土,其砂粒质量分数为12.3%,粉粒质量分数为26.3%,黏粒质量分数为61.4%。试验开始前将部分(86.64 m²)黏土0—40 cm土层进行掺沙

(30%),并耕翻处理,另一部分(139.12 m²)0—40 cm土层进行耕翻。供试土壤试验开始前0—50 cm土层基本性质为:掺沙后土壤有机质含量20.25 g/kg,有效磷含量20.35 mg/kg,速效钾含量50.87 mg/kg,碱解氮含量74.97 mg/kg,pH 7.18,土壤容重1.48 g/cm³;未掺沙土壤有机质含量21.41 g/kg,有效磷含量42.13 mg/kg,速效钾含量70.74 mg/kg,碱解氮含量99.96 mg/kg,pH 6.75,土壤容重1.50 g/cm³。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,各设置4个试验处理:CK,清水空白;T1,清水+KNO₃;T2,DY-ET100(稀释1 500倍)+KNO₃;T3,渴以友(稀释1 500倍)+KNO₃。每个处理设3个重复,掺沙黏土中每个小区面积为139.12 m²(18.8 m×7.4 m),黏土中每个小区面积为86.64 m²(15.2 m×5.7 m)。

供试作物为番茄“粉果2号”,播前2天进行人工耕翻,深度约40 cm。耕翻后松土施肥,P₂O₅用量50 kg/hm²,作为底肥一次性施入。次日进行人工点播,行距、株距均为40 cm,种植密度为1 840株/667 m²。灌水方式为滴灌,灌水量为150 m³/(hm·次),各处理灌水量、灌水时间均相同。灌水时间根据作物需水情况而定,一般间隔时间为7~10天,整个试验周期内共浇水施肥11次;K₂O施用量104.7 kg/(hm²·次);N每次用量为31.2 kg/(hm²·次);滴灌分为3个阶段,灌水量在3个阶段的比例为3:5:2,在第2阶段时将试剂和肥料一起溶于水,以滴灌的形式随水进入土壤中;番茄生育期内各处理田间管理保持一致。

1.4 样品采集

番茄定植采用双管双行模式,定植灌水施肥后立即取样。水平方向上分别在距滴头0,10,20,30 cm处取样,同时垂直方向上在距每个取样点10,20,30,40,50 cm深度处再次取样。番茄收获后据垄宽在水平方向上依次间隔10 cm,垂直方向上同样以10 cm为单位取样,取样深度扩展至1 m深土层(图1)。

1.5 测定项目与方法

分别在番茄苗期、开花期、盛果期测定叶片SPAD值;采摘第2穗果实测定番茄品质,果实有机酸采用NaOH滴定法测定^[10];可溶性糖和含量分别采用蒽酮比色法和2,6—二氯酚酞测定^[11];硝酸盐含量采用紫外分光光度法测定;土壤硝酸氮采用流动分析仪测定;土壤质量含水量采用烘干法测定;土壤pH采用pH计测定(水浸提,1:5);土壤容重采用环刀法测定计算^[10]。其中,硝态氮累积量和损失量的计算公式为:

$$\text{硝态氮累积量}(\text{kg}/\text{hm}^2) = \text{硝态氮含量}(\text{mg}/\text{kg}) \times \text{土层厚度}(\text{cm}) \times \text{土壤容重}(\text{g}/\text{cm}^3) \times 0.1\text{PH}$$

硝态氮损失量(kg/hm²)=硝态氮施入量(kg/hm²)-土壤中硝态氮含量(kg/hm²)-植物吸入量(kg/hm²)

1.6 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 16.0 和 Origin 8.5 软件进行数据处理、分析与作图;不同处理间差异根据情况采用单因素和双因素方差分析,多重比较采用 Duncan 法。

2 结果与分析

2.1 水分调节剂对番茄不同生育期叶片 SPAD 值的影响

叶绿素是植物吸收光能的主要物质,叶绿素含量直接影响植物的光合作用对光能的利用率,叶片单位面积的叶绿素含量更是影响植物生长状况的一个重要指标^[12]。由图 2 可以看出,各处理叶片 SPAD 值随着番茄的生长期延长呈现增加的趋势,其中苗期

SPAD 值相对较低,盛果期的 SPAD 值较高。掺沙后和未掺沙黏土整个生育期 SPAD 分别为 49.20~56.92, 49.20~55.19,平均为 54.61,53.16,相对于未掺沙黏土,掺沙后黏土叶片 SPAD 平均增加 2.73%($P<0.05$)。与空白相比,掺沙后 T1、T2、T3 处理各生育期叶片 SPAD 值均显著增加,增幅分别为 4.84%~9.37%,2.55%~9.41%,2.28%~7.94%;苗期和盛果期添加 DY-ET100 的 T2 处理 SPAD 值显著高于 T3 处理,增幅分别为 1.36%,2.99%;与 T1 处理间无显著差异。未掺沙黏土中,苗期添加 DY-ET100 的 T2 处理 SPAD 值较 T3 显著提高 2.53%,较其他处理差异不显著。与空白处理相比,盛果期 T1、T2、T3 处理均显著提高叶片 SPAD 值,增幅分别为 0.56%,1.52%,0.84%,说明与 T1 处理相比,掺沙后黏土中添加渴以友显著降低苗期和盛果期叶片 SPAD 值,而添加水分调节剂 DY-ET100 则对番茄叶片 SPAD 值无显著影响。

