

刘震, 闫旭东, 黄伟, 等. 不同渗灌模式对青贮玉米苗期土壤养分变化的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(8): 228–234.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.040

不同渗灌模式对青贮玉米苗期土壤养分变化的影响

刘震¹, 闫旭东¹, 黄伟², 黄素芳¹, 赵忠祥¹, 曹平平¹, 郭志顶¹, 王秀领¹, 生振红³, 徐玉鹏¹

(1. 沧州市农林科学院, 河北沧州 061001; 2. 沧州市科技创新服务中心, 河北沧州 061001; 3. 沧州银龙塑业有限公司, 河北沧州 061001)

摘要:以作物渗灌试验区土壤为研究对象, 通过测定不同空间土壤养分, 研究不同渗灌次数对青贮玉米苗期不同位置土壤化学性质的影响。结果表明, 0~20、20~40 cm 渗灌土壤中(不含 CK) pH 值最高值均出现在 L₀ 处, 与 CK 相比, pH 值分别提高了 6.29% 和 10.28%; 最低值均出现在 L_{1/2} 处, 较 CK 值分别提高了 0.67% 和 0.40%。W₂ 和 W₃ 显著提高了不同土壤空间位置的 pH 值。随着渗灌次数的增加, 不同深度及位置的土壤有机质含量呈现先升高后降低的趋势。W₂ 处理显著提高了不同位置土壤的有机质含量。不同渗灌次数及不同深度的渗灌中速效氮含量 L_{1/2} 显著高于 L₀ 及 L_{1/4}, 最大值均出现在 L_{1/2} - W₁ 处理中, 较 CK 分别提高了 98.52% 和 82.72%; 不同渗灌次数及不同深度的渗灌中速效磷均随渗灌次数的增加而降低, 各处理土壤速效磷含量多显著低于 CK ($P < 0.05$); 速效钾含量随渗灌次数增加呈现递增趋势, 0~20、20~40 cm 土壤中峰值均出现在 L_{1/2} 处, 较 CK 处理分别增加了 34.14% 和 10.19%。总体来说, 青贮玉米苗期渗灌 2 次较好, 可以提高土壤有机质及速效氮等养分的含量, 有助于青贮玉米幼苗的早期发育。

关键词:渗灌; 青贮玉米; 土壤养分; 氮磷钾; 有机质

中图分类号: S158; S513.07 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)08-0228-06

我国是资源大国, 也是农业大国, 水资源占世界总量的 9%, 而人均水资源占有量却仅为 2 800 m³, 相当于世界平均水平的 1/4, 其中农业用水占有很大比重, 目前达 70% 以上, 其中农田灌溉用水量占农业用水量的 90%~95%。农业灌溉缺口每年平均约为 300 亿 m³。随着我国水资源矛盾日益突出, 农田用水浪费现象依然十分严重, 因此如何合理利用我国目前现有水资源已经成为了我国面临的严峻问题^[1]。

渗灌是一种不同滴灌和喷灌的新型灌溉技术, 它是指将灌溉水通过渗灌管以渗透方式进入土壤中, 通过土壤颗粒的吸水作用向四周土壤扩散, 实现对作物的灌溉^[2], 目前已经成功应用于温室蔬菜、树木和瓜果等经济作物领域^[3-7]。现阶段多数报道主要集中于渗灌对土壤理化性质的影响, 韦彦等研究表明, 渗灌减少了土壤深层渗漏及表面水分蒸发并减少硝态氮的淋洗量, 水分利用率较普通灌

溉提高了 68.7%^[8]。李文等也通过对不同灌溉方式的研究发现, 渗灌可以降低土壤 CO₂ 排放通量, 提高土壤表层的土壤总有机碳含量^[9-10]。也有研究表明渗灌措施对土壤腐殖质及土壤养分会产生一定影响^[6,11]。但目前对于华北地区渗灌技术对于土壤不同渗灌位置的养分影响的报道较少。

因此, 本试验以华北地区渗灌土壤为研究对象, 在青贮玉米苗期进行不同次数渗灌, 测定不同处理各层次的土壤 pH 值、有机质及速效养分的含量, 以期初步了解渗灌对青贮玉米苗期不同渗灌深度及位置的土壤养分变化情况, 为确定适宜华北地区的渗灌模式提供理论依据及数据支撑, 同时也为推广渗灌技术、减少水资源承载压力、发展生态农业提供了解决办法。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年 6—7 月在河北省沧州市农林科学院东光试验基地(116°32'24" E, 37°53'24" N)内进行。该地区年均温 13 ℃, ≥10 ℃积温 4 349 ℃, 年总降水量为 400~600 mm, 其中, 80% 降水量集中在每年的 7—9 月。

