土壤调理剂对陕北盐碱地土体化学性质及水稻生长的影响

舒 锟，曹 源，王 波，王启龙

（陕西省土地工程建设集团有限责任公司，陕西 西安 710075）

摘 要：[目的] 研究不同土壤调理剂使用量对陕北盐碱地土壤化学性质及水稻生长的影响，为该区盐碱地改良和水稻种植提供科学参考。[方法] 以陕北定边县盐碱地水稻为研究对象，设置不同的土壤调理剂施用量(1 000，1 500，2 000 kg/hm^2)，在陕北地区开展田间试验。[结果] ①随着土壤调理剂的用量增加，各处理 0—40 cm 土壤 pH 值和水溶性盐总量明显降低，各处理较对照降低范围分别为 0.89%～5.02%和 6.78%～13.56%。②添加土壤调理剂后土壤有机质含量显著提高，但全氮、有效磷和速效钾含量变化不明显。③土壤调理剂添加量为 1 500，2 000 kg/hm^2 时，能较为显著提升水稻分蘖数和水稻株高。④土壤调理剂施加量为 1 000～2 000 kg/hm^2，水稻产量较对照提高了 5.49%～24.77%，土壤调理剂施用量大于 1 500 kg/hm^{2}时，可以显著增加水稻产量。[结论] 陕北定边盐碱地种植水稻，综合考虑水稻产量和效益，土壤调理剂的参考适宜添加量确定为 1 500 kg/hm^2。

关键词：土壤调理剂；水稻；理化性质；盐碱地；陕北地区

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2020)06-0175-06 **中图分类号**：S511.6

文献参数：舒锟，曹源，王波，等. 土壤调理剂对陕北盐碱地土体化学性质及水稻生长的影响[J]. 水土保持通报，2020，40(6)：175-180. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.06.025；Shu Kun，Cao Yuan，Wang Bo，et al. Effects of soil conditioner on chemical properties of saline alkali soil and rice growth in Northern Shaanxi Provcine [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(6)：175-180.

Effects of Soil Conditioner on Chemical Properties of Saline Alkali Soil and Rice Growth in Northern Shaanxi Provcine

Shu Kun，Cao Yuan，Wang Bo，Wang Qilong

(*Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co.，Ltd，Xi'an，Shaanxi* 710075，*China*)

Abstract：[Objective] The effects of different amount of soil conditioner on soil chemical properties and rice growth in saline alkali soil were studied in order to provide reference for saline alkali soil improvement and rice planting in Northern Shaanxi Province. [Methods] Taking rice in saline alkali soil of Dingbian County in Northern Shaanxi Province as the research object，the field experiment was carried out with different soil conditioner application rates (1 000，1 500，2 000 kg/hm^2). [Results] ① With the increase of soil conditioner dosage，the pH value and total water soluble salt content of 0—40 cm soil in each treatment were decreased significantly，and the reduction range of each treatment was 0.89%～5.02% and 6.78%～13.56%，respectively. ② After adding soil conditioner，the content of soil organic matter increased significantly，while there was no significant change in the content of total nitrogen，available phosphorus and available potassium. ③ When the amount of soil conditioner was 1 500 kg/hm^2 and 2 000 kg/hm^2，the tiller number and plant height of rice were significantly increased. ④ When the application amount of soil conditioner was 1 000～2 000 kg/hm^2，the rice yield was increased by 5.49%～24.77% compared with control group. [Conclusion] Considering the

收稿日期：2020-07-15 **修回日期**：2020-09-05

资助项目：陕西省土地工程建设集团内部科研项目“基于‘海水稻’种植的陕北盐碱土地利用与改良试验研究”(DJNY2019-1)

第一作者：舒锟(1984—)，男(汉族)，陕西省西安市人，硕士，高级工程师，主要从事土地规划设计、土地工程项目管理等相关工作。Email：329549128@qq.com。

通讯作者：王启龙(1990—)，男(汉族)，山东省潍坊市人，硕士，工程师，主要从事土地工程科学研究等相关工作。Email：wql199008@126.com。

yield and benefit of rice, the suitable rate of soil conditioner is 1 500 kg/hm^2 for rice planting.