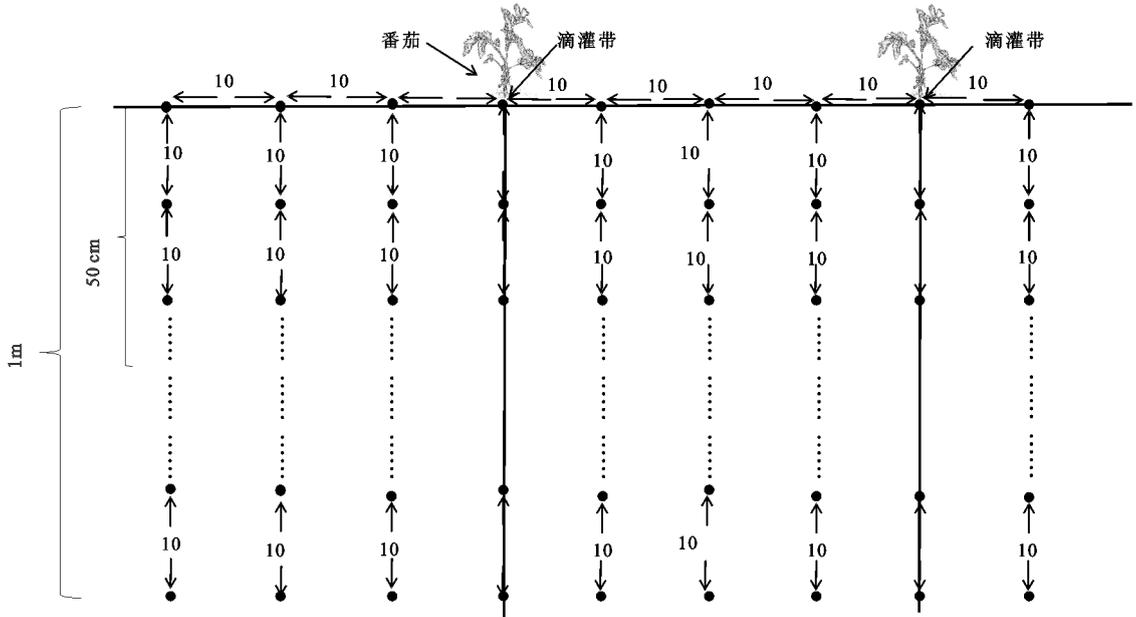
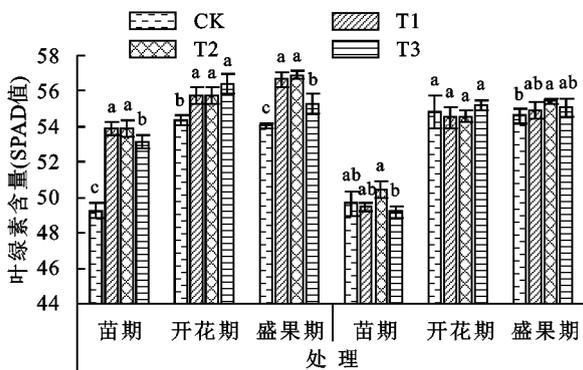


图 1 试验土样采集示意



注:图中不同小写字母表示不同水分处理在 0.05 水平上差异显著。下同。

图 2 水分调节剂对番茄不同生育期叶片 SPAD 值的影响

2.2 水分调节剂对番茄产量和品质的影响

掺沙后和未掺沙黏土中番茄产量分别为 53.5~54.9,46.4~47.5 t/hm²,平均为 54.2,46.9 t/hm²(表

1)。相对于未掺沙黏土,掺沙后黏土使番茄平均增产 15.6%($P<0.05$);同一土壤类型中,不同水分处理对番茄产量无显著影响。

掺沙后和未掺沙黏土中番茄 VC 含量分别为 172.2~211.7,143.2~195.1 mg/kg,平均为 192.5,165.9 mg/kg(表 1)。与未掺沙的黏土相比,掺沙后黏土使番茄 VC 含量显著增加 26.6 mg/kg,增幅达 15.6%($P<0.05$)。掺沙后黏土中,与空白处理相比,T2 处理使番茄 VC 含量增加 9.2%,处理之间差异不显著;添加 DY-ET100(T2)和添加渴以友(T3)显著增加番茄 VC 含量,增幅分别达 22.9%和 14.9%。未掺沙黏土中,与空白处理相比,T2 和 T3 处理均未显著增加番茄 VC 含量;添加 DY-ET100 使番茄 VC 含量显著增加 51.9 mg/kg,增幅达 36.2%($P<0.05$)。

2.3 灌溉时水分调节剂对水分在土壤中扩散半径的影响

滴灌过程中相隔不同时间测定不同处理水分在土壤中的扩散半径,从图 3 可以看出,掺沙和未掺沙黏土随着滴灌时间的推移半径平均变化分别为 12.44~20.51, 12.59~24.71 cm,未掺沙黏土较掺沙黏土半径平均增加 20.65%。在掺沙黏土中添加水分调节剂 DY-ET100 的

T2 处理,滴灌初期(0~4 h 内)水分扩散速度与其他处理相当,扩散半径基本相同;当灌水时间超过 4 h 后,T2 处理土壤中的水分扩散速度明显加快,至滴灌结束时,各处理水分扩散半径分别为 18.66(CK),19.16(T1),23.38(T2), 20.82 cm(T3),T2 处理的水分扩散半径显著高于其他处理(图 3a),说明添加 DY-ET100 加速水分在掺沙黏土中的扩散,而这种影响在黏土中差异不显著(图 3b)。