1.2 试验方法

渗灌管采用沧州银龙塑业有限公司生产的聚

收稿日期: 2021-04-02

基金项目: 河北省重点研发计划(编号: 19226437D); 河北省现代农业产业技术体系项目(编号: HBCT2018160202)。

作者简介: 刘震(1985—), 男, 河北沧州人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为土壤肥力。E-mail: liuzhen84575151@163.com。

通信作者: 徐玉鹏, 研究员, 研究方向为作物栽培。E-mail: xuyupeng2007@aliyun.com。

乙烯(PE)管,播种前铺设。2 条渗灌管间距 0.8 m,埋深 0.4 m。试验小区长 15 m,宽 25 m,各小区渗灌管与供水主管道连接处设有闸阀,可控制各小区渗灌管的闭合。试验共分 4 个处理,分别为渗灌 0 次(W_0 ,对照)、1 次(W_1)、2 次(W_2)及 3 次(W_3)。播种当日渗灌后每 10 d 渗灌 1 次,每次渗灌量为 28 m^3 ($750\text{ m}^3/\text{hm}^2$),利用管道首端流量计控制灌溉量。每个处理设 3 次重复,共 12 个小区,各小区设立 5 m 宽间隔道,防止采样点水分及养分过度互移。试验采用河南农业科学院粮食作物研究所选育的玉米品种金岭青贮 10,底施专用复合肥(N、 P_2O_5 、 K_2O 含量分别为 22%、15%、5%) $600\text{ kg}/\text{hm}^2$,播种密度为 $75\ 000\text{ 株}/\text{hm}^2$,0.6 m 等行距机播,播种日期为 2019 年 6 月 10 日。

各试验处理按照渗灌管道上方(以下简称 L_0)、渗灌管 1/4(2 条渗灌管水平距离 1/4 处,以下简称 $L_{1/4}$)和渗灌管 1/2(2 条渗灌管水平距离 1/2 处,以下简称 $L_{1/2}$)设置取样点,取样深度分别为 0~20、20~40 cm。各小区设 3 个采样点,每个采样点同一层土样取 3 份混合为 1 份待测样品带回室内进行土壤养分测定。渗灌日期分别为 2019 年 6 月 11 日(W_0 、 W_1)、6 月 21 日(W_2)和 7 月 2 日(W_3)。

1.3 测定项目及方法

pH 值采用水土比 2.5 mL:1 g,pH 计测定。速效氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用

NaHCO_3 浸提钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -火焰光度计法测定。

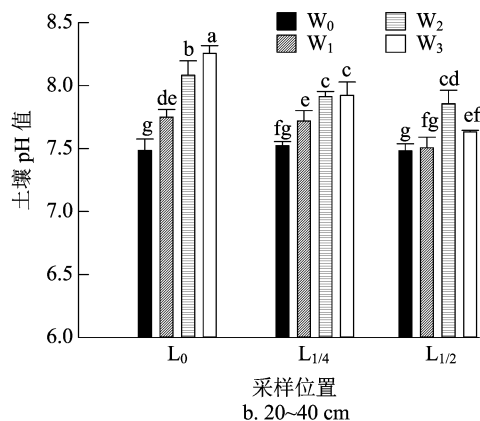
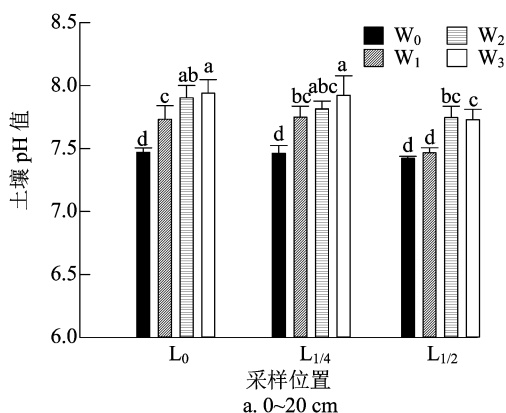
1.4 数据处理

采用 SPSS 26.0 进行试验数据统计分析,SigmaPlot 14.0 进行试验数据图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同渗灌次数对土壤 pH 值的影响

由图 1 所示,随着渗灌次数的增加,土壤 pH 值总体呈增长趋势。0~20 cm 土层, W_2 和 W_3 处理 pH 值显著高于对照($P<0.05$)。其中,pH 值最高为 7.94,出现在 W_3 处理中,同此位置 W_0 相比,pH 值升高了 0.47,增加幅度为 6.29%; W_1 处理也可提高土壤 pH 值, L_0 、 $L_{1/4}$ 和 $L_{1/2}$ 分别提高了 3.53%、3.84% 和 0.58%;除 $L_{1/2}$ 位置外, W_1 与 W_0 均差异显著。20~40 cm 土层规律同 0~20 cm 土层相似,与 W_0 相比, W_2 和 W_3 处理显著提高了不同位置的 pH 值,最高值 8.26 出现在 W_3 中,同此位置的 W_0 相比,pH 值升高了 0.77,增加幅度为 10.28%。 $L_{1/2}$ 位置 W_1 处理 pH 值比 W_0 增加了 0.03,提高幅度为 0.40%,但差异不显著。由此可知,pH 值随水平距离增加呈逐渐降低的趋势,最大值均出现在 L_0 处,最小值均出现于 $L_{1/2}$ 处; W_2 和 W_3 处理可以显著增加土层不同水平位置及深度的 pH 值。