Keywords: soil conditioner; rice; physicochemical properties; saline alkali soil; Northern Shaanxi Province

近年来,我国城市化的进程不断加快,耕地数量和质量不断下降。盐碱地作为我国目前资源量最大的未利用地,我国盐碱地面积约为 1.00×10^8 hm^2[1],并有逐年扩大趋势,其中,陕西省的盐碱化问题也相当严重,盐碱地总面积 1.52×10^5 hm^2,约占陕西省总土地面积的 7%,陕北地区定边、靖边、绥德、横山等县区均有分布,其中定边县有 6.70×10^4 hm^2[2-3]。加大陕北地区盐碱地治理力度,对增加农民收入、保障重要农产品有效供给、保护生态安全等具有重要意义。盐碱地改良技术主要包括耕作改良技术[4]、地表覆盖技术[5]、化学改良技术[6]、水利改良技术[7]、工程改良技术[8]以及植物改良技术[9],其中植物改良主要通过植物根系生长,可改善土壤物理性状,根系分泌的有机酸可以中和土壤碱性,吸收、富集土壤盐分[10-11];减少土壤水分蒸发,从而防止土壤返盐[12]。定边县部分盐碱地地下水位常年普遍较高,旱地作物无法生长,但其水热资源丰富,满足水稻生长基本条件。在该地区盐碱地种植耐盐碱水稻不仅可以提高土地利用率,还能起到保护环境的作用。相关研究表明,土壤调理剂可以有效改善土壤结构、增强土壤肥力、促进团粒形成、蓄水保墒土壤调理剂是指在加入土壤中用于改善土壤的物理、化学、生物性状的物料。在盐碱地改良方面,土壤调理剂可以通过调节土壤 pH 值、降低土壤盐分、改善土壤结构以及调节微生物环境等作用,来降低盐碱土壤对作物的危害程度,达到改良盐碱地、促进作物生长和提高产量的目的[13]。王文杰等[14]在 2005 年采用土壤改良剂与改土增肥、取沙压碱、种植树木等传统改良方法相结合的措施改良盐碱地,结果表明,土壤调理剂可使盐碱地 pH 值与水溶性盐总量明显下降。杨海儒等[15]通过田间试验,研究了石膏、煤灰及糠醛渣的组合的调理剂对盐碱土改良作用及改良机理,并与单一改良剂的影响进行比较,结果表明,施用石膏、粉煤灰与糠醛渣均能显著降低盐碱土的 pH 值,还可通过螯合作用,使有机阴离子与磷竞争吸附位点结合,从而减少土壤对磷钾的固定,分解难溶态和固定态的磷、钾元素。倪海峰[16]通过对有机酸土壤调理剂对盐碱地的改良效果及小麦产量的影响研究发现,与空白组相比,中度盐碱土的耕作层土壤含盐率减低 42%,土壤有机质含量增加 29%,小麦增产 16%;史蛟华等[17]以盐碱地葡萄为研究对象,通过田间试验研究发现,施加土壤调理剂改良土壤能有效改善土壤理化性质,降低盐碱地土壤 pH,提高土壤钾的含量,降低钠含量。庞喆等[18]以定边县新开垦的重度盐碱地为研究对象,设置 8 种不同试验处理,研究了脱硫石膏与保水剂 PAM 两种土壤调理剂对于陕北盐碱地土壤理化性质和作物生长的影响,研究结果表明 20 t/hm^2 脱硫石膏和 20 kg/hm^2 的 PAM 混合施用,改良效果最好,可显著减少盐碱地治理过程中的季节性返盐。陕北地区气候环境、土壤构成成分和盐碱度与其他区域不尽相同,目前陕北盐碱地地区水稻种植规模较小,对于土壤调理剂使用种类有一定研究,但是对于其用量研究较少。本试验以陕北盐碱地水稻为研究对象,在施肥和灌溉方式一致的情况下,设置不同的土壤调理剂施用量,研究不同土壤调理剂使用量对陕北盐碱地土壤化学性质及水稻养分吸收和产量的影响,以确定水稻高产、稳产的最佳调理剂用量。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2019 年 4—11 月在陕西省榆林市定边县堆子梁镇营盘梁村(东经 110°30′34″—110°33′36″,北纬 35°31′02″—35°34′01″)进行,试验区属于古河床上冲积母质发育的盐化草甸土壤,因为地势低洼,地下水出流不畅,受到地下水位埋藏浅,地下水矿化度高以及气候蒸发量大的共同作用,土壤表层积盐,盐渍化特征明显。试验区年平均降水量 316 mm,年平均蒸发量 2 850 mm,年平均气温 7.9 ℃,日照 2 728 h,无霜期 125 d。

