

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.24027

施氮量和微生物菌肥对河套灌区盐碱地向日葵 氮素吸收利用和产量的影响

赵浩庚^{1, 2}, 李立军^{1*}, 尹春艳^{2*}, 赵 举², 杨金虎¹,
周 洋¹, 金 鑫¹, 聂晓雪¹, 毕路广¹

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;
2. 内蒙古自治区农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

摘 要: 土壤盐碱化严重影响土壤养分利用与生产力提升, 为阐明不同施氮量和微生物菌肥对盐碱地土壤盐分、向日葵氮素吸收利用规律和产量的影响, 以河套灌区盐碱土壤为研究对象开展大田试验, 设置微生物菌肥和施氮量两个因素, 不施用微生物菌肥 (A0), 施用微生物菌肥 [A1 (7.5 t/hm²)]; 施氮量 [0 kg/hm² (N0), 210 kg/hm² (N1), 420 kg/hm² (N2)]。结果表明: (1) 低氮显著降低土壤电导率, 低氮处理的土壤电导率较不施氮和高氮处理分别降低 0.5 ~ 0.8 和 0.7 ~ 1.2 dS/m, 而高氮显著提高土壤 pH, 高氮处理较不施氮处理的 pH 提高 0.2 ~ 0.3; 施用微生物菌肥土壤 pH 和电导率降低, 与不施微生物菌肥处理相比, 施用微生物菌肥显著降低了高氮处理的土壤电导率。(2) 适量增施氮肥可显著增加向日葵产量, 低氮较不施氮和高氮处理籽粒产量增加 49.3% ~ 72.6% 和 6.1% ~ 8.9%, 低氮配施微生物菌肥处理的籽粒产量最佳, 为 4695.0 ~ 4855.1 kg/hm²。(3) 施氮促进向日葵植株对氮素的吸收, 达到一定施氮水平后, 继续施用氮肥植株对氮素的吸收效果不显著, 随着施氮量增加氮肥利用效率降低; 施用微生物菌肥显著提高了不施氮处理的植株氮素含量, 低氮配施微生物菌肥显著提高了氮肥利用效率。(4) 低氮处理较高氮处理氮素损失减少 175.7 ~ 177.7 kg/hm², 添加微生物菌肥进一步减少氮素损失 19.9% ~ 34.2%。综上所述, 综合土壤脱盐和作物产量、氮肥利用效率及氮素表现平衡等因素, 微生物菌肥配施 210 kg/hm² 施氮量是西北内陆盐碱化及相似区域农田的适宜施肥方式。

关键词: 盐碱地; 施氮量; 微生物菌肥; 氮肥吸收利用效率; 向日葵产量

土壤盐碱化作为一个全球性的问题, 通过改变土壤理化性状及微生物分布来影响氮素养分循环^[1], 在农业生产中面临农田土壤次生盐渍化易发、肥料吸收利用率低、作物产量和品质下降等诸多问题, 已严重影响到农业生态系统的稳定性和农业经济的发展^[2]。目前, 在内蒙古河套灌区有 37.3 万多 hm² 耕地呈现不同程度盐渍化, 中度和重度盐碱化耕地达到 23.3 万多 hm², 此外, 还有 5.3 万多

hm² 的盐碱荒地^[3], 其生态环境脆弱, 农业开发受到土壤盐碱化、肥力低, 淡水资源时空分布不均等因素制约, 成为阻碍土地资源利用、区域粮食 (草) 安全以及绿色高效农业可持续发展的关键问题^[4]。

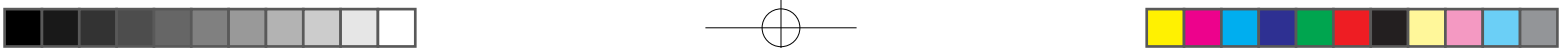
氮是植物生长发育必需的大量营养元素之一, 施氮量对作物产量和生物量有重要影响。研究表明, 黑土区玉米施氮量高于 240 kg/hm² 时, 产量有减少趋势^[5]; 陈语等^[6] 研究发现, 施用氮肥显著增加黄壤土中的玉米产量, 传统施氮与减氮 30% 产量无显著差异; 段文学^[7] 的研究报道, 旱地小麦的产量和生物量在施氮量为 150 kg/hm² 时最高, 在此基础上施氮量持续增加, 籽粒产量慢慢降低, 氮肥生产力和氮肥农学效率显著降低。综上所述, 非盐碱地中作物产量和氮肥利用效率对氮肥的响应可能因土壤类型、施氮水平以及作物种类而异, 而且河套灌区农户种植过程中的氮肥施用量达 600 kg/hm², 远超作物最佳施氮量^[8], 因此, 研究河套灌区盐碱农田向日葵的适宜施氮量具有一定现实意义。

收稿日期: 2024-01-17; 录用日期: 2024-05-12

基金项目: 鄂尔多斯市重大科技专项 (2022EEDSKJZDX011); 内蒙古自治区科技计划项目 (2022YFXZ0031); 内蒙古自治区 2024 年度“草原英才”工程专项资金; 内蒙古自治区农牧业科技创新基金项目 (批准号: 2023CXJJN14); 内蒙古自治区自然科学基金项目 (批准号: 2023ZD28)。

作者简介: 赵浩庚 (1999-), 硕士研究生, 从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail: 15147657620@emails.imau.edu.cn。

通讯作者: 李立军, E-mail: imaulj@163.com; 尹春艳, E-mail: ycyliuhu@163.com。



微生物菌肥中的有益微生物通过自身代谢以促进养分转化,强化固氮,改善作物生存环境,降低作物对化肥的依赖性^[9]。目前多位学者证明了生物肥料可以促进作物对养分的吸收,提高作物产量。例如吕爱英等^[10]对辣椒和花生的研究结果表明,施用生物菌肥显著降低氮肥的施用量,对植株养分吸收有明显改善作用;张生田^[11]发现,生物有机肥有效促进蔬菜生长发育,提高蔬菜产量;郑剑超等^[12]探讨了化肥减量配施微生物菌肥对番茄生长和肥料利用率的影响,研究表明,化肥减施40%配施微生物菌肥处理的氮肥利用效率最高,化肥减施20%配施微生物菌肥的番茄产量最高。张金东^[13]的研究结果表明,不同比例生物菌肥和化肥配施的氮素吸收利用率均显著高于化肥单施处理,70%的化肥与30%的生物菌肥配施的施肥模式,有助于促进不同类型粳稻品种的生长发育和产量提高。但河套灌区盐碱农田鲜有关于施氮量和微生物菌肥两种因素单独/同时对向日葵氮素吸收规律和产量的研究。本研究开展不同施氮量条件下配