不同小写字母分别表示同一土层不同处理间在 0.05 水平下差异显著。下同

图1 不同灌溉次数对土壤 pH 值的影响

2.2 不同渗灌次数对土壤速效氮含量的影响

如图 2 中所示,0~20 cm 土层 $L_{1/4}$ 、 $L_{1/2}$ 位置不同渗灌次数速效氮含量与 CK 间均差异显著。 L_0 处速效氮含量随渗灌次数的增加呈现逐渐降低的趋势; $L_{1/4}$ 处处理组速效氮含量显著高于 W_0 ,但 W_1 和 W_2 处理间差异未达显著水平; $L_{1/2}$ 处处理组速效氮含

量随灌溉次数的增加呈先下降后上升的趋势。 $L_{1/4}$ 和 $L_{1/2}$ 中,不同渗灌次数土壤速效氮含量显著高于 W_0 , $L_{1/2}$ - W_1 处理速效氮含量最高,达到 $175.37\text{ mg}/\text{kg}$,显著高于 W_0 ,增加幅度为 98.52%, L_0 - W_3 处理速效氮含量最低,为 $64.03\text{ mg}/\text{kg}$,同 W_0 相比,降低了 28.42%。20~40 cm 土层中随着灌溉次数的增加,

L_0 处速效氮含量逐渐减少, $L_{1/4}$ 处速效氮含量呈现先降低后增高的趋势, 但除 $L_{1/4} - W_3$ 外, W_1 、 W_2 与 W_0 均未达显著水平; $L_{1/2}$ 处速效氮含量也呈现逐步降低的趋势。 L_0 处处理组速效氮含量均显著低于

W_0 , W_1 、 W_2 、 W_3 分别下降了 14.49%、15.87% 和 34.95%, 速效氮含量最低值 $L_0 - W_3$, 为 67.03 mg/kg。速效氮含量最高值为 178.72 mg/kg, 为 $L_{1/2} - W_1$ 处理, 同 W_0 相比增加了 82.72%。

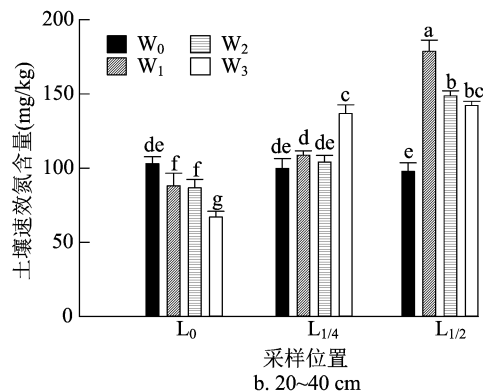
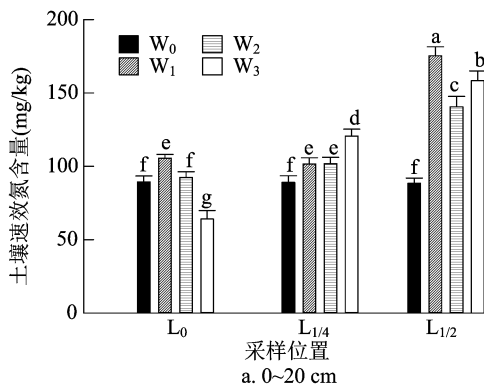


图2 不同灌溉次数对土壤速效氮含量的影响

2.3 不同渗灌次数对土壤速效磷含量的影响

从图3可以看出, 0~20 cm 土层中, 不同位置速效磷含量均随渗灌次数的增加而降低, 各处理土壤速效磷含量显著低于 W_0 。 L_0 中 W_1 、 W_2 、 W_3 同 W_0 相比降低分别降低了 14.60%、20.08% 和 66.10%, $L_{1/4}$ 中分别降低了 12.56%、52.58% 和 64.77%, $L_{1/2}$ 中分别降低了 25.80%、57.84% 和

61.64%。其中最低值为 6.13 mg/kg, 出现在 $L_0 - W_3$ 中。 20~40 cm 土层中速效磷含量变化规律同 0~20 cm 土层相似, 均随渗灌次数的增加而逐渐降低, 各处理速效磷含量显著低于 W_0 ($L_0 - W_1$ 、 $L_{1/2} - W_1$ 除外), $L_0 - W_1$ 速效磷含量同 W_0 相比略有增加, 但未达显著水平。速效磷含量最低值为 8.15 mg/kg, 出现在 $L_{1/4} - W_3$, 比 W_0 降低了 56.39%。