1.2 试验设计

在试验区内分别选择盐碱程度具有代表性的 1 个地块(中重度盐碱地)设置田间试验。试验地四周起垄后,划分为 8 个田块,每个田块面积为 80 m^2 (10 m×8 m)。土壤调理剂采用“金阜丰”土壤调理剂,调理剂 N≥16%,有机质≥4%,pH 值为 3.0~4.0。试验根据调理剂用量指导说明,设置 4 种处理,2019 年 5 月,插秧前施加土壤调理剂,T_1,T_2,T_3 处理土壤调理剂用量依次为 1 000,1 500 和 2 000 kg/hm^2,处理 CK 为空白对照,不施土壤调理剂。各处理施肥制度一致,尿素 300 kg/hm^2,过磷酸钙 450 kg/hm^2,硫酸钾 300 kg/hm^2,试验开始前用土钻分层采集 0—20,20—40,40—60 cm 土层土壤样品,测定其基本性质,测定结果详见表 1。

水稻于 2019 年 4 月中旬育秧,6 月初采用人工插秧,插秧密度为 20 000 株/hm^2,10 月 10 日水稻成

熟收获,除土壤调理剂用量不同以外,试验小区采用统一的栽培管理措施,主要包括病虫害的防治和田间灌溉等,试验田采用井水灌溉,灌溉用水量为 12 000 m^3/hm^2,灌溉水的 pH 值为 8.2,含盐量为 0.27 g/L。

表 1　试验区土壤基本性质

土层/cm	pH 值	水溶性盐总量/(g·kg^{-1})	有机质/(g·kg^{-1})	有效磷/(mg·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})
0—20	9.21	2.78	6.83	8.45	0.55	132
20—40	9.16	2.37	5.59	7.63	0.43	98
40—60	9.14	2.39	4.13	8.21	0.37	67

1.3　测定项目与方法

在施用基肥前和收获后采用土钻,分层采集试验区土壤样品,土壤采样深度为:0—20,20—40,40—60 cm,通过室内试验检测土壤 pH 值、含盐量、有机质、全氮、有效磷、速效钾含量的变化情况,土壤 pH 值采用电位法测定;土壤含盐量采用质量法测定;土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定;全氮含量采用半微量凯氏法测定;土壤有效磷含量采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 法测定;土壤速效钾含量采用火焰光度法测定。

在作物关键生育期(苗期、分蘖期、拔节期等)选取长势比较有代表性的 3～5 丛植株,定期测定株高、分蘖数,水稻收获后,每个处理选取比较有代表性的 3～5 丛植株,对其穗数、穗粒数和百粒重进行测量,而后将水稻收割测产。

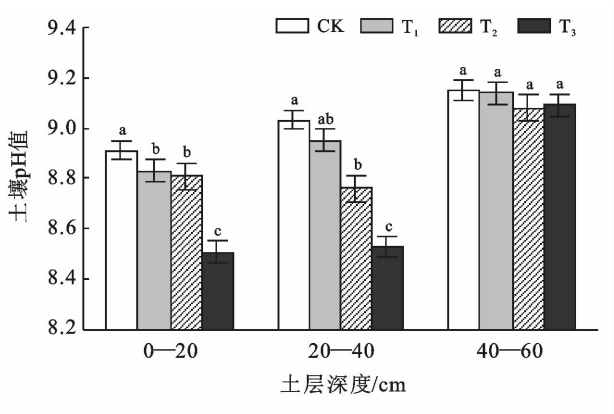
1.4　数据分析方法

采用 Microsoft Excel 2007 分析软件处理试验数据,同时采用 SPSS 11.4 软件进行统计学分析,并对相关指标进行显著性分析,显著性水平为($p<0.05$),极显著性水平为($p<0.01$)。