施微生物菌肥试验,分析施氮量和微生物菌肥对盐碱农田改良、作物氮素吸收利用规律和氮素平衡的影响,探究微生物菌肥减氮施肥效应,以期为河套灌区盐碱农田氮肥和微生物菌肥的合理配施模式提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

大田试验于2021—2022年在内蒙古自治区巴彦淖尔市杭锦后旗三道桥镇澄泥村(40°49'42.7"N, 106°54'28.5"E)进行,试验区位于河套平原,属于典型的寒旱地区,平均年降水量135.9 mm,自东南向西北递减,7—8月降水最丰沛。当地年均气温8.7℃,蒸发量1984.3 mm,无霜期152 d左右,年日照时数3220 h以上,积温3520℃以上,日照率达73%,盐渍土以氯化物—硫酸盐为主,表层土壤为砂壤土,深层土壤多为黏壤土,土壤盐分离子组成主要为Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻。试验土壤理化指标如表1所示。

表1 土壤理化指标

pH	电导率 (dS/m)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	硝态氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)	无机氮 (mg/kg)
8.0	2.4	17.20	0.78	21.35	18.88	13.79	32.67

1.2 试验设计

田间试验小区面积为36 m²,四周采用薄膜隔离,试验处理为:不施用微生物菌肥(A0),施用微生物菌肥[A1(7.5 t/hm²)];施氮量[0 kg/hm²(N0), 210 kg/hm²(N1), 420 kg/hm²(N2)]。每个处理设置3次重复,氮肥在开花期追肥施用,基肥不做处理,氮、磷、钾肥用量为N-P₂O₅-K₂O=126-125-75 kg/hm²,肥料施用方式均为直接翻耕入田。种植作物为向日葵(绿野二号),氮肥用尿素(N 46%),磷肥用过磷酸钙(P₂O₅ 12%),钾肥用硫酸钾(K₂O 52%);供试复合微生物菌肥为优菌1号,供试菌肥由潍坊某公司提供,主要菌种包括:菌根真菌5%,固氮菌20%,巨大芽孢杆菌10%,枯草芽孢杆菌10%,胶质芽孢杆菌15%,地衣芽孢杆菌5%,泾阳链霉菌5%,有益活菌数≥5×10⁸ CFU/g,(实际菌含量1×10⁹ CFU/g),有机质≥60%。试验编号见表2。

表2 试验处理

微生物菌肥	施氮量(kg/hm ²)	处理编号
不施用微生物菌肥 (A0)	0(N0)	A0N0
	210(N1)	A0N1
	420(N2)	A0N2
施用微生物菌肥 (7.5 t/hm ²)(A1)	0(N0)	A1N0
	210(N1)	A1N1
	420(N2)	A1N2

1.3 测定方法与氮素指标计算

于向日葵播前和收获期在各试验小区0~20 cm土层钻取土样,播前土壤测定pH、电导率(EC)、铵态氮、硝态氮、有机质、有效磷和速效钾含量,收获期测定土壤铵态氮、硝态氮、全氮、pH、EC,植株测定各小区的向日葵籽粒产量和植株生物量、植株含氮量、籽粒含氮量。

土壤EC和pH值采用电位法测定;土壤铵态氮含量采用纳氏试剂比色法测定^[14];土壤硝态氮含量采用双波长紫外分光光度法测定^[15];土壤全氮

含量采用半微量凯氏定氮法测定；植株全氮含量采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮凯氏定氮法测定；土壤有机质采用重铬酸钾体积外加热法测定；土壤有效磷采用 0.5 mol/L NaHCO_3 法测定^[16]。

各指标的计算公式如下^[17-19]：

土壤无机氮含量 (mg/kg) = 土壤铵态氮含量 + 土壤硝态氮含量

氮肥偏生产力 (kg/kg) = 施氮区籽粒产量 / 施氮量

氮肥农学利用率 (kg/kg) = (施氮区籽粒产量 - 不施氮区籽粒产量) / 施氮量

氮肥吸收利用率 (%) = (施氮区植株总吸氮量 - 无氮区植株总吸氮量) / 施氮量 × 100

氮肥贡献率 (%) = (施氮区籽粒产量 - 不施氮区籽粒产量) / 施氮区籽粒产量 × 100

氮素表观平衡 (kg/hm²) = (施氮量 + 土壤起始无机氮积累量) - (作物收获带走氮量 - 收获后土壤无机氮残留量)

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据计算；采用 Origin Pro 2023 进行图表绘制，采用 SPSS 19.0 进行方差分析，

单因素方差分析选用 Duncan 检验法 ($P<0.05$)，双因素方差分析选用 Duncan 检验法 ($P<0.05$ 和 $P<0.01$)。

2 结果与分析

2.1 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田土壤 pH 和 EC 的影响

在不施用微生物菌肥条件下，2021 和 2022 年高氮处理 (A0N2) 较不施氮处理 (A0N0) 土壤 pH 显著提高了 0.2 ~ 0.3 ($P<0.05$)，土壤电导率表现为 A0N2>A0N0>A0N1，其中低氮处理 (A0N1) 较不施氮 (A0N0) 和高氮处理 (A0N2) 分别显著降低了 0.5 ~ 0.8 和 0.7 ~ 1.2 dS/m ($P<0.05$)。施用微生物菌肥条件下，随着施氮量的增加土壤 pH 略有升高，但 2021 年处理间差异不显著 ($P>0.05$)，2022 年 A1N0 与 A1N2 间存在显著性差异 ($P<0.05$)，土壤电导率表现为 A1N0>A1N2>A1N1，其中低氮处理 (A1N1) 较不施氮 (A1N0) 和高氮处理 (A1N2) 分别显著降低了 0.5 ~ 0.7 和 0.1 dS/m ($P<0.05$)。在不同施氮量条件下，施用微生物菌肥处理 A1N0 的土壤 pH 和 A1N1 的土壤电导率最低。相同施氮量下，施用微生物菌肥处理 (A1) 较未施处理 (A0) 土壤 pH 和电导率均降低，这说明微生物菌肥对改善土壤盐碱环境有一定的积极影响。