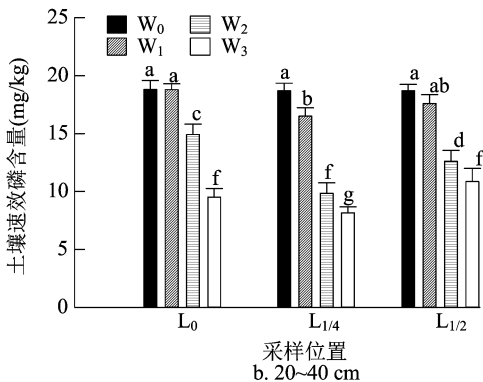
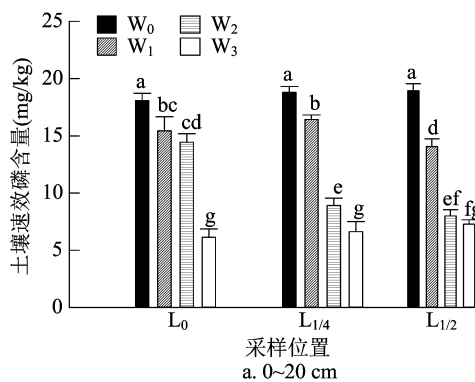


图3 不同灌溉次数对土壤速效磷含量的影响

2.4 不同渗灌次数对土壤速效钾含量的影响

如图4所示, 0~20 cm 土层中, 各位置速效钾含量随渗灌次数的增加呈递增趋势; W_1 处理速效钾含量在 L_0 显著低于 CK ($P < 0.05$), 在 $L_{1/4}$ 、 $L_{1/2}$ 与 W_0 差异不显著; W_2 处理速效钾含量在 $L_{1/4}$ 、 $L_{1/2}$ 显著高于 W_0 , L_0 位置与 W_0 差异不显著, W_3 处理在各位置均显著高于 CK ($P < 0.05$); 土壤速效钾最高值为 216.44 mg/kg, 出现在 $L_{1/2} - W_3$ 处理, 同 W_0 相比, 提高了 34.14%。 20~40 cm 土层中, 随着灌溉次数的增加速效钾含量均呈现先升高再降低的趋

势。其中峰值为 228.07 mg/kg, 位于 $L_{1/2} - W_2$ 处, 比 W_0 提高 10.19%。最低值位于 $L_{1/4} - W_1$ 处, 含量为 153.40 mg/kg, 较 CK 降低了 24.76%。

2.5 不同渗灌位置及灌溉次数对土壤养分的影响

从表1中可以看出, 渗灌位置(L)及灌溉次数(W)均会对不同土层的 pH 值、速效氮、速效磷、速效钾等养分含量产生显著影响, 且二者之间除对 0~20 cm 土壤中 pH 值影响不显著外, 土壤中各项养分指标均受到渗灌位置和灌溉次数间交互作用的影响。

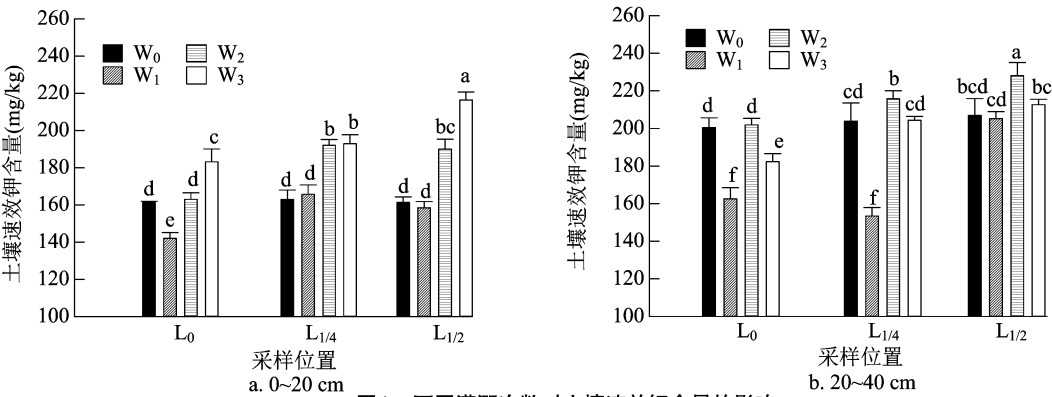


图4 不同灌溉次数对土壤速效钾含量的影响

表 1 渗灌位置及次数对土壤养分的影响

土壤深度	自变量	F 值			
		pH 值	速效氮含量	速效磷含量	速效钾含量
0 ~ 20 cm	渗灌位置 (L)	13.62 *	357.86 *	12.97 *	68.74 *
	灌溉次数 (W)	42.45 *	93.33 *	504.27 *	180.69 *
	L × W	1.57	67.85 *	24.36 *	15.64 *
20 ~ 40 cm	渗灌位置 (L)	38.42 *	310.74 *	25.69 *	70.36 *
	灌溉次数 (W)	74.98 *	31.73 *	277.47 *	87.76 *
	L × W	9.16 *	65.00 *	7.06 *	14.36 *