表 1 番茄产量、VC、可溶性糖、有机酸和硝酸盐含量

土壤类型	处理	产量/ (t·hm ⁻²)	VC/ (mg·kg ⁻¹)	可溶性糖/%	有机酸/ (g·kg ⁻¹)	硝酸盐含量/ (mg·kg ⁻¹)
掺沙黏土	CK	53.45±0.79a	172.23±8.80c	6.57±0.17a	2.98±0.08a	387.91±6.94a
	T1	53.86±0.23a	188.13±10.44bc	6.53±0.17a	2.97±0.05a	424.85±5.80a
	T2	54.85±0.42a	211.65±12.45a	6.67±0.31a	2.89±0.03a	414.48±9.54a
	T3	54.36±1.53a	197.82±5.40ab	6.55±0.37a	2.95±0.08a	393.09±12.24a
	平均	54.13A	192.45 A	6.58A	3.04A	405.08A
未掺沙黏土	CK	46.51±0.96a	143.18±14.02b	5.41±0.25a	3.11±0.05a	406.70±12.65a
	T1	47.53±1.17a	161.85±16.85b	5.57±0.12a	3.02±0.05a	409.94±10.22a
	T2	46.43±0.71a	195.05±18.09a	5.66±0.30a	2.99±0.04a	385.97±10.97a
	T3	47.19±0.86a	163.23±17.15b	5.31±0.32a	3.02±0.09a	420.96±10.40a
	平均	46.9B	165.83 A	5.49B	2.95A	405.89A

注:表中数据为平均值±标准差;不同小写字母表示不同水分处理在 0.05 水平上差异显著;不同大写字母表示同一水分水平下不同土壤类型在 0.05 水平上差异显著。下同。

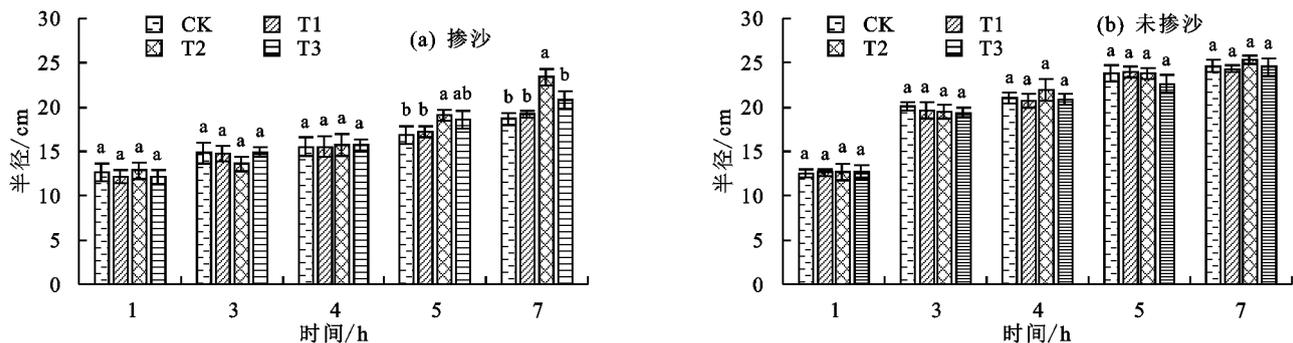


图 3 各处理在掺沙和未掺沙黏土不同滴灌时刻半径变化

2.4 灌溉后水分调节剂对水分在土壤空间分布的影响

从图 3 可以看出,灌溉结束后水分在 2 种类型土壤中的扩散半径均小于 30 cm。因此,在番茄生育期内,于每次灌溉结束后立即在水平方向上采集距滴头 0~30 cm 范围内的土样以测定土壤中水分和硝态氮在水平方向上的运移是可行的。同时,根据每次灌溉量(150 m³/hm²)在垂直方向上取 0—50 cm 土层以进一步测定水分在土壤中的空间分布。

掺沙与未掺沙黏土 0—50 cm 土层含水量分别平均为 15.80~17.68%和 20.84~21.18%,随着距滴头距离的增加,土壤质量含水量逐渐降低;反之,则越高(图 4)。若设定质量含水量>18.20%为高含水量土壤,则在掺沙后的黏土中,与 CK 处理相比,T1 处理水分水平方向上多集中在距滴头 0~10 cm、垂直方向上多集中在距滴头 0~30 cm 范围内;而 T2 处理的水分在水平方向上的扩散距离较 CK 和 T1 更大,可扩展至距滴头 30 cm 左右,

这与图 3a 的结果一致。各处理高含水量土样占全部样品总数的比例分别为 30%(CK),30%(T1),35%(T2), 15%(T3)(图 4a)。在未掺沙的黏土中,设定质量含水量>22%为高含水量土壤,各处理土壤中的水分在水平方向上多集中在距滴头 0~10(CK),0~10(T1),0~15(T2),0~10 cm(T3)范围内;垂直方向上对应处理的水分扩散距离分别为 35,40,30,30 cm。高含水量区域内,各处理的平均质量含水量为 22.47%(CK), 22.52%(T1),23.15%(T2),21.84%(T3);T2 较其他处理平均质量含水量提高 0.63%~1.31%(图 4B),说明 DY-ET100 的添加增加了水分在土壤中的水平扩展,减弱了水分的下渗。