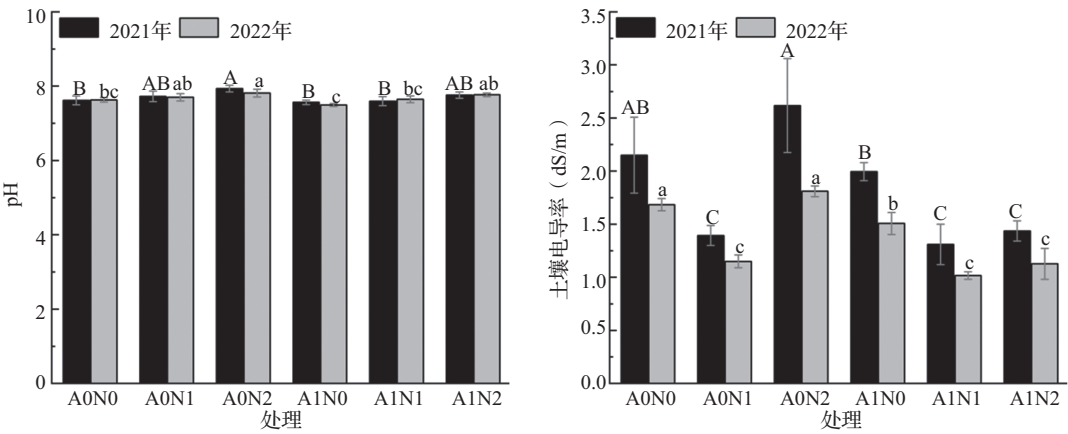


图 1 不同施肥处理对向日葵收获期土壤 pH 和 EC 的影响

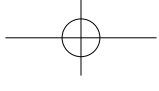
注：大写和小写字母不同分别表示不同处理间在 2021 和 2022 年存在显著性差异 ($P<0.05$)。下同。

表 3 为施氮量和微生物菌肥对土壤 pH 和 EC 影响的显著性分析，结果表明，两年试验中微生物菌肥对土壤电导率影响极显著 ($P<0.01$)，首年施用微生物菌肥土壤 pH 变化显著 ($P<0.05$)，施氮量对 pH 和土壤电导率均有极显著影响 ($P<0.01$)，微生物菌肥和施氮量的交互作用对土壤电导率影响极显著 ($P<0.01$)。

表 3 施氮量和微生物菌肥对土壤 pH 和 EC 影响的双因素方差分析

处理	2021 年		2022 年	
	pH	EC	pH	EC
微生物菌肥 (A)	5.59*	9.59**	4.55	29.10**
施氮量 (N)	9.15**	15.23**	12.71**	60.04**
A × N	0.51	11.81**	0.61	40.35**

注：* 表示 $P<0.05$ ，** 表示 $P<0.01$ 。下同。



2.2 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田氮肥利用率的影响

微生物菌肥和施氮量对向日葵氮肥吸收利用率、氮肥偏生产力、氮肥农学利用效率和氮肥贡献率均有极显著影响 ($P<0.01$) (表 4)。在不施用微生物菌肥条件下, 施氮量增加向日葵氮肥利用效率相关指标均有所降低, 受产量因素的影响, 低氮处理 (A0N1) 的氮肥偏生产力、氮肥农学利用率和氮肥贡献率显著高于高氮处理 (A0N2) ($P<0.05$), 受植株氮素吸收量和施氮量的综合影响, 低氮处

理 (A0N1) 较高氮处理 (A0N2) 显著提高了氮肥吸收利用率 58.0% ~ 66.0% ($P<0.05$)。施用微生物菌肥条件下, 低氮处理 (A1N1) 的氮肥吸收利用率、氮肥偏生产力、氮肥农学利用率和氮肥贡献率均显著高于高氮处理 (A1N2) ($P<0.05$)。在施用氮肥条件下, 所有指标中均以低氮配施菌肥处理 (A1N1) 最高, 相同施氮量下, 施用微生物菌肥处理 (A1) 较未施处理 (A0) 氮肥偏生产力、氮肥农学利用率和氮肥贡献率显著提高 ($P<0.05$)。

表 4 施氮量和微生物菌肥对向日葵氮肥利用效率的影响

处理	氮肥吸收利用率 (%)		氮肥偏生产力 (kg/kg)		氮肥农学利用率 (kg/kg)		氮肥贡献率 (%)	
	2021 年	2022 年	2021 年	2022 年	2021 年	2022 年	2021 年	2022 年
A0N1	35.30b	34.53a	18.78b	17.52b	6.20b	7.37b	33.00c	41.98c
A0N2	21.27c	21.86b	8.85d	8.05d	2.56d	2.97d	28.83d	36.83d
A1N1	48.75a	41.43a	22.90a	22.15a	10.32a	11.99a	45.06a	54.13a
A1N2	25.72c	24.73b	10.66c	9.72c	4.37c	4.64c	40.94b	47.71b
微生物菌肥 (A)	13.65**	4.98	360.23**	120.50**	360.23**	120.50**	161.82**	103.22**
施氮量 (N)	60.02**	44.92**	5036.67**	1458.34**	942.95**	419.59**	19.05**	26.05**
A × N	4.00	0.84	54.86**	26.43**	54.86**	26.43**	0.00**	0.31

注: 同列数据后不同小写字母代表处理间存在显著性差异 ($P<0.05$)。

2.3 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田土壤氮素含量和氮素平衡的影响

2.3.1 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田土壤无机氮含量的影响

不同施氮量和微生物菌肥对土壤氮素含量影响极显著 ($P<0.01$), 两者交互作用对 2021 年的土壤氮素含量影响极显著 ($P<0.01$) (表 5)。不施用微生物菌肥条件下, 施氮肥处理 (A0N1、A0N2) 可以显著提高土壤无机氮含量 ($P<0.05$), 2021 和 2022 年的土壤无机氮含量均表现为 A0N2>A0N1>A0N0, 处理间差异显著 ($P<0.05$)。添加微生物菌肥条件下, 土壤无机氮含量亦随着施氮量增加而升高, 施氮处理 (A1N1、A1N2) 显著高于不施氮处理 (A1N0), 高氮处理 (A1N2) 的土壤无机氮含量显著高于不施氮 (A1N0) 和低氮处理 (A1N1) ($P<0.05$), 在相同施氮量下, 收获期土壤铵态氮、硝态氮和无机态氮含量施用微生物菌肥处理 (A1) 显著高于未施处理 (A0), 不施氮处理间差异不显著 ($P>0.05$), 两年数据表明, 土壤无机氮含量均表现为 A1N2>A0N2>A1N1>A0N1>A1N0>A0N1。