2　结果与分析

2.1　不同调理剂施加量对土壤化学性质的影响

2.1.1　土壤 pH 值、含盐量　水稻收获后土壤 pH 值的剖面分布情况如图 1 所示。试验区地势低洼,地下水出流不畅,土壤表层盐渍化特征明显,种植前,0—40 cm土层土壤 pH 值为 9.12,40—60 cm 土层土壤 pH 值为 9.15,种植水稻后,各处理的土壤 pH 值较种植前均有所下降,其中 0—40 cm 土层显著下降,40—60 cm 土层 pH 变化不明显。另外,水稻收获后 0—40 cm 土层,CK,T_1,T_2,T_3 处理土壤平均 pH 值分别为 8.97,8.89,8.78 和 8.52,可以看出,随着调理剂的用量增加,各处理 0—40 cm 土层土壤 pH 值得到显著降低,各处理较 CK 降低 0.89%～5.02%,另外,各处理 40—60 cm 土层土壤 pH 值分别为 9.15,9.14,9.08 和 9.09,随着调理剂的用量增加,pH 值降低效果不明显。



注:图中不同字母表示差异显著($p<0.05$)。下同。

图 1　不同土壤调理剂施加量条件下 0—60 cm 土层土壤 pH 值

图 2 为不同土壤调理剂添加量对于 0—60 cm 土层土壤水溶性盐总量的影响,分析可知,水稻种植可以明显降低土壤含盐量,种植前 0—60 cm 土层土壤平均含盐量为 2.51 g/kg,水稻收获后,土壤水溶性盐总量明显降低,平均值达到 1.83 g/kg,较种植前降低 27.09%。另外由图 2 还可以看出,相对 CK 处理,土壤调理剂使用量增加,各处理 0—40 cm 土层土壤 pH 得到明显降低,CK,T_1,T_2,T_3 处理 0—40 cm 土层土壤水溶性盐总量分别 1.77,1.65,1.52 和 1.53 g/kg,各处理较 CK 降低了 6.78%～13.56%。

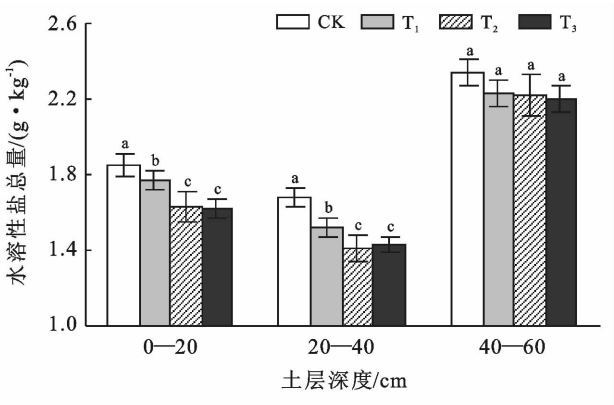


图 2　不同土壤调理剂施加量条件下 0—60 cm 土层土壤水溶性盐总量

2.1.2 土壤养分 表2为不同土壤调理剂对陕北盐碱地土壤养分的影响。由表2可知,不同土壤调理剂对土壤有机质含量的影响达到极显著水平($p<0.01$),对土壤全氮含量和速效钾含量的影响达到显著水平($p<0.05$),对有效磷含量的影响不显著($p>0.05$)。相较于CK,添加土壤调理剂后土壤有机质含量显著提高,但全氮、有效磷和速效钾含量变化不明显。这主要是由于土壤调理剂中本身会含有一定程度的有机质含量,施加至土壤中后使土壤有机质含量出现了较为明显的变化,而土壤调理剂中土壤全氮、有效磷和速效钾含量较低,故对其他土壤养分含量影响不大。在不同土层深度层面来看,土壤有机质含量随着土层深度的增加逐渐降低,且 T_2 处理在各土层深度的有机质含量均最大,平均值为10.0 g/kg,分别较 T_1,CK 提高9.17%和21.65%,较 T_3 提高0.4%,说明当土壤调理剂施加量为1 500和2 000 kg/hm^2 时,对土壤有机质含量的增加效果最为显著。而土壤全氮含量为 T_3 处理最高,即土壤全氮含量随土壤调理剂施加量的增加而增加,施加量为2 000 kg/hm^2 时土壤全氮含量达到最大为0.97 g/kg,分别较 T_1,T_2 和CK提高27.63%,10.86%和34.72%。各处理土壤有效磷含量分别为 T_1 处理8.07 mg/kg,T_2 处理7.13 mg/kg,T_3 处理8.03和CK 8.23 mg/kg,土壤调理剂施加对土壤有效磷含量影响不显著。土壤速效钾含量为 T_2 处理最高,土壤速效钾含量随土壤调理剂施加量表现为先增加后降低的趋势,施加量为1 500 kg/hm^2 时土壤速效钾含量达到最大为223.33 mg/kg,分别较 T_1,T_3 和CK提高了5.01%,12.79%和9.29%。