注：* 表示在 0.05 水平显著相关。下表同。

为了探明不同渗灌位置及次数对土壤养分的影响,进一步分析渗灌位置(L)和渗灌次数(W)的交互作用。

由表 2 和表 3 可以看出,在相同渗灌次数下,0 ~ 20、20 ~ 40 cm 土壤中速效氮和速效钾含量在多数情况随距渗灌位置的增加而增加,速效磷含量受距离影响较小,pH 值随水平距离的增加而减少。

3 结论与讨论

地下渗灌目前广泛应用于设施蔬菜等经济作物中^[4,12-14]。在满足植物生理生长需求的条件下,可以将普通灌溉转变为直接作用于作物根系的灌溉,从而使水分直接在土壤中向四周运移^[15],减少水分在地表蒸发量。同时,研究表明水分运移过程也会对土壤养分产生一定的影响,渗灌可以提高土壤表层有机质含量及阳离子交换量^[16]。也有研究表明,不同灌溉方式会对土壤中 N₂O 排放产生影响,由于渗灌没有给微生物提供充足的反应底物,降低了硝化及反硝化作用,抑制了土壤中 N₂O 排放^[17-25]。本试验结果表明,地下渗灌水平方向上来讲,0 ~ 40 cm 土壤内 pH 值随距离渗水管的增加而降低,且不同水平距离上,W₂ 处理的 pH 值显著高

于 W₀(P<0.05)。说明渗灌的水平距离同土壤 pH 之间存在一定的关系。而不同渗灌次数及渗灌位置也会对土壤有机质及速效养分含量产生一定影响。在不同渗灌次数及深度的土壤中,有机质含量呈现出先降低再升高最后再降低的趋势,同对照相比,有机质含量的峰值均出现在 W₂ 处,说明 W₂ 可以显著提高不同渗灌位置的土壤有机质含量。以 L₀ 为中心点,速效氮含量随着渗灌水平距离的增加而增加,最大值均出现在 W₂ 处理的 L_{1/2} 处。随着渗灌次数的增加,不同位置的 0 ~ 40 cm 土壤中速效磷含量呈现下降的趋势,速效钾含量呈现上升趋势。综合以上试验结果,不同距离及深度 pH 值随渗灌管距的增加而减少,且 W₂ 处理可以显著提高土壤有机质含量,速效氮、速效磷及速效钾等含量同其他处理中养分峰值差异不显著,因此,推荐在青贮玉米苗期进行 2 次渗灌,有助于青贮玉米苗期生长。

本试验仅针对土壤不同空间位置土壤化学性质进行了研究,对于渗灌过程中水肥耦合现象及渗灌时期土壤养分作用机制研究较浅,还须结合室内模拟试验进一步研究,以求在节水的同时减少肥料投入,从而达到发展生态农业的目的。

表 2 渗灌位置及次数对土壤养分的效应分析(0~20 cm)