2.3.2 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田向日葵氮素吸收和土壤氮素表观平衡的影响

施氮量和微生物菌肥对向日葵植株氮素吸收量和土壤氮素表观平衡影响极显著 ($P<0.01$) (表 6 和表 7)。不施用微生物菌肥条件下, 施氮量增大, 向日葵植株氮素吸收量和氮素表观损失量显著增加 ($P<0.05$), 高氮处理 (A0N2) 较不施氮处理 (A0N0) 和低氮处理 (A0N1) 分别显著提高了向日葵氮素吸收量 127.9% ~ 147.0% 和 12.5% ~ 13.4% ($P<0.05$), 施氮处理 A0N1 与 A0N2 间植株氮素吸收量差异不显著 ($P>0.05$), 低氮处理 (A0N1) 较高氮处理 (A0N2) 氮素表观损失量显著降低 175.7 ~ 177.7 kg/hm² ($P<0.05$)。施用微生物菌肥条件下, 向日葵氮素吸收量和氮素表观损失量也随施氮量增加而增多, 高氮处理 (A1N2) 较不施氮处理 (A1N0) 和低氮处理 (A1N1) 分别提高了向日葵氮素吸收量 90.2% ~ 91.9% 和 3.4% ~ 10.6%, 低氮处理 (A1N1) 较高氮处理 (A1N2) 氮素表观损失量显著降低了 178.6% ~ 186.8 kg/hm² ($P<0.05$)。在不施用氮肥条件下, 施用微生物菌肥处理

表 5 施氮量和微生物菌肥对向日葵收获期土壤氮素含量的影响 (mg/kg)

处理	铵态氮含量		硝态氮含量		无机氮含量	
	2021 年	2022 年	2021 年	2022 年	2021 年	2022 年
A0N0	9.68 ± 0.25e	7.73 ± 0.08d	3.08 ± 0.10e	2.02 ± 0.12e	12.77 ± 0.14e	9.75 ± 0.04e
A0N1	15.38 ± 0.85d	11.52 ± 0.10c	5.25 ± 0.05d	4.92 ± 0.49d	20.63 ± 0.80d	16.43 ± 0.46d
A0N2	19.77 ± 0.16b	14.20 ± 0.65b	6.75 ± 0.42b	6.65 ± 0.39b	26.51 ± 0.39b	20.85 ± 0.58b
A1N0	9.53 ± 0.49e	7.58 ± 0.66d	3.45 ± 0.05e	2.41 ± 0.11e	12.98 ± 0.52e	9.99 ± 0.70e
A1N1	17.28 ± 0.66c	12.34 ± 0.57c	6.18 ± 0.33c	5.63 ± 0.36c	23.47 ± 0.58c	17.98 ± 0.92c
A1N2	20.95 ± 0.09a	15.20 ± 0.38a	8.57 ± 0.13a	7.73 ± 0.28a	29.52 ± 0.07a	22.93 ± 0.21a
微生物菌肥 (A)	23.06**	6.27*	93.62**	23.19**	77.38**	23.42**
施氮量 (N)	948.86**	336.54**	557.76**	363.65**	1472.52**	687.61**
A × N	8.70**	2.57	15.52**	1.75	15.46**	4.22*

表 6 2021 年施氮量和微生物菌肥对向日葵氮平衡的影响 (kg/hm²)

处理	氮输入			氮输出			氮素表观平衡
	初始无机氮	肥料投入氮	总输入	作物吸收	残留无机氮	总输出	
A0N0	94.74	0	94.74	62.65 ± 1.36d	37.02	99.67	-4.93 ± 1.72e
A0N1	94.74	210	304.74	137.48 ± 9.07b	59.84	197.32	107.42 ± 9.77c
A0N2	94.74	420	514.74	154.72 ± 14.21ab	76.89	231.61	283.13 ± 14.44a
A1N0	94.74	0	94.74	89.15 ± 5.87c	37.65	126.80	-32.06 ± 7.37f
A1N1	94.74	210	304.74	166.01 ± 10.44a	68.06	234.07	70.68 ± 10.96d
A1N2	94.74	420	514.74	171.70 ± 15.43a	85.60	257.30	257.43 ± 15.26b
微生物菌肥 (A)				23.31**			33.71**
施氮量 (N)				121.41**			1073.75**
A × N				0.51			0.46

表 7 2022 年施氮量和微生物菌肥对向日葵氮平衡的影响 (kg/hm²)

处理	氮输入			氮输出			氮素表观平衡
	初始无机氮	肥料投入氮	总输入	作物吸收	残留无机氮	总输出	
A0N0	79.15	0	79.15	72.45 ± 12.03d	28.28	100.72	-21.57 ± 12.16e
A0N1	79.15	210	289.15	145.65 ± 9.76b	47.66	193.31	95.84 ± 8.93c
A0N2	79.15	420	499.15	165.12 ± 16.15ab	60.47	225.58	273.57 ± 17.76a
A1N0	79.15	0	79.15	93.22 ± 3.98c	28.98	122.19	-43.04 ± 6.00f
A1N1	79.15	210	289.15	160.28 ± 8.19ab	52.13	212.41	76.74 ± 7.28d
A1N2	79.15	420	499.15	177.31 ± 11.19a	66.51	243.82	255.33 ± 11.80b
微生物菌肥 (A)				9.58**			13.46**
施氮量 (N)				110.53**			1041.47**
A × N				0.25			0.03

(A1N0) 较未施用处理 (A0N0) 显著提高了向日葵氮素吸收量 28.7% ~ 42.3% ($P<0.05$) ; 施用氮肥条件下, 施用微生物菌肥处理 (A1N1、A1N2) 较未施用处理 (A0N1、A0N2) 分别提高了向日葵氮素吸收量 10.0% ~ 20.8% (N1) 和 7.4% ~ 11.0% (N2) , 降低氮素损失量 19.9% ~ 34.2% (N1) 和 6.7% ~ 9.1% (N2) , 其中, A1N1 处理较 A1N2 处理表现出更好的减少氮素损失的能力, 在 2021 和 2022 年分别减少了 186.8 和 178.6 kg/hm² ($P<0.05$) 。

2.4 施氮量和微生物菌肥对盐碱农田向日葵产量的影响

如图 2 所示, 不添加微生物菌肥条件下, 施氮可以显著增加向日葵籽粒产量, 2021 和 2022 年的籽粒产量随施氮量的变化趋势一致, 均表现为低氮处理 (A0N1) 产量最大, 低氮处理 (A0N1) 较不施氮处理 (A0N0) 和高氮处理 (A0N2) 产量分别显著增加了 49.3% ~ 72.6% 和 6.1% ~ 8.9% ($P<0.05$) , 而生物量随施氮量的增加而显著增加, 高氮处