2.5 水分调节剂对硝态氮在土壤中空间分布的影响

土壤中的硝态氮是一种速效性氮素,可以被作物根系直接吸收,由于其带负电,不易被土壤胶体吸附^[13],其运移与水的运移呈正相关性。因此,选取水

平方向上距滴头 30 cm、垂直方向上距滴头 50 cm 的范围作为研究硝态氮在土壤中运移的有效范围。设定硝态氮含量 >10.00 mg/kg 为高硝态氮土壤,从图 5(a)可以看出,掺沙黏土中 T1 处理高含量硝态氮主要分布在距滴头 20~30 cm 水平距离和 10~40 cm 土层范围内,而 T2 处理高含量硝态氮则主要分布在距滴头 0~30 cm 水平距离和 0~30 cm 土层范围内,说明添加 DY-ET100 的 T2 处理较 T1 处理明显减

弱了硝态氮的下渗,下渗深度降低了约 10 cm。

同时,与 T3 处理硝态氮垂直方向上仅在距滴头 0~20 cm 土层内相比,T2 处理硝态氮在土壤中的分布更加均匀。在硝态氮集中分布区(硝态氮含量 >10 mg/kg),不同处理硝态氮平均含量分别为 12.44 (T1),13.25 (T2),11.48 mg/kg (T3)。集中分布区内,T2 处理的平均硝态氮含量较 T1 和 T3 处理分别提高 3.33% 和 3.85%。

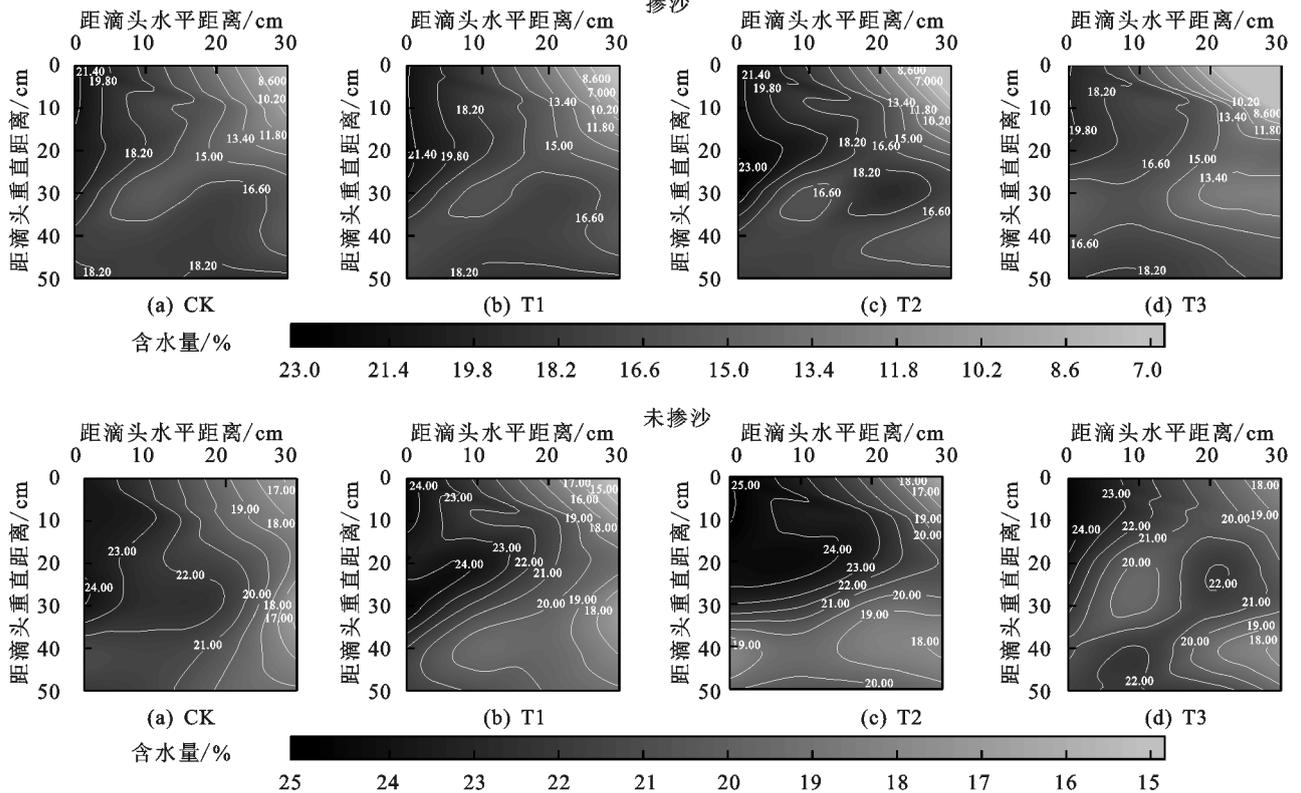


图 4 在掺沙和未掺沙黏土中不同处理土壤质量含水量空间分布

在未掺沙黏土中,设定硝态氮含量 >15.00 mg/kg 为高硝态氮含量区。从图 5(b)可以看出,T1、T2 和 T3 处理硝态氮分别主要分布在距滴头水平距离 20~30,10~30,10~30 cm 范围内,垂直方向上主要分布在 20~40,0~30,10~30 cm 土层范围内;集中区硝态氮含量平均为 12.28 (T1),14.75 (T2),13.39 (T3),T2 处理较 T1 和 T3 处理在集中区内硝态氮平均浓度上分别提高 7.73% 和 10.18%。由于番茄植株的根系主要分布在 0~30 cm 深度土层中^[14],添加 DY-ET100 的 T2 处理硝态氮在 0~30 cm 土层中的分布更加均匀,有利于根系对养分的吸收,有利于氮素利用率的提高和硝态氮淋溶的减少。