位置	灌水 次数	灌水 次数	速效氮含量		速效磷含量		速效钾含量	
			均值差 (mg/kg)	P 值	均值差 (mg/kg)	P 值	均值差 (mg/kg)	P 值
L ₀	W ₀	W ₁	-16.090 *	0.003	2.637 *	0.001	19.733 *	0.000
		W ₂	-2.940	0.979	3.630 *	0.000	-1.210	1.000
		W ₃	25.423 *	0.000	11.950 *	0.000	-21.447 *	0.000
	W ₁	W ₀	16.090 *	0.003	-2.637 *	0.001	-19.733 *	0.000
		W ₂	13.150 *	0.021	0.993	0.456	-20.943 *	0.000
		W ₃	41.513 *	0.000	9.313 *	0.000	-41.180 *	0.000
	W ₂	W ₀	2.940	0.979	-3.630 *	0.000	1.210	1.000
		W ₁	-13.150 *	0.021	-0.993	0.456	20.943 *	0.000
		W ₃	28.363 *	0.000	8.320 *	0.000	-20.237 *	0.000
	W ₃	W ₀	-25.423 *	0.000	-11.950 *	0.000	21.447 *	0.000
		W ₁	-41.513 *	0.000	-9.313 *	0.000	41.180 *	0.000
		W ₂	-28.363 *	0.000	-8.320 *	0.000	20.237 *	0.000
L _{1/4}	W ₀	W ₁	-12.590 *	0.029	2.360 *	0.002	-2.760	0.968
		W ₂	-12.790 *	0.026	9.887 *	0.000	-29.207 *	0.000
		W ₃	-31.590 *	0.000	12.170 *	0.000	-29.960 *	0.000
	W ₁	W ₀	12.590 *	0.029	-2.360 *	0.002	2.760	0.968
		W ₂	-0.200	1.000	7.527 *	0.000	-26.447 *	0.000
		W ₃	-19.000 *	0.001	9.810 *	0.000	-27.200 *	0.000
	W ₂	W ₀	12.790 *	0.026	-9.887 *	0.000	29.207 *	0.000
		W ₁	0.200	1.000	-7.527 *	0.000	26.447 *	0.000
		W ₃	-18.800 *	0.001	2.283 *	0.003	-0.753	1.000
	W ₃	W ₀	31.590 *	0.000	-12.170 *	0.000	29.960 *	0.000
		W ₁	19.000 *	0.001	-9.810 *	0.000	27.200 *	0.000
		W ₂	18.800 *	0.001	-2.283 *	0.003	0.753	1.000
L _{1/2}	W ₀	W ₁	-87.027 *	0.000	4.890 *	0.000	2.897	0.960
		W ₂	-52.250 *	0.000	10.957 *	0.000	-28.657 *	0.000
		W ₃	-70.093 *	0.000	11.677 *	0.000	-55.087 *	0.000
	W ₁	W ₀	87.027 *	0.000	-4.890 *	0.000	-2.897	0.960
		W ₂	34.777 *	0.000	6.067 *	0.000	-31.553 *	0.000
		W ₃	16.933 *	0.002	6.787 *	0.000	-57.983 *	0.000
	W ₂	W ₀	52.250 *	0.000	-10.957 *	0.000	28.657 *	0.000
		W ₁	-34.777 *	0.000	-6.067 *	0.000	31.553 *	0.000
		W ₃	-17.843 *	0.001	0.720	0.778	-26.430 *	0.000
	W ₃	W ₀	70.093 *	0.000	-11.677 *	0.000	55.087 *	0.000
		W ₁	-16.933 *	0.002	-6.787 *	0.000	57.983 *	0.000
		W ₂	17.843 *	0.001	-0.720	0.778	26.430 *	0.000

注:由于 L 及 W 间交互作用对 pH 值的影响均不显著,故表 2 中未添加 pH 值相关数据。

参考文献:

[1] 逢焕成. 我国节水灌溉技术现状与发展趋势分析[J]. 中国土壤与肥料,2006(5):1-6.

[2] 岳 兵. 渗灌技术存在问题与建议[J]. 灌溉排水,1997,16(2):42-46.

[3] 刘永青. 旱区苹果园地下痕量渗灌及根施 ABA 对果树生长和果实品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019:1-6.

[4] 韩懂懂,孙兆军,焦炳忠,等. 地下渗灌对枣树生长、产量和水分利用效率的影响[J]. 节水灌溉,2019(10):31-34.

[5] 张学优. 深层坑渗灌溉施肥制度对成龄葡萄土壤养分和生长特性影响研究[D]. 西安:西安理工大学,2018:1-7.

[6] 田 蒙. 渗灌施肥对嘎啦苹果生长发育及¹⁵N-尿素吸收利用的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2018:7-12.

[7] 李积铭,李和平,李爱国,等. 膜下滴灌和膜下渗灌对油菜生长发育影响比较[J]. 分子植物育种,2018,16(12):4119-4123.

表 3 渗灌位置及次数对土壤养分的效应分析(20~40 cm)