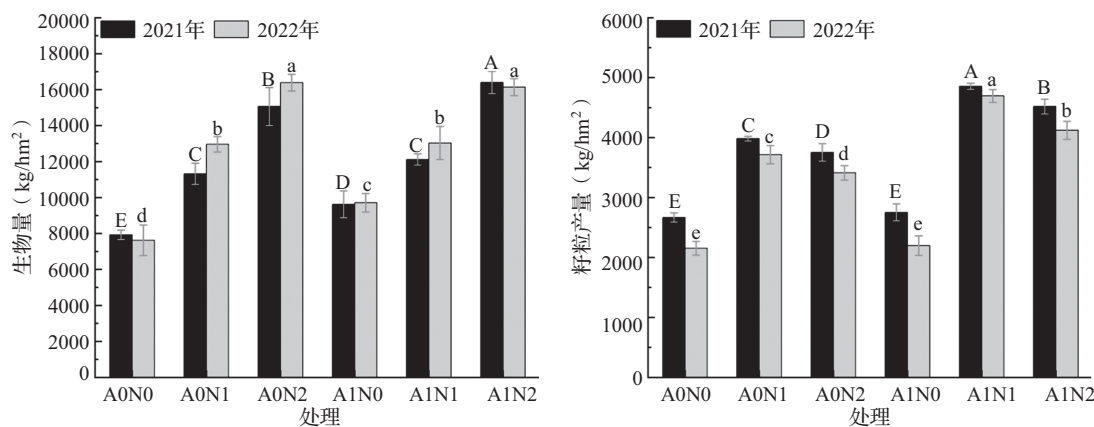
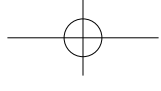


图2 不同施肥处理对向日葵产量的影响

理 (A0N2) 显著高于不施氮 (A0N0) 和低氮处理 (A0N1)。施用微生物菌肥条件下, 籽粒产量表现为 A1N1>A1N2>A1N0, 生物量表现为 A1N2>A1N1>A1N0, 低氮处理 (A1N1) 较不施氮处理 (A1N0) 和高氮处理 (A1N2) 籽粒产量分别显著增加了 76.5% ~ 113.6% 和 7.5% ~ 13.9% ($P<0.05$)。在相同施氮量条件下, 施氮肥处理的籽粒产量均表现为施用微生物菌肥处理 (A1) 显著高于未施处理 (A0) ($P<0.05$), A1N1 处理籽粒产量最大, 微生物菌肥单独施用对籽粒产量的影响并不显著 ($P>0.05$), 却显著提高了生物量 ($P<0.05$)。

表 8 为施氮量和微生物菌肥对向日葵生物量和籽粒产量影响的显著性分析, 结果表明, 两年试验中微生物菌肥对籽粒产量影响极显著 ($P<0.01$), 2021 年施用微生物菌肥生物量变化极显著 ($P<0.01$), 施氮量对生物量和籽粒产量均有极显著影响 ($P<0.01$), 微生物菌肥和施氮量的交互作用对籽粒产量影响极显著 ($P<0.01$), 对 2022 年的生物产量影响显著 ($P<0.05$)。

表 8 施氮量和微生物菌肥对土壤 pH 和 EC 影响的双因素方差分析

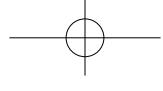
处理	2021 年		2022 年	
	生物量	籽粒产量	生物量	籽粒产量
微生物菌肥 (A)	17.008**	107.344**	4.480	80.788**
施氮量 (N)	170.025**	363.097**	213.553**	367.404**
A × N	0.714	19.862**	5.903*	18.653**

3 讨论

3.1 施氮量和微生物菌肥对盐碱土壤环境因子和氮素平衡的影响

施氮通过改变土壤中微生物的种类和数量、土

壤酸碱度以及土壤水分保持能力, 导致土壤养分含量、土壤容重和土壤微生物等土壤性状发生变化, 从而对盐分变化规律产生影响^[20]。前人对不同施氮量下土壤盐分含量变化的研究结果并不一致。有学者研究表明, 施氮使土壤积累大量养分, 导致 0 ~ 20 cm 表土层盐分累积加速, 因此土壤盐分随施氮量增加而增大^[21-22]。而闫建文^[23]则认为, 轻度盐分土壤, 随施氮量增加土壤电导率降低; 中度盐分土壤, 随施氮量增加土壤电导率增加。而本试验中, 施氮对土壤盐分含量变化的影响表现出“少肥脱盐, 肥过聚盐”的特点^[20], 即低氮处理降低了土壤盐分, 而高氮处理显著提高了土壤盐分。这可能是因为施氮促进了作物的根系生长, 有助于增强作物产生生理抗逆能力, 提高根系的吸收效率, 能起到一定的吸盐作用, 同时土壤中繁茂的根系还可以在在一定程度上阻碍盐分的上升, 但大量施用氮肥会增加土壤盐分含量, 产生一定积盐作用^[24]。氮肥施入土壤中受水解作用的影响, 增加了土壤中铵态氮的含量, 造成土体内 pH 的逐渐增加^[25]。本试验中, 土壤 pH 随施氮量的增加而上升, 且高氮处理显著高于不施氮处理, 本试验结果与马丽娜等^[26]的研究结果一致。微生物菌肥在盐碱农田中表现优异, 微生物肥料的施用能明显减少土壤表层水分蒸发, 抑制盐分随水流动而在土壤浅层积累, 有利于土壤盐分降低^[27-28]。微生物菌肥对盐碱产生影响的原因一方面是因为本研究选择的微生物菌肥偏酸性, 施入土壤后发生酸碱中和反应, 从而降低了土壤碱度; 另一方面, 微生物菌肥中含有大量的功能微生物, 在其生命进程中通过分泌酸性代谢物质来中和碱成分, 从而降低土壤盐碱度^[29]。叶静等^[30]认为生物有机肥和活性微藻肥显著改善土