表2 不同土壤调理剂对陕北盐碱地土壤养分的影响

处理	土层厚度/cm	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	有效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})
CK	0—20	8.7±1.56^{a}	0.72±0.24^{a}	8.6±1.54^{a}	221±8.68^{a}
	20—40	8.3±1.26^{b}	0.71±0.32^{b}	8.5±1.74^{a}	206±7.87^{b}
	40—60	7.65±1.55^{c}	0.73±0.33^{a}	7.6±1.56^{b}	186±7.70^{c}
T_1	0—20	10.2±1.66^{a}	0.84±0.27^{a}	8.2±1.19^{a}	238±10.77^{a}
	20—40	9.43±1.24^{ab}	0.71±0.21^{b}	7.9±1.62^{b}	215±9.53^{ab}
	40—60	7.86±1.53^{b}	0.66±0.26^{c}	8.1±1.54^{a}	185±8.78^{b}
T_2	0—20	11.9±1.35^{a}	0.93±0.32^{a}	8.4±2.02^{a}	254±10.60^{a}
	20—40	9.48±1.27^{b}	0.82±0.31^{ab}	6.2±1.26^{b}	215±8.45^{b}
	40—60	8.63±1.42^{c}	0.52±0.24^{b}	6.8±1.30^{b}	201±8.64^{b}
T_3	0—20	11.4±1.34^{a}	1.13±0.41^{a}	8.5±1.68^{a}	213±9.35^{a}
	20—40	9.27±1.24^{b}	0.95±0.38^{b}	8.1±1.69^{ab}	206±9.62^{b}
	40—60	8.25±1.31^{b}	0.84±0.42^{c}	7.5±1.58^{b}	175±8.21^{c}
显著性 p 值	**	*	NS	*	

注:①同列数据后标不同字母表示差异显著($p<0.05$),NS表示差异不显著;②*表示($p<0.05$)水平上差异显著,**表示($p<0.01$)水平上差异极显著。

2.2 不同调理剂施加量对水稻生长发育的影响

图3分别为不同土壤调理剂施加量对水稻分蘖动态和株高生长的影响,可以看出,在生育期初起,土壤调理剂施加量对水稻分蘖数的影响不显著,但随着生育期的增长,水稻分蘖数不断增加,且不同施加量处理间的差异越来越显著。其中 T_2 处理分蘖数最高,平均为14.1,分别高于CK,T_1 处理和 T_3 处理13.23%,6.0%和0.89%,也就是说,当土壤调理剂添加量为1 500 kg/hm^2 时,能较为显著提升水稻分蘖数,而当土壤调理剂添加量达到2 000 kg/hm^2 时,对分蘖数的增加并不显著。与水稻分蘖数相似的是,在生育期初起,土壤调理剂施加量对水稻株高生长影响不显著,但随着生育期的增长,水稻株高不断增加,且不同施加量处理间的差异越来越显著。水稻株高随土壤调理剂施加量的增加而增大,其中 T_2 和 T_3 处理株高最高,平均为64.4~65.1 cm,而高于CK和 T_1 处理达到10%。综合来看,T_2 处理与 T_3 处理条件下,水稻分蘖数和株高均增加,而土壤调理剂添加量超过1 500 kg/hm^2 时,各项指标增加不显著。