位置	灌水 次数	灌水 次数	速效氮含量		速效磷含量		速效钾含量		pH 值	
			均值差 (mg/kg)	P 值	均值差 (mg/kg)	P 值	均值差 (mg/kg)	P 值	均值差	P 值
L ₀	W ₀	W ₁	14.930 *	0.016	0.007	1.000	37.937 *	0.000	-0.263 *	0.002
		W ₂	16.343 *	0.007	3.877 *	0.000	-1.433	1.000	-0.597 *	0.000
		W ₃	36.017 *	0.000	9.283 *	0.000	18.093 *	0.004	-0.770 *	0.000
	W ₁	W ₀	-14.930 *	0.016	-0.007	1.000	-37.937 *	0.000	0.263 *	0.002
		W ₂	1.413	1.000	3.870 *	0.000	-39.370 *	0.000	-0.333 *	0.000
		W ₃	21.087 *	0.001	9.277 *	0.000	-19.843 *	0.001	-0.507 *	0.000
	W ₂	W ₀	-16.343 *	0.007	-3.877 *	0.000	1.433	1.000	0.597 *	0.000
		W ₁	-1.413	1.000	-3.870 *	0.000	39.370 *	0.000	0.333 *	0.000
		W ₃	19.673 *	0.001	5.407 *	0.000	19.527 *	0.002	-0.173	0.063
	W ₃	W ₀	-36.017 *	0.000	-9.283 *	0.000	-18.093 *	0.004	0.770 *	0.000
		W ₁	-21.087 *	0.001	-9.277 *	0.000	19.843 *	0.001	0.507 *	0.000
		W ₂	-19.673 *	0.001	-5.407 *	0.000	-19.527 *	0.002	0.173	0.063
L _{1/4}	W ₀	W ₁	-8.907	0.299	2.183 *	0.014	50.473 *	0.000	-0.197 *	0.026
		W ₂	-4.367	0.916	8.843 *	0.000	-11.993	0.088	-0.390 *	0.000
		W ₃	-37.033 *	0.000	10.540 *	0.000	-0.570	1.000	-0.400 *	0.000
	W ₁	W ₀	8.907	0.299	-2.183 *	0.014	-50.473 *	0.000	0.197 *	0.026
		W ₂	4.540	0.901	6.660 *	0.000	-62.467 *	0.000	-0.193 *	0.030
		W ₃	-28.127 *	0.000	8.357 *	0.000	-51.043 *	0.000	-0.203 *	0.020
	W ₂	W ₀	4.367	0.916	-8.843 *	0.000	11.993	0.088	0.390 *	0.000
		W ₁	-4.540	0.901	-6.660 *	0.000	62.467 *	0.000	0.193 *	0.030
		W ₃	-32.667 *	0.000	1.697	0.081	11.423	0.115	-0.010	1.000
	W ₃	W ₀	37.033 *	0.000	-10.540 *	0.000	0.570	1.000	0.400 *	0.000
		W ₁	28.127 *	0.000	-8.357 *	0.000	51.043 *	0.000	0.203 *	0.020
		W ₂	32.667 *	0.000	-1.697	0.081	-11.423	0.115	0.010	1.000
L _{1/2}	W ₀	W ₁	-80.910 *	0.000	1.100	0.462	1.703	0.999	-0.023	0.999
		W ₂	-50.883 *	0.000	6.070 *	0.000	-21.100 *	0.001	-0.373 *	0.000
		W ₃	-44.400 *	0.000	7.840 *	0.000	-5.673	0.789	-0.150	0.140
	W ₁	W ₀	80.910 *	0.000	-1.100	0.462	-1.703	0.999	0.023	0.999
		W ₂	30.027 *	0.000	4.970 *	0.000	-22.803 *	0.000	-0.350 *	0.000
		W ₃	36.510 *	0.000	6.740 *	0.000	-7.377	0.539	-0.127	0.285
	W ₂	W ₀	50.883 *	0.000	-6.070 *	0.000	21.100 *	0.001	0.373 *	0.000
		W ₁	-30.027 *	0.000	-4.970 *	0.000	22.803 *	0.000	0.350 *	0.000
		W ₃	6.483	0.648	1.770	0.062	15.427 *	0.015	0.223 *	0.009
	W ₃	W ₀	44.400 *	0.000	-7.840 *	0.000	5.673	0.789	0.150	0.140
		W ₁	-36.510 *	0.000	-6.740 *	0.000	7.377	0.539	0.127	0.285
		W ₂	-6.483	0.648	-1.770	0.062	-15.427 *	0.015	-0.223 *	0.009

[8] 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.

[9] 李文,叶旭红,韩冰,等. 不同灌溉方式下3种土壤微生物活性测定方法比较[J]. 生态学报,2017,37(12):4084-4090.

[10] 韩琳,张玉龙,金烁,等. 灌溉模式对保护地土壤可溶性有机碳与微生物量碳的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(8):1625-1633.

[11] 杨洋. 灌溉方式对设施土壤腐殖质含量及其组分的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2017:4-6.

[12] 马筱建,孙景生,刘浩,等. 不同方式加气灌溉对温室芹菜生长及产量的影响研究[J]. 灌溉排水学报,2018,37(4):29-33.

[13] 孙伊博,张清涛,王垚,等. 旱区“环状毛细芯渗灌”对葡萄生长发育和果实品质的影响研究[J]. 干旱地区农业研究,2018,36(3):1-8.

[14] 艾则提古力·阿里木,肯吉古丽·苏力旦. 不同渗灌处理对甜瓜品质及水分利用率的影响研究[J]. 中国果菜,2019,39(2):19-22,29.

[15] 李炎. 不同灌水条件下地下渗灌试验研究[J]. 节水灌溉,2016(5):57-59,64.

[16] 范庆锋,张玉龙,张玉玲,等. 不同灌溉方式对设施土壤交换性盐基组成及比例的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(1):264-268.