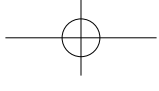


壤电导率,相较于未施肥土壤,玉米大喇叭口期盐分含量降低了 10.46%,成熟期降低 22.02%,菌肥降盐效果显著。段淇斌等^[31]研究发现,施用不同种类的微生物菌肥均可降低土壤盐碱成分。亦有研究表明,施用微生物菌肥后滨海盐碱土 pH 降至中性^[32]。本试验中,添加微生物菌肥降低了施氮处理的 pH 和电导率,但微生物菌肥对 pH 的影响并不显著,这可能与试验周期较短有关,需要后续试验继续证明。施氮量是影响氮素有效性的主要因素之一,氮素的形态与含量直接反映其对作物的营养供应能力^[33]。一般情况下,添加外源氮肥可以提高土壤脲酶和蛋白酶活性,从而促进矿化作用形成铵态氮^[34]。已有研究结果表明,施用氮肥的多少决定了土壤中无机氮的含量^[35-37]。本试验同样表明,盐碱农田中施氮显著增加土壤无机氮含量。有机肥料和无机肥料配施能促进有机肥料分解释放养分,又能减少无机肥料对养分的固定,从而提高土壤养分含量和肥料利用效率^[38]。张辉等^[39]的研究表明,生物有机肥与化肥相比可以显著提高土壤速效养分含量,促进土壤微生物和酶的活性。生物肥配施化肥可以有效提高土壤养分含量,改善土壤结构,提高土壤肥力^[40],与本研究结果一致。河套灌区以大水漫灌为主,硝态氮极易溶于水,高氮添加使土壤残留较多的硝态氮和铵态氮含量,不但容易发生淋失造成地下水污染,而且造成极大的肥料损失。因此,应用生物菌肥替代部分氮肥的基础是选择合适的施肥时期,在作物需氮时期进行合理的减量追肥,能为作物提供充足的养分,提高肥料利用效率,减少氮素损失。土壤的氮投入一般包括化肥氮素,氮输出包括向日葵地上部的氮吸收量,土壤氮素表观平衡是通过计算土壤起始无机氮含量与氮素投入量之和,再减去收获后向日葵地上部氮吸收量及土壤残留无机氮含量的总和来确定的,不施氮处理氮素平衡为负值,说明不施用氮肥表现为氮素亏缺,消耗了土壤氮库。通过对氮平衡的计算发现,减量施氮以及施用微生物菌肥对氮素损失均有降低作用。

3.2 施氮量和微生物菌肥对向日葵氮肥吸收利用与产量的影响

长期施氮能显著提高玉米对氮素的吸收利用,施氮量增大,植株氮素累积量增加,氮肥利用率和氮肥偏生产力下降^[41-42]。密菲瑶等^[43]研究表明,随施氮量增加,玉米各营养器官氮素累积量均

表现出先增后减的趋势,玉米营养器官氮素转运量呈先降后增的趋势,施氮量显著影响玉米氮素转运效率,氮素吸收效率呈显著下降趋势。杨黎等^[44]对向日葵各器官干物质和吸氮量的积累与分配规律的研究表明,施氮水平达到 160 kg/hm² 后继续增施氮肥对作物吸氮量的促进作用减弱甚至会产生抑制作用。本试验中,氮肥显著提高向日葵植株氮素吸收量,高氮处理植株氮素吸收量最大,但两种施氮水平间的差异不显著,说明达到一定施氮水平后,继续增加施氮量不能显著促进植株的氮素吸收,低氮处理比高氮处理有更大的氮肥利用效率,这一结果与前人研究一致。其可能的原因是高施氮量下植株根系固氮酶活性受到显著抑制,导致植株对氮素的吸收量不能进一步增加^[45]。微生物菌肥提高了土壤微生物通过固氮、解钾和解磷等过程改变土壤中养分存在形式的能力,提高向日葵对土壤养分的吸收效率,减少农用化肥的施用量。多位学者已经在不同作物上证明了生物肥料可以促进作物对养分的吸收和利用^[46-48]。本研究亦发现,施用微生物菌肥增加了作物对土壤中氮素的吸收,对不施氮肥处理影响最为显著,对低氮处理的影响在两年中不完全是显著的,可能是因为受到 2022 年降水量较大、氮素损失增加等因素的影响^[17],具体结果还需要进一步的试验去证明。氮是向日葵生长发育过程中最重要的三要素之一,向日葵植株生长高大且迅速,需要大量吸收养分,在生长发育过程中必须施用足量的养分,才能确保高产量和优质品质,每生产 100 kg 向日葵需要吸收 4.76 ~ 5.00 kg 的氮素^[49]。氮素是限制向日葵产量的土壤养分因子,因此,施用氮肥对向日葵有良好的增产效果^[50],但过量的氮肥会造成植株的徒长,增产幅度降低^[51]。长期氮肥试验研究结果表明,作物对氮肥的利用率仅为 30% ~ 60%^[52],过量的氮肥通过挥发、淋失、渗漏等方式流失,导致农业面源污染和地下水环境的破坏^[53]。有研究结果表明,河套灌区向日葵的年平均氮素输入总量为 314.73 kg/hm²,年平均输出总量为 209.65 kg/hm²,土壤中存在大量的氮素残留,并认为河套灌区保持现有产量水平的向日葵氮肥推荐用量为 150 kg/hm²^[54]。郭富强等^[55]通过田间氮素淋溶试验证明,河套灌区在当地常规灌水施肥基础上减少 20% 氮肥施用量可以提高向日葵产量。白宇龙等^[56]研究结果表明,覆膜沟灌条件下向日葵的施氮量在



260 kg/hm²时产量最佳。国世佳等^[51]研究表明,食用向日葵施氮量在189.7 ~ 194.0 kg/hm²时可获得最高产量,经济最佳施氮量为150 kg/hm²。在本试验中,盐碱农田向日葵获得最高产量时的施氮量为210 kg/hm²。微生物菌肥在向日葵生产种植中同样被广泛应用,对向日葵产量产生影响。有研究结果表明,施用微生物菌肥向日葵增产率达25%^[57]。氮肥减量15%和30%时,向日葵产量随微生物菌肥用量增加而增加^[9]。苏志芳等^[58]研究结果表明,60 kg/hm²的微生物菌肥能显著提高向日葵的结实率、百粒重和产量。本研究中,不同施氮量下添加微生物菌肥向日葵籽粒产量的两年平均增幅分别为2.7% (N0)、24.1% (N1)、20.6% (N2)。综上所述,综合土壤脱盐和作物产量、氮肥利用效率及氮素表观平衡等因素,微生物菌肥配施210 kg/hm²施氮量是西北内陆盐碱农田的适宜施肥方式。

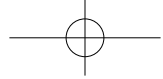
4 结论

随施氮量增加氮肥利用效率降低,施用微生物菌肥显著提高了不施氮处理的植株氮素含量,低氮配施微生物菌肥提高了氮肥利用效率。低氮处理的表观损失量较小,添加微生物菌肥后进一步减少了氮素损失。综合施氮量和微生物菌肥对盐碱农田土壤改良和作物对养分的吸收利用情况来看,在施氮量为210 kg/hm²条件下配施微生物菌肥效果最佳,其降低了盐碱农田的含盐量,维持较高的籽粒产量和氮肥利用效率。

参考文献:

- [1] 曾凯,刘琳,蔡义民,等.地下生态系统中氮素的循环及影响因素[J].草业科学,2017,34(3):502-514.
- [2] 朱海,杨劲松,姚荣江,等.有机无机肥配施对滨海盐渍农田土壤盐分及作物氮素利用的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2019,27(3):441-450.
- [3] 张恩.不同改良物料配施对内蒙河套灌区盐碱土壤理化性质及玉米生长发育的影响研究[D].银川:宁夏大学,2023.
- [4] 尹春艳.生物质材料对盐渍农田氮素迁移转化及微生物调控机制研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2023.
- [5] 叶东靖,高强,何文天,等.施氮对春玉米氮素利用及农田氮素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):552-558.
- [6] 陈语,翟泰雅,王芳芳,等.氮肥对黄壤温室气体排放和玉米产量的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2022,44(8):37-47.
- [7] 段文学.耕作方式和氮肥运筹对旱地小麦耗水特性和产量形

- 成的影响[D].泰安:山东农业大学,2013.
- [8] 郭富强.内蒙古河套灌区农田退水氮磷迁移特征及最优施肥模式研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.
- [9] 轩晓博,赵文靖,李树瑶,等.微生物菌肥对盐碱地向日葵减施氮肥效应研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2023,43(3):102-111.
- [10] 吕爱英,王永歧,沈阿林,等.6种微生物肥料在不同作物上的应用效果[J].河南农业科学,2004(4):49-51.
- [11] 张生田.增施生物有机肥和改良剂对设施蔬菜土壤次生盐渍化的改良效果研究[J].北方园艺,2011(12):52-54.
- [12] 郑剑超,李明,史芳芳,等.化肥减量配施有机肥和微生物肥对番茄光合特性和肥料利用率的影响[J].中国蔬菜,2024,37(2):74-79.
- [13] 张金东.生物菌肥配施化肥对不同类型粳稻生长发育及产量的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2023.
- [14] 弓晓峰,张静,张振辉,等.纳氏试剂比色法测定土壤铵态氮的研究[J].环境科学与技术,2006(1):43-44,117.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所,中国科学院亚热带农业生态研究所,中国科学院西双版纳热带植物园,等.土壤硝态氮的测定紫外分光光度法[Z].中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局;中国国家标准化管理委员会,2016:12.
- [16] 河南农业大学,全国农业技术推广服务中心.中性、石灰性土壤铵态氮、有效磷、速效钾的测定联合浸提-比色法[Z].2010:9P.
- [17] 司东霞,崔振岭,陈新平,等.不同控释氮肥对夏玉米同化物积累及氮平衡的影响[J].应用生态学报,2014,25(6):1745-1751.
- [18] 唐冲,杨劲松,姚荣江,等.生物质炭及硝化/脲酶抑制剂对滨海盐渍土壤盐分及作物氮素吸收利用的影响[J].土壤,2021,53(2):291-298.
- [19] 郝曼.基于氮素表观平衡和经济效益的“草-粮”轮作可行性分析[D].保定:河北农业大学,2022.
- [20] 张珺瞳,王婧,张莉,等.盐碱地不同施氮量对土壤微生物区系与食葵产量的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(4):22-27,73.
- [21] 王金辉,柳勇,徐润生,等.不同施肥水平对耕层土壤盐分迁移和分布的影响[J].中国土壤与肥料,2009(4):25-30.
- [22] 曹和平,蒋静,翟登攀,等.施氮量对土壤水氮盐分布和玉米生长及产量的影响[J].灌溉排水学报,2022,41(6):47-54.
- [23] 闫建文.盐渍化土壤玉米水氮迁移规律及高效利用研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.
- [24] 张鹏,蒋静,马娟娟,等.不同水氮处理对盐渍土水氮盐变化和燕麦产量的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(5):1-5,12.
- [25] 吴大付,王小龙,朱东海,等.温室滴灌配施尿素下土壤微域内pH值的时空分布研究[J].灌溉排水学报,2008(2):95-97.
- [26] 马丽娜,马俊祥,王冬梅,等.秸秆还田与施氮量对盐碱粳稻区土壤养分及产量的影响[J].吉林师范大学学报(自然