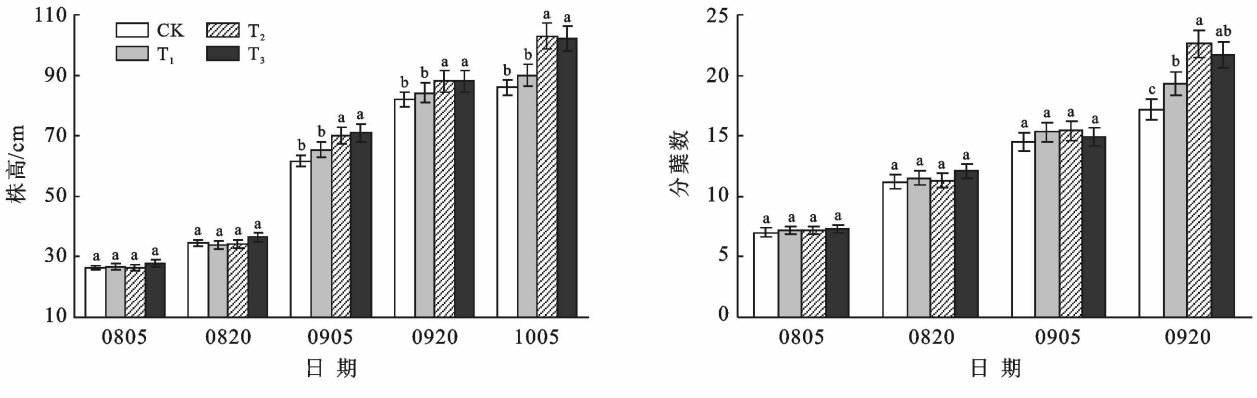


图 3　不同土壤调理剂施加量对水稻株高和分蘖的影响

2.3　不同调理剂施加量对水稻产量影响

表 3 为不同土壤调理剂用量下水稻的产量及产量构成因素。从产量构成角度来看,T_2 处理和 T_3 处理穗数最大,分别达到 183 和 185 个/m^2,显著高于 T_1 处理和 CK,说明施加土壤调理剂在 1 000～1 500 kg/hm^2 时,水稻穗数较高,当超过 1 500 kg/hm^2 时,调理剂量增加对穗数影响不显著。土壤调理剂量在 1 000 kg/hm^2 时可显著提高穗粒数,但施加超过 1 000 kg/hm^2 时,调理剂施加会对穗粒数产生抑制作用,其中 T_1 处理穗粒数最大,为 96 个,显著高于 T_2 和 T_3 处理。百粒重体现种子大小与饱满程度的一项重要指标,是检验种子质量和作物考种的重要内容之一,也是预测田间产量时的重要依据之一。分析可知,土壤调理剂施加对水稻百粒重的影响显著,T_1 处理和 CK 百粒重最低,仅为 2.06～2.07 g,当施加土壤调理剂在 1 500～2 000 kg/hm^2 时达到最大,达到 2.34～2.37 g,显著高于 T_1 处理和 CK。而根据水稻实际产量来看,土壤调理剂施加能显著提高水稻产量,且水稻产量与土壤调理剂施加量成显著的正相关关系,T_3 处理达到最大,为 2 589 kg/hm^2,由施加量 1 000～2 000 kg/hm^2,水稻产量较 CK 提高了5.49%～24.77%。

表 3　不同土壤调理剂用量下水稻的产量及产量构成因素

处 理	CK	T_1	T_2	T_3
穗数/(个·m^{-2})	171^b	175^b	183^a	185^a
穗粒数/个	92^b	96^a	91^b	89^c
百粒重/g	2.06^b	2.07^b	2.34^a	2.37^a
产量/(kg·hm^{-2})	$2\,075^c$	$2\,189^b$	$2\,542^a$	$2\,589^a$