王月娥,牛艳慧,钟镇涛,等. 艾比湖湿地黏细菌的分离鉴定及其抗菌活性[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):234-242.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.041

艾比湖湿地黏细菌的分离鉴定及其抗菌活性

王月娥,牛艳慧,钟镇涛,胡文革,李 杨

(石河子大学生命科学学院,新疆石河子 832000)

摘要:为了探究艾比湖湿地可培养黏细菌多样性及该地区黏细菌菌株对病原微生物的拮抗作用。通过传统的黏细菌分离方法对采自艾比湖湿地 15 份样品中的黏细菌进行分离,结合形态学观察、生理生化特征和 16S rDNA 序列分析,确定菌株的分类地位,并通过平板对峙法分析其抗菌活性。试验结果表明,从采集的 15 份样品中共分离纯化出 22 株疑似菌株,经鉴定将其归类为黏球菌属,其中 6 株为橙色黏球菌(*Myxococcus fulvus*),14 株为变绿黏球菌(*M. virescens*),2 株只鉴定到属(*Myxococcus* sp.)。抗菌活性分析显示,22 株黏细菌表现出不同的抗菌活性,其中 14 株可以抑制金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)的生长,14 株黏细菌均可抑制沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*)和大肠杆菌(*Escherichia coli*)的生长,15 株对枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)的生长表现出抑制作用,17 株可以抑制酿酒酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*)的生长,11 株能够抑制链格孢菌(*Alternaria alternata*)的生长。艾比湖湿地可培养黏细菌多样性不高,且黏球菌属为该地区可培养黏细菌的优势种属。初步筛选出的 2 株黏细菌菌株 WCX_LG-5 和 TF_YJC-1,具有广谱的抗菌活性,是一类极具开发潜力的微生物资源。

关键词:艾比湖湿地;黏细菌;病原微生物;抗菌活性

中图分类号:S182

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2022)08-0234-09

植物病害是影响国家粮食安全和作物生产力的主要因素之一,对作物的生长发育和产量有较大的影响,造成巨大的经济损失^[1],其中 70%~80% 的病害由病原真菌所致^[2-3],其生物防治的研究具有很大的现实意义。研究表明,芽孢杆菌(*Bacillus*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、溶杆菌属(*Lysobacter*)、木霉属(*Trichoderma*)和腐霉属(*Pythium*)等病菌产生的毒素、抗生素及蛋白质类物

质等代谢产物能够抑制植物病原菌的生长,其中枯草芽孢杆菌等已被开发为微生物菌剂,应用于农业生产中病害的控制^[4-6]。然而,次级代谢产物的产生受到环境因素的影响,这使得拮抗菌株在田间的防治效果较差^[7]。目前,大量研究表明在动物病害及虫害的防治过程中,利用其天敌和捕食关系进行病害防治,可达到较好的防治效果^[8-9]。然而,微生物中也存在大量的捕食者,如蛭弧菌属(*Bdellovibrio*)、拟杆菌门(*Bacteroidetes*)、溶杆菌属(*Lysobacter*)和黏细菌目(*Myxococcales*)等^[10-12]。其中,黏细菌对病原微生物的捕食特性使其在植物病害防治方面具有较大的潜力,被视为新型的生防微生物类群^[13]。

收稿日期:2021-07-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:32060002)。

作者简介:王月娥(1993—),女,新疆昌吉人,硕士研究生,研究方向为微生物资源多样性。E-mail:wyec0815abc@163.com。

通信作者:胡文革,博士,教授,研究方向为极端环境微生物资源及多样性。E-mail:hwg-t@163.com。

[17]韩 冰,叶旭红,张西超,等. 不同灌溉方式设施土壤 N₂O 排放特征及其影响因素[J]. 水土保持学报,2016,30(5):310-315,321.

[18]杜凤焕,范凤翠,张 哲,等. 负压渗灌条件下不同供水吸力对茄子生长及产量的影响[J]. 节水灌溉,2019(9):53-57.

[19]范庆锋,张玉龙,张玉玲,等. 不同灌溉方式下设施土壤硝态氮的积累特征及其环境影响[J]. 农业环境科学学报,2017,36(11):2281-2286.

[20]何玉琴,成自勇,张 芮,等. 不同微润灌溉处理对玉米生长和产量的影响[J]. 华南农业大学学报,2012,33(4):566-569.

[21]宋文品,王志敏,陈晓丽,等. 深层渗灌对冬小麦蒸散动态及水分

利用效率的影响[J]. 麦类作物学报,2016,36(7):896-905.

[22]孙巧玉,刘 勇. 控释肥和灌溉方式对栓皮栎容器苗苗木质量及造林效果的影响[J]. 林业科学研究,2018,31(5):137-144.

[23]作 峰,王富斌,宰松梅,等. 玉米秸秆复合渗灌管研制及渗水性能研究[J]. 农业工程学报,2019,35(14):98-104.

[24]余 杨,许文其,宋时雨,等. 红壤粒径肥料浓度和灌溉方式对不同灌水器堵塞的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(15):92-99.

[25]张西超,叶旭红,韩 冰,等. 灌溉方式对设施土壤温室气体排放的影响[J]. 环境科学研究,2016,29(10):1487-1496.