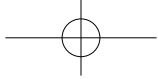


- 科学版), 2021, 42 (4): 134-140.
- [27] 张力. 土壤调理剂对盐碱土壤理化性状及细菌群落结构的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.
- [28] 孙赫阳, 王鸿斌, 杨明, 等. 有机物料改良苏打盐碱土增产玉米长期试验研究 [J]. 玉米科学, 2017, 25 (5): 122-127.
- [29] 王丹, 赵亚光, 马蕊, 等. 微生物菌肥对盐碱地枸杞土壤改良及细菌群落的影响 [J]. 农业生物技术学报, 2020, 28 (8): 1499-1510.
- [30] 叶静, 陈影, 屈爽, 等. 不同微生物菌肥对滨海盐渍土壤质量及玉米产量的影响 [J]. 环境科学, 2024, 45 (7): 4279-4292.
- [31] 段淇斌, 赵冬青, 姚拓, 等. 施用生物菌肥对饲用玉米生长和土壤微生物数量的影响 [J]. 草原与草坪, 2015, 35 (2): 54-58.
- [32] 宋家清, 郑秀社, 张庆国, 等. 活性微生物菌肥对滨海盐碱土改良的影响 [J]. 北方园艺, 2010 (18): 53-55.
- [33] Hauck R D, 莫淑勋. 氮肥对氮素循环的影响 [J]. 土壤学进展, 1982 (3): 12-18.
- [34] 焦亚鹏, 齐鹏, 王晓娇, 等. 施氮量对农田土壤有机氮组分及酶活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2020, 53 (12): 2423-2434.
- [35] 胡明芳, 田长彦, 王林霞. 氮肥用量与施用时期对棉花生长发育及土壤矿质氮含量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2011, 39 (11): 103-109.
- [36] 潘飞飞, 张伟豪, 孙壮, 等. 添加外源氮对不同年限设施土壤矿质氮含量的影响 [J]. 北方园艺, 2022 (3): 79-86.
- [37] 高怡安, 程万莉, 张文明, 等. 有机肥替代部分化肥对甘肃省中部沿黄灌区马铃薯产量、土壤矿质氮水平及氮肥效率的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51 (2): 54-60, 68.
- [38] 胡可, 王利宾, 杜慧玲. 菌剂与缓释肥配施对复垦土壤微生物生态的影响 [J]. 水土保持学报, 2011, 25 (5): 86-88, 93.
- [39] 张辉, 李维炯, 倪永珍. 生物有机无机复合肥对土壤性质的影响 [J]. 土壤通报, 2006 (2): 2273-2277.
- [40] 牡丹凤. 化肥减量配施腐植酸生物肥对土壤性质及玉米生长的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [41] 张皖玉, 张志勇, 张潇斌, 等. 不同施氮量对小麦-玉米轮作体系氮素利用的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2024, 58 (4): 562-572.
- [42] 韩建, 张玉铭, 何红波, 等. 长期不同施氮量下微生物残体氮对土壤氮库稳定性和玉米氮素吸收的影响 [J]. 中国生态农业学报 (中英文), 2024, 32 (5): 766-779.
- [43] 密菲瑶, 张腾, 李卓远, 等. 施氮和覆膜对陕北地区玉米生长及氮素转运的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2023, 28 (8): 65-79.
- [44] 杨黎, 魏占民, 徐大为. 向日葵各器官干物质和吸氮量的积累与分配规律 [J]. 节水灌溉, 2019 (2): 22-28.
- [45] 高丽敏, 苏晶, 田倩, 等. 施氮对不同水分条件下紫花苜蓿氮素吸收及根系固氮酶活性的影响 [J]. 草业学报, 2020, 29 (3): 130-136.
- [46] 李波, 顾明华, 沈方科, 等. 化肥配施不同有机肥对土壤养分释放及烤烟养分吸收的影响 [J]. 河南农业科学, 2011, 40 (7): 55-60.
- [47] 周柳强, 谭宏伟, 黄美福, 等. 有机肥、化肥及其配施对生菜产量和质量的影响 [J]. 广西农业科学, 2008 (2): 192-195.
- [48] 褚长彬, 吴淑杭, 张学英, 等. 有机肥与微生物肥配施对柑橘土壤肥力及叶片养分的影响 [J]. 中国农学通报, 2012, 28 (22): 201-205.
- [49] 张三粉, 段玉, 妥德宝. 向日葵施用氮肥的反应与氮肥推荐用量 [J]. 食品安全导刊, 2015 (9): 67-69.
- [50] 谷洁, 高华. 黄土高原向日葵产量的土壤养分限制因子与施肥指标研究 [J]. 中国油料作物学报, 1998 (4): 85-88, 102.
- [51] 国世佳, 段玉, 张君, 等. 施氮量对食用向日葵产量及品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (2): 126-132.
- [52] 闫鸿媛, 段英华, 徐明岗, 等. 长期施氮下中国典型农田小麦氮肥利用率的时空演变 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (7): 1399-1407.
- [53] 李焕春, 妥德宝, 段玉, 等. 平衡施肥对油用向日葵养分吸收分配规律的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2010 (9): 50-52.
- [54] 赵巴音那木拉, 路战远, 李斐, 等. 内蒙古河套灌区主要作物农田氮素平衡及潜在污染状况分析 [J]. 农业环境科学学报, 2023, 42 (6): 1347-1354.
- [55] 郭富强, 史海滨, 杨树青, 等. 河套灌区氮素流失分析及最佳施氮量的确定 [J]. 土壤通报, 2013, 44 (6): 1477-1482.
- [56] 白宇龙, 蒋静, 翟登攀, 等. 覆膜沟灌下施氮量对土壤水盐分布和向日葵产量的影响 [J]. 节水灌溉, 2019 (7): 26-31.
- [57] 郭鹏程, 轩晓博, 封硕, 等. 微生物菌肥对盐碱地不同作物节水效应研究 [J]. 人民黄河, 2023, 45 (7): 125-129.
- [58] 苏志芳, 崔超, 王海伟, 等. 食用向日葵杂交种产量性状对生物菌剂的响应 [J]. 北方农业学报, 2017, 45 (6): 57-61.

Effects of nitrogen application rate and microbial fertilizer on nitrogen absorption and utilization and yield of sunflower in saline-alkali land of Hetao Irrigation Area

ZHAO Hao-geng^{1, 2}, LI Li-jun^{1*}, YIN Chun-yan^{2*}, ZHAO Ju², YANG Jin-hu¹, ZHOU Yang¹, JIN Xin¹, NIE Xiao-xue¹, BI Lu-guang¹ (1. Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia 010019; 2. Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Hohhot Inner Mongolia 010031)

Abstract: Soil salinization seriously affected soil nutrient utilization and productivity improvement. In order to clarify the effects of different nitrogen application rates and microbial fertilizer on soil salinity, nitrogen absorption and utilization



of sunflower and yield in saline-alkali soil, this study took moderately salinized soil in Hetao Irrigation District as the research object, field experiments were carried out with two factors of microbial fertilizer and nitrogen application rate, the microbial fertilizer treatments included A1 (7.5 t/hm²) and A0 (without microbial fertilizer), nitrogen application rate were 0 (N0), 210 (N1) and 420 kg/hm² (N2). The results showed that: (1) Low nitrogen significantly reduced soil electrical conductivity. The soil electrical conductivity of low nitrogen treatment was 0.5–0.8 dS/m and 0.7–1.2 dS/m lower than that of no nitrogen application and high nitrogen treatment, respectively. High nitrogen significantly increased soil pH, and the pH of high nitrogen treatment was 0.2–0.3 higher than that of no nitrogen treatment. The soil pH and electrical conductivity decreased with the application of microbial fertilizer. Compared with the treatment without microbial fertilizer, the application of microbial fertilizer significantly reduced the soil electrical conductivity of high nitrogen treatment. (2) The grain yield of low nitrogen treatment increased by 49.3%–72.6% and 6.1%–8.9% compared with that of no nitrogen and high nitrogen treatment. The grain yield of low nitrogen combined with microbial fertilizer was the best, which was 4695.0–4855.1 kg/hm². (3) Nitrogen application promoted the absorption of nitrogen by sunflower plants. After reaching a certain nitrogen application level, the absorption effect of nitrogen fertilizer plants on nitrogen was not significant, and the utilization efficiency of nitrogen fertilizer decreased with the increase of nitrogen application rate. The application of microbial fertilizer significantly increased the nitrogen content of plants without nitrogen application, and the low nitrogen combined with microbial fertilizer significantly increased the nitrogen use efficiency. (4) Compared with high nitrogen treatment, low nitrogen treatment reduced nitrogen loss by 175.7–177.7 kg/hm², and the addition of microbial fertilizer further reduced nitrogen loss by 19.9%–34.2%. In summary, combined with soil desalination and crop yield, nitrogen use efficiency and nitrogen apparent balance, microbial fertilizer combined with 210 kg/hm² nitrogen application rate was a suitable fertilization method for farmland in moderate salinization and similar areas in the northwest inland.

Key words: moderate salinization; nitrogen application rate; microbial fertilizer; nitrogen absorption and utilization efficiency; sunflower yield