注:同列数据后标不同字母表示差异显著($p<0.05$)。

3　讨 论

土壤的 pH 值会直接影响肥料的有效性,土壤的 pH 值过高或过低,一些营养元素会变得难溶,有效性降低,从而不能被根系很好的吸收,土壤盐分过高对于植物的伤害不容忽视,土壤盐分过高会影响作物的光合作用和呼吸作用,会阻碍农作物蛋白质的合成。试验区地势低洼,地下水出流不畅,受到地下水位埋藏浅,地下水矿化度高以及气候蒸发量大的共同作用,土壤表层盐渍化特征明显,其中表层土(0—20 cm)pH 值为 9.21,水溶性盐总量为 2.78 g/kg,亚表层土(20—40 cm)pH 值为 9.16,水溶性盐总量为 2.37 g/kg,本次试验选择的"金阜丰"酸性土壤调理剂,pH 值为 3.0～4.0,随着水稻种植和土壤调理剂添加,各个处理土壤 pH 值和水溶性盐总量得到明显降低,各处理较空白对照降低范围分别为 0.89%～5.02%和 6.78%～13.56%。史蛟华等[17]研究发现,酸性土壤调理剂可以有效改良新疆绿洲区土壤理化性质,在施加调理剂 90 d 时,各处理土壤 pH 值下降量平均为 2.42。另外也有研究发现,添加有机酸土壤调理剂可以有效降低中重度盐碱地含盐量[18],与空白组相比,中度盐碱土的含盐率减低 42.0%,土壤有机质含量增加 29.2%,这与本研究结果基本相同。

土壤养分是指由土壤提供的植物必需的营养元素,它是土壤肥力的重要物质基础,也是评价土壤肥力水平的重要内容之一。添加土壤调理剂后土壤有机质含量显著提高,但全氮、有效磷和速效钾含量变化不明显。当土壤调理剂施加量为 1 500,2 000 kg/hm^2 时,对土壤有机质含量的增加效果最为显著。土壤调理剂施加对土壤有效磷含量影响不显著,李彦强等[19]在土壤调理剂用量对油麦菜生长及土壤改良的效果试验中发现,使用不同土壤调理剂用量后,不同程度增强了土壤养分活性,增加了有机质、有效磷、速效钾的含量,同时显著提高了油麦菜产量。施加土壤调理剂增加有机质含量与本研究结果相同,有效磷、速效钾的含量增加与本研究结果存在一定出入,这与试验使用的调理剂养分含量不同有关。

作物产量和品质是土壤理化性质和水热条件的最终体现,不同土壤调理剂用量处理下的水稻的产量

及产量构成因素有差异[20]。施加土壤调理剂在1 000～1 500 kg/hm² 时,对水稻穗数增长有较大影响。土壤调理剂量在 1 000 kg/hm² 时可显著提高穗粒数。土壤调理剂施加对水稻百粒重的影响显著,施加土壤调理剂在 1 500～2 000 kg/hm² 时达到最大,达到 2.34～2.37 g。土壤调理剂施加能显著提高水稻产量,由施加量 1 000～2 000 kg/hm²,水稻产量较 CK 提高了 5.49%～24.77%。解秋等[21]研究发现,施用土壤调理剂后可降低水稻株高 8～12 cm,水稻增产可达 10%以上施,王伯平等[22]研究发现,用土壤调理剂对水稻的主要农艺性状影响不大,但可以显著增加水稻产量。刘郁文等[23]研究表明,弱盐渍土壤盐渍化程度与水稻产量相关性不显著,在中盐渍土和强盐渍土中,土壤壤盐渍化程度与水稻产量相关性均显著。因此,在不同盐渍化程度的土壤上添加土壤调理剂的应用效果可能存在一定区别,其最适的调理剂用量也不尽相同,因此有必要针对土壤起始盐渍化程度、调理剂种类和施用量展开进一步深入研究。

4 结 论

随着土壤调理剂的用量增加,各个处理土壤 pH 值和水溶性盐总量得到明显降低。土壤调理剂添加量为 1 500,2 000 kg/hm² 时,能较为显著提升水稻分蘖数和水稻株高。添加土壤调理剂后土壤有机质含量显著提高,但全氮、有效磷和速效钾含量变化不明显。土壤调理剂施加能显著提高水稻产量,土壤调理剂大于 1 500 kg/hm² 时,可以显著增加水稻产量,而土壤调理剂添加量超过 1 500 kg/hm² 时,产量增加不显著。陕北定边盐碱地种植水稻,综合考虑土壤理化性质改善、水稻产量和效益,土壤调理剂的参考适宜添加量为 1 500 kg/hm²。

[参 考 文 献]

[1] 李建国,濮励杰,朱明.土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J].地理学报,2012,67(9):1233-1245.