2.6 水分调节剂对土壤保水性的影响

番茄植株收获后,采集 0~100 cm 土层土样,测定各土层土壤质量含水量。从图 6 可以看出,在掺沙黏土中 0~100 cm 土层深度中各处理含水量分别为 10.41% (CK),10.47% (T1),10.97% (T2),10.18% (T3);与空白处理相比,0~100 cm 土层中黏土 T1 和

T2 处理土壤质量含水量增加 0.56% 和 5.30%,处理之间差异不显著;T3 处理较 CK 处理土壤质量含水量显著降低 2.26%,与其他处理之间差异不显著。而 T2 处理土壤累积含水量显著高于 T3 处理,增高幅度为 7.73%。在未掺沙黏土中,与空白处理相比,0~100 cm 土层深度中 T1 处理土壤质量降低 4.54%,处理之间无显著差异;T2 处理土壤质量含水量显著增加 5.24%;T3 处理土壤质量含水量增加 1.03%,处理之间无显著差异。进一步分析发现,这种累积含水量的差异主要体现在 0~30 cm 土层。因此,添加 DY-ET100 的 T2 处理显著提高 0~30 cm 土层的土壤质量含水量,减少水分流失,提高土壤保水性。

2.7 番茄收获后水分调节剂对土壤硝态氮空间分布的影响

番茄收获后,采集 0~100 cm 土层土样测定各土层中土壤硝态氮累积含量(图 7)。设定土壤硝态氮含量 >9 mg/kg 为高硝态氮累积区,在掺沙的黏土中 T1 处理硝态氮主要分布在 0~20,50~70 cm 土层内,而 T2 和

T3 处理硝态氮主要集中分布于 0—50 cm 土层内;集中区硝态氮平均含量分别为 12.21(T1), 13.05(T2), 11.78 mg/kg(T3);集中区内 T2 处理较 T1 和 T3 处理平均硝态氮含量分别增加 5.60%和 10.79%(图 7a)。在未掺沙的黏土中,设定硝态氮含量 >22.25 mg/kg 为高硝态氮累积区。T1 处理硝态氮主要集中在 0—10, 30—70 cm

土层内,硝态氮平均含量为 17.92 mg/kg;T2 处理硝态氮主要集中在 0—50 cm 土层内,硝态氮平均含量为 21.51 mg/kg;T3 处理硝态氮主要集中在 0—20, 30—50 cm 土层内,硝态氮平均含量为 23.40 mg/kg(图 7b),说明较 T1 处理,添加 DY-ET100 的 T2 处理更易使硝态氮累积在上层土壤,而减少其向下层土壤的淋溶。

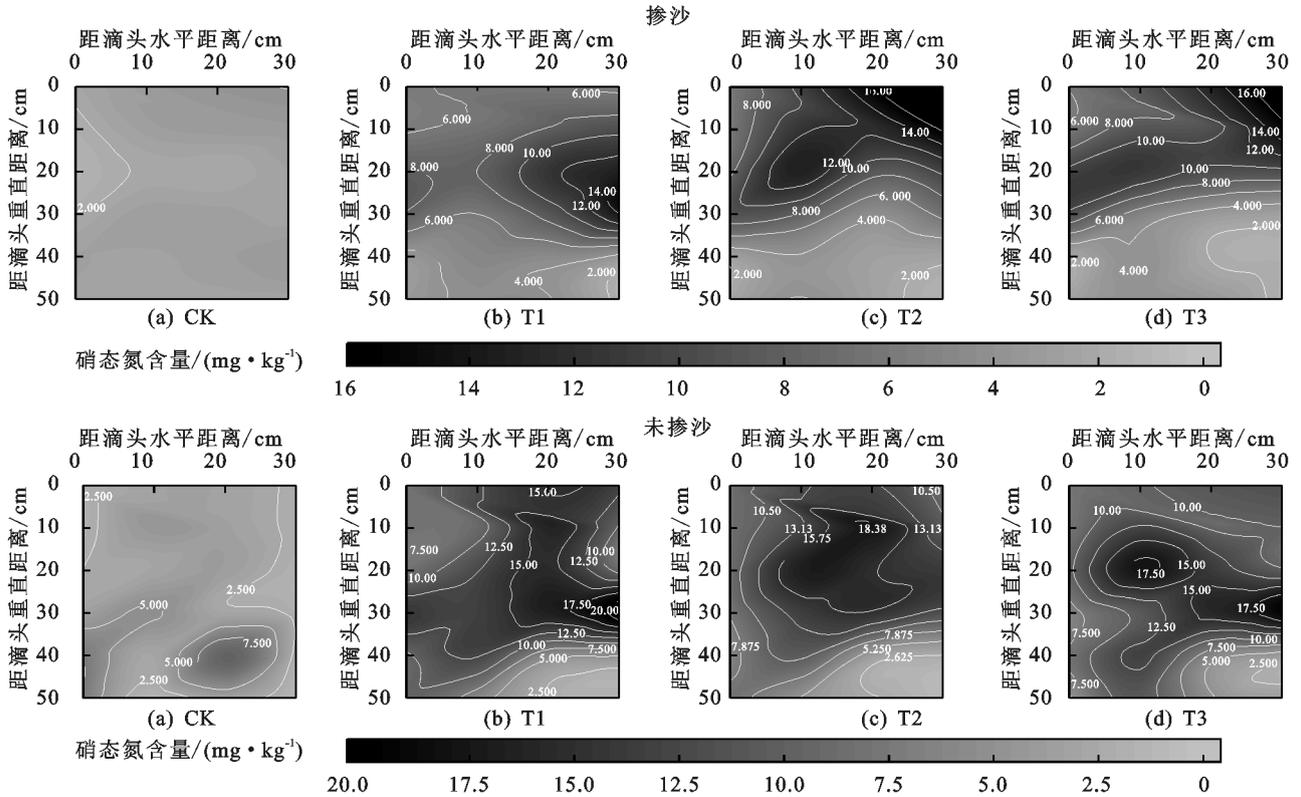


图 5 掺沙和未掺沙黏土中不同处理硝态氮空间分布

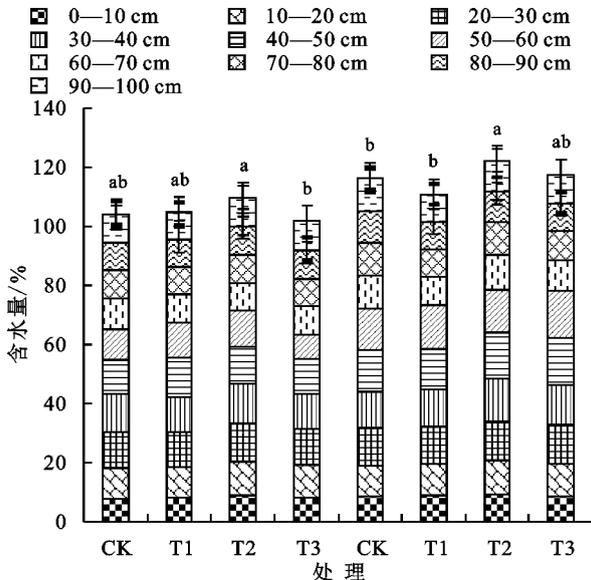


图 6 2 种土壤中 0—100 cm 土层土壤含水量累积

2.8 水分调节剂对整个生育期土壤硝态氮累积量及淋溶量的影响

从图 8(a)番茄收获后 0—50 cm 土层土壤硝态氮累积量分布可以看出,在掺沙与掺沙的黏土中硝态氮累积量分别为 24.39~93.32, 35.44~162.06 mg/

hm²,较掺沙的黏土相比,未掺沙黏土硝态氮累积量增加 76.18%($P < 0.05$)。在掺沙的黏土中,与 T1 处理相比,T2 和 T3 处理 0—50 cm 土层中硝态氮累积量分别显著增加 27.93, 25.55 mg/hm²,增幅分别为 41.22%和 37.70%;T2 与 T3 处理之间无显著差异。在未掺沙黏土中,与 T1 处理相比,T2 和 T3 处理 0—50 cm 土层中硝态氮累积量分别显著增加 25.67, 25.94 mg/hm²,增幅分别为 18.86%和 19.06%。

图 8(b)为各处理在 0—50 cm 土层以下掺沙黏土和黏土中硝态氮淋溶损失量。在掺沙与未掺沙黏土中硝态氮淋溶损失量分别为 274.30~296.63, 284.24~309.99 kg/hm²,与掺沙黏土相比,未掺沙的黏土中硝态氮淋溶损失量增加 3.00%。在掺沙的黏土中,与 T1 处理相比,T2 处理硝态氮淋溶损失量显著减少 22.33 kg/hm²,降低幅度为 7.53%;T3 处理硝态氮淋溶损失量减少 13.94 kg/hm²,降低幅度为 4.70%,处理之间无显著差异。在未掺沙黏土中,与 T1 处理相比,T2、T3 处理硝态氮淋溶损失量均显著减少,降低幅度分别为 8.31%和 8.07%,说明添加水分调节剂 DY-ET100 降低硝态氮淋溶损失量,有利于减缓硝态氮淋溶造成的环境污染。