[2] 陕西省地方总编纂委员会.中华人民共和国地方志丛书:陕西省志[M].陕西 西安:陕西科学技术出版社,2007.

[3] 宁松瑞,韩霁昌,郝起礼,等.新增耕地土壤盐渍化调查及改良措施分析[J].北方园艺,2017(8):172-178.

[4] 刘长江,李取生,李秀军.不同耕作方法对松嫩平原苏打盐碱化旱田改良利用效果试验[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):13-16.

[5] Stamford N P, Silva A J N, Freitas A D S, et al. Effect of sulphur inoculated with Thiobacillus on soil salinity and growth of tropical tree legumes[J]. Bioresource Technology, 2002,81(1):53-59.

[6] 李旭霖,刘庆花,柳新伟,等.不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J].水土保持通报,2015,35(2):219-224.

[7] 侣小伟,解建仓,黄茹.陕西卤泊滩盐碱地综合治理措施及效益分析[J].水土保持通报,2009,29(6):177-181.

[8] Brown T T, Koenig R T, Huggins D R, et al. Lime effects on soil acidity, crop yield, and aluminum chemistry in direct-seeded cropping systems [J]. Soil Science Society of America Journal, 2008,72(3):634-640.

[9] 秦都林,王双磊,刘艳慧.滨海盐碱地棉花秸秆还田对土壤理化性质及棉花产量的影响[J].作物学报,2017,43(7):1030-1042.

[10] 李芙荣,杨劲松,吴亚坤,等.不同秸秆埋深对苏北滩涂盐渍土水盐动态变化的影响[J].土壤,2013,45(6):1101-1107.

[11] 王睿彤, 孙景宽, 陆兆华. 土壤改良剂对黄河三角洲滨海盐碱土生化特性的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(2):425-431.

[12] Hajiboland R, Cheraghvareh L, Poschenrieder C. Improvement of drought tolerance in Tobacco(*Nicotiana Rustica* L.) plants by silicon [J]. Journal of Plant Nutrition, 2017,40(12):32-56.

[13] Tejada M, Garcia C, Gonzalez J L, et al. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006,38(6):1413-1421.

[14] 王文杰,贺海升,祖元刚,等.施加改良剂对重度盐碱地盐碱动态及杨树生长的影响[J].生态学报,2009,29(5):2272-2278.

[15] 杨海儒,宫伟光.不同土壤改良剂对松嫩平原盐碱土理化性质的影响[J].安徽农业科学,2008(20):8715-8716,8809.

[16] 史蛟华,陈宽,王晓丽,等.土壤调理剂对盐碱地葡萄 K^+, Na^+ 转运的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2020,38(5):575-578.

[17] 王海江,石建初,张花玲,等.不同改良措施下新疆重度盐渍土壤盐分变化与脱盐效果[J].农业工程学报,2014,30(22):102-111.

[18] 庞喆,王启龙.脱硫石膏与保水剂 PAM 对盐碱土理化性质和作物生长的影响研究[J].西部大开发(土地开发工程研究),2018,3(10):35-40.

[19] 李彦强,石称华,钱志红,等.不同土壤调理剂用量对油麦菜生长及土壤改良的效果试验[J].上海蔬菜,2020(2):55-57.

[20] 李先,刘强,荣湘民,等.有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(3):258-262.

[21] 解秋,吴锡林,李小燕,等.硅钙钾镁土壤调理剂对五常水稻长势及产量的影响[J].北方水稻,2020,50(1):18-21.

[22] 王伯平.土壤调理剂"土调 1 号"对水稻生长及产量的影响[J].福建农业科技,2019,342(2):37-38.

[23] 刘郁文,孙桂梅.水稻土主要农化指标与水稻产量相关性的初步研究[J].吉林农业科学,1990(3):66-69.