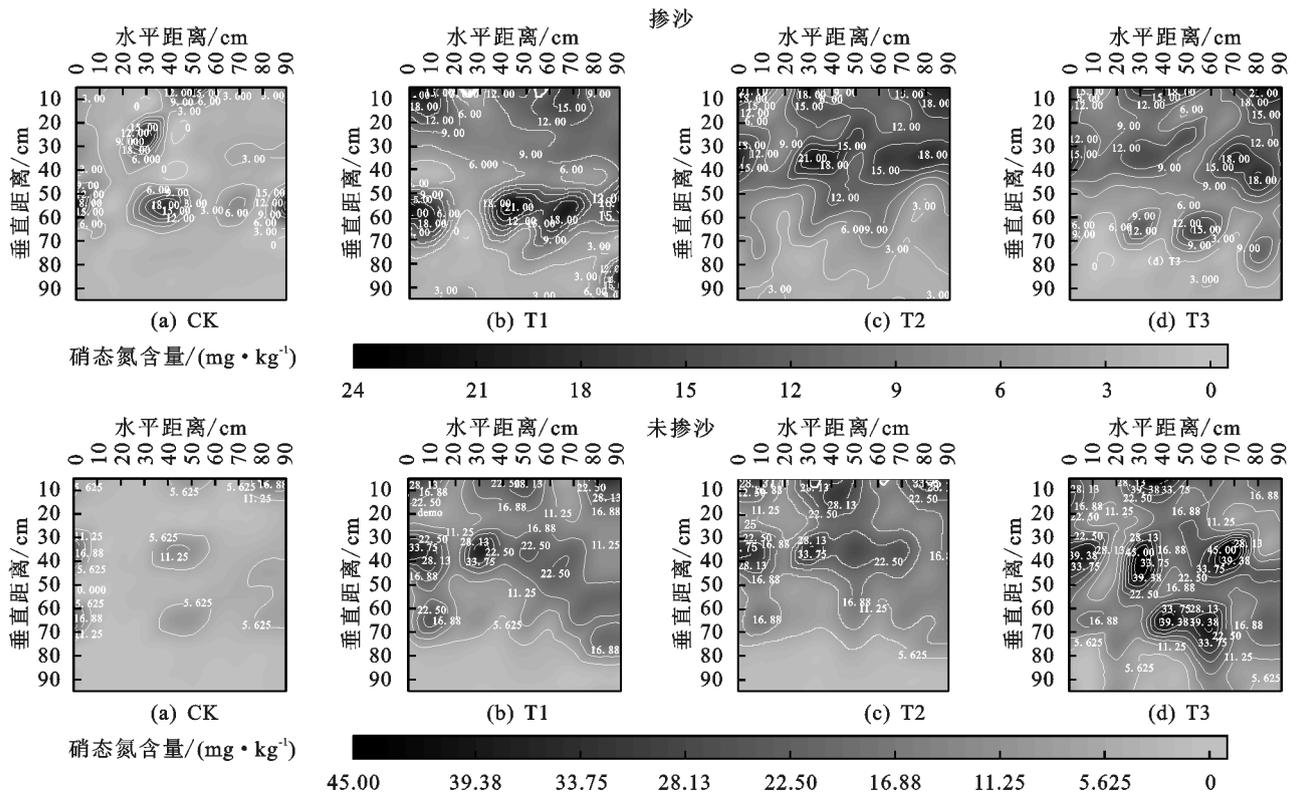


图7 番茄收获后掺沙和未掺沙黏土中不同处理硝态氮空间分布

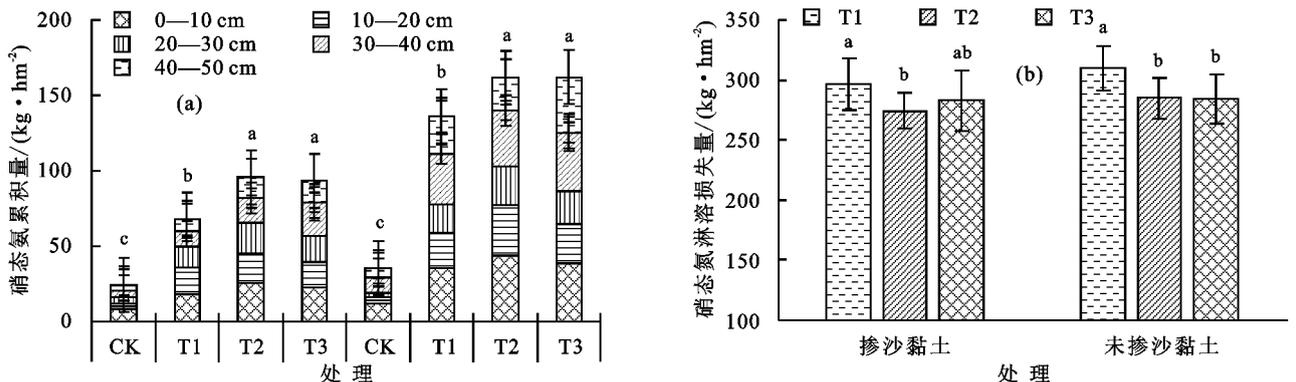


图8 2种类型土壤不同处理0—50 cm 土层硝态氮累积量与50 cm 以下硝态氮淋溶损失量

3 讨论

3.1 水分调节剂对土壤水氮的影响

水分在土壤中的扩散受多种因素的影响,本试验结果表明,添加 DY-ET100 后在滴头下方地表的含水率最高,并且以此为中线向下及两侧扩散,相应的含水量也呈现递减趋势。这与前人^[15]的研究相吻合,添加水分调节剂 DY-ET100 不仅促进水分在水平方向的扩散,还降低硝态氮在土壤中的淋失,可能与 DY-ET100 的结构有关, DY-ET100 具有亲水基团和疏水基团,当水分调节剂进入土壤后,疏水基团将与土壤颗粒上的疏水基团相结合,将亲水官能团的吸附位点留给水分子,亲水性官能团可以促使水性差的土壤发生水和反应或者润湿,依此促进水分在土壤中横向扩散,而加之硝态氮易随水运动,由此减少了硝态氮的淋溶。但对土壤理化性质、土壤斥水性及

对土壤中其他营养元素的影响和其在土壤中的作用时长还有待进一步深入研究。

3.2 水分调节剂对番茄产量、品质的影响

植物根系是植物汲取土壤中的水分与养分的主要器官^[16],根系吸收的水分和养分主要来源于 0—30 cm 的耕层土壤。李若楠等^[17]研究发现,0—30 cm 土层硝态氮含量与黄瓜、番茄产量间存在显著正相关关系,但本试验各处理间番茄产量并无显著差异,推测可能因番茄整个生育期内追施氮量较高,均满足作物生长所需导致。任慧勤^[18]分析渴以友对马铃薯单株结薯数和产量有显著提升作用,可以降低马铃薯畸形发生,提高马铃薯的加工品质,但本试验中渴以友并未对番茄产量以及番茄品质有显著影响,可能与作物种类、渴以友施用方式、种植环境、施肥状况等多种因素有关;而添加 DY-ET100 显著增加了番茄 VC 含量,这一方面可能是 DY-ET100 促进水分扩散,

增加土壤硝态氮累积量^[19],从而增加了 VC 含量。

4 结论

田间试验结果表明,添加 DY-ET100 对番茄叶片中叶绿素含量无影响,但有利于增加番茄果实中 VC 含量。在掺沙黏土和黏土中添加 DY-ET100 的 T2 处理较 T1 处理含量增加 12.50% 和 20.51%。DY-ET100 能促进水分在土壤中的横向运移,其在掺沙黏土中的作用效果优于黏土中,灌溉结束后,添加 DY-ET100 的 T2 处理在掺沙黏土中水分横向运移半径较 T1 和 T3 处理显著增加 22.53% 和 12.33%,同时增加 0—30 cm 土层的土壤质量含水量。DY-ET100 还能减少硝态氮在土壤中的下渗,使 0—30 cm 土层硝态氮含量增加,且分布更加均匀;灌溉后在掺沙黏土和黏土中,硝态氮集中分布区域内,T2 处理较 T1 和 T3 处理硝态氮含量分别增加 3.33%,3.85% 和 7.73%,10.18%。收获期时添加 DY-ET100 增加硝态氮在 0—50 cm 土层内的累积量,在掺沙黏土和黏土中 T2 处理较 T1 处理硝态氮累积量增加 41.22% 和 18.86%;同时减少硝态氮在 50 cm 以下土层的淋溶损失量,损失量分别降低 7.53% 和 8.07%。

参考文献:

- [1] 夏远平,江波,洪江,等.我国水资源研究现状及评价方法进展[J].南方论坛,2018(9):11,27.
- [2] 王克六.我国淡水资源的利用现状及对策[J].南方农业,2015(9):239-242.
- [3] 蔺宇.浅谈我国水污染的现状及其危害[J].节能环保,2018(1):9.
- [4] 董章杭,李季,孙丽梅.集约化蔬菜种植区化肥施用对地下水硝酸盐污染影响的研究:以“中国蔬菜之乡”山东省寿光市为例[J].农业环境科学学报,2005,24(6):1139-1144.
- [5] 陶婷.不同滴灌施肥方式下土壤硝态氮分布及棉株氮素利用率的研究[D].新疆石河子:石河子大学,2015.

(上接第 184 页)

- [17] 张强,邹旭凯,肖风劲.GB/T 20481—2006 气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [18] 王随继,李玲,颜明.气候和人类活动对黄河中游区间接流量变化的贡献率[J].地理研究,2013,32(3):395-402.
- [19] 白乐,李怀恩,何宏谋.降水和人类活动对秃尾河流域基流的影响[J].自然资源学报,2014,29(12):2078-2088.
- [20] 张立伟.近 50 年锡林浩特市降水量变化特征及干旱灾害统计分析[J].内蒙古气象,2018(3):33-35.
- [21] 焦玮,朱仲元,宋小园,等.近 50 年气候和人类活动对锡林河流域径流的影响[J].中国水土保持科学,2015,13(6):12-19.

- [6] 陈英旭.农业环境保护[M].北京:化学工业出版社,2007:166-167.
- [7] 陈瑶,张科利,罗利芳,等.黄土坡耕地弃耕后土壤入渗变化规律及影响因素[J].泥沙研究,2005(5):45-50.
- [8] 李卓,刘永红,杨勤.土壤水分入渗影响机制研究综述[J].灌溉排水学报,2011,30(5):124-128.
- [9] 徐明霞.未来营销新技术设施农业滴灌养分调控灌溉汇总[EB/OL].[2017-09-02](2019-12-14).<https://wk.baidu.com/view/e5bfe0090a4e767f5acfa1c7aa00b52acec79c43?fromShare=1&fr=copy©fr=copylinkpop>.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[J].北京:中国农业出版社,1999:352-359.
- [11] 李合生.植物生理生化实验原理与技术[J].北京:高等教育出版社,2000.
- [12] 殷紫,常庆瑞,刘森,等.基于光谱指数的不同生育期油菜叶片 SPAD 估测[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(5):66-72.
- [13] 韦彦,孙丽萍,王树忠,等.灌溉方式对温室黄瓜灌溉水分分配及硝态氮运移的影响[J].农业工程学报,2010,26(8):67-72.
- [14] 杨越.黑土不同耕层厚度对作物养分吸收及根系分布的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [15] 武钰.干旱区幼龄枣树不同灌溉方式下土壤水分运移规律研究[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2015.
- [16] 王超.水肥一体化对番茄生理及水氮利用效率的影响[D].北京:中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,2019.
- [17] 李若楠,武雪萍,张彦才,等.节水减氮对温室土壤硝态氮与氮素平衡的影响[J].中国农业科学,2016,49(4):695-704.
- [18] 任慧勤.一种液体土壤水分调节剂在马铃薯品种“Innovator”上的应用[J].马铃薯产业与现代可持续农业,2015:4.
- [19] 吴洮男,郁继华,张国斌,等.不同灌水上限和施肥量对温室番茄产量与品质的影响[J].西北植物学报,2018,38(11):2090-2100.
- [22] 姜晔,毕晓丽,黄建辉等.内蒙古锡林河流域植被退化的格局及驱动力分析[J].植物生态学报,2010,34(10):1132-1141.
- [23] 李玉兰,贾国华.锡林河水库水土流失现状及成因分析[J].安徽农学通报,2012,18(21):185-188.
- [24] 韩砚君,牛建明,张庆,等.锡林河流域近 30 年草原植被格局动态及驱动力分析[J].中国草地学报,2014,36(2):70-77.
- [25] 锡林郭勒盟党史地方志编纂委员会办公室.锡林郭勒年鉴[M].呼和浩特:内蒙古出版集团内蒙古文化出版社,2016:80.