

弱碱性土壤井水种稻条件下土壤盐分及 pH 值变化规律的研究

龚振平·张培英 赵艳忠 刘 维 孙 敏 张瑞忠

(东北农业大学农学系)

摘要 本文探讨了弱碱性土壤井水种稻条件下,土壤盐分及 pH 值的变化规律。结果表明:富锦水田试验区弱碱性土壤井水种稻七年,土壤未表现积盐现象;种稻后 0~15 厘米土层:pH 值由 7.92~8.30 下降为 6.76~7.45, HCO_3^- 含量及其占溶盐阴离子总量的百分比下降;50 厘米土层内土壤代换性 Na^+ 含量减少, $\frac{\text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$ 比值变小。当由水田改种旱田后,土壤 pH、代换性 Na^+ 、 $\frac{\text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$ 比值又回升到旱田水平。

关键词 弱碱性土壤 井水种稻 土壤盐分 pH 值

中图分类号 S153.61

三江平原低湿地区,土壤粘朽、内涝严重,大面积改种水田,提水井灌,实践证明:发展井水种稻,解决内涝问题是成功的。

三江平原富锦水田试验区,土壤呈弱碱性,改种水稻后土壤环境发生重大改变,另外,井水种稻由于井水温度低,影响秧苗生长,为了提高灌层水温,生产上采用间歇灌水,又防碍灌排结合。在富锦试验区弱碱性土壤条件下,井水种稻对土壤盐分、pH 值产生什么影响,能否发生次生盐渍化,需要监测研究。为此本试验研究了旱改水后土壤盐分及 pH 值的变化规律。

1 设计与方法

1.1 试验地点

在富锦市水田试验区;井水 pH=7.14,全盐量为 0.0229%。

1.2 设计方法

以旱田为对照,分别对改种水稻一年、四年、七年和种六年水稻后改种两年旱田的地块进行取样测定土壤盐分及 pH 值。为使旱田与水田具有可比性,对水田周围东、西、北三面,地势、地形与水田相近的旱田地块分别取样测定盐分及 pH 值(水田南面为沼泽没有取样)。

1.3 取样方法

采用剖面法,分层取样,取样层次为 0~5 厘米、5~15 厘米、15~30 厘米和 30~50 厘米四个层次;于 1994 年 4 月 29~30 日取样。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 值变化

表 1 表明富锦水田试验区土壤呈弱碱性,旱田土壤 pH 为 7.92~8.70,而且随土层深度的

增加有升高趋势。

表 1 种稻前后土壤 pH 值变化

pH 土层 (cm)	旱田(对照)			水改旱	种水稻年限		
	北	东	西		一年	四年	七年
0~5	7.92	8.20	8.10	7.38(6.76)	7.54	6.82	6.93
5~15	8.01	8.30	8.20	8.10(7.20)	8.38	7.32	7.45
15~30	8.25	8.66	8.40	8.30(8.52)	8.46	8.30	8.52
30~50	8.47	8.62	8.70	8.68(8.72)	8.92	8.62	8.92

注:()中数是种稻六年改旱田前结果。

改种水田后 0~5 厘米土层 pH 值下降明显,5~15 厘米土层 pH 也有所下降,15 厘米以下土层未表现下降趋势。种稻一年只 0~5 厘米土层 pH 有所下降,但随着种稻年限的延长 5~15 厘米土层也开始降低,当种稻四年后趋于稳定。俞仁培等认为^[1]:水稻生长期中,在其生命活动过程中借助发达的根系,释放出大量的二氧化碳,直接溶于水而形成碳酸,降低 pH 值。耕层 pH 值降低这种效果只有在连续种稻条件下才能保持,种植六年水稻的地块,当改种两年旱作物后,pH 值又回升到旱田水平。

2.2 土壤盐分变化

2.2.1 土壤可溶性盐含量 调查的地块中,有一块地各层含盐量均大于 0.1%,平均值为 0.125%,即试验区土壤局部地块轻度盐渍化^[2],该地块种植一年水稻,不能认为土壤含盐量高是由于种植水稻的结果,其它种植水稻地块含盐量并不明显高于旱田地块。在富锦试验区土壤弱碱性条件下井水(含盐量为 0.0299%)种稻七年土壤未表现出积盐现象(见表 2)。

表 2 种稻前后土壤含盐量状况 (%)

含 盐 量 土层 (cm)	旱田(对照)				种水稻年限			
	北	东	西	水改旱	一年	四年	六年	七年
0~5	0.0716	0.0721	0.0977	0.0602	0.1895	0.1198	0.0920	0.0823
5~15	0.0635	0.0806	0.0883	0.0499	0.1037	0.0769	0.0405	0.0742
15~30	0.0662	0.0870	0.0806	0.0721	0.1090	0.0823	0.0609	0.0823
30~50	0.0920	0.0942	0.0968	0.0806	0.1332	0.0930	0.0919	0.1090
平 均	0.0765	0.0871	0.0903	0.0699	0.1257	0.0893	0.0723	0.0914

注:北、东、西是以水田为中心三个方位的旱田地块。

2.2.2 代换性阳离子含量与组成 富锦水田试验区土壤代换性盐基离子含量随土层加深而增加,盐基离子组成以 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子为主, Na^{+} 离子含量、碱化度、盐基饱和度都比较高(表 3)。试验区土壤物理性质差,湿时泥泞不透水,干时坚硬结壳,影响作物出苗及根茎生长,主要是一价盐基离子含量和碱化度高的结果。种植水稻后,地表长时间有一淹水层,水分下渗过程中对土壤盐分有淋洗作用。土壤阳离子代换力大小顺序是^[3]: $\text{H}^{+} > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+}$,因此,对一价离子 K^{+} 、 Na^{+} ,尤其对 Na^{+} 淋洗强烈。旱田土壤种植一年水稻后 Na^{+} 被强烈淋洗,种植四年、七年水稻后下降不明显。 K^{+} 也表现出同样的规律性,但被淋洗程度较 Na^{+} 轻。

表 3 种稻前后土壤代换性阳离子含量变化 (me/100g 土)

地 块	层次(cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	(K ⁺ +Na ⁺)/ (Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺)(%)	碱化度	盐基饱和度
旱 田	0~5	31.10	11.90	0.904	3.26	9.76	6.57	95.46
		33.40	10.10	1.182	3.726	11.28	7.48	97.71
		40.40	12.05	1.112	3.069	7.97	5.33	98.36
		32.50	12.30	0.712	3.910	10.32	7.50	95.18
	5~15	30.52	11.65	1.025	3.606	10.99	7.51	97.39
		49.90	15.05	1.112	3.367	7.86	5.49	99.15
		33.70	13.70	0.712	5.011	12.07	9.09	96.55
		52.60	12.25	0.799	4.264	7.81	6.10	100
	15~30	35.91	14.10	1.008	3.547	9.11	6.51	99.10
		46.05	14.55	0.619	5.007	9.28	7.61	99.33
		63.11	11.50	0.730	4.204	7.64	5.29	100
		60.00	15.15	0.921	3.905	6.42	4.88	100
	30~50	26.40	12.90	1.008	3.308	10.9	4.88	91.39
		31.00	10.35	0.991	3.308	10.4	6.93	94.37
		53.00	15.25	0.799	3.726	6.6	6.57	100
		67.30	59.95	0.660	3.965	5.6	5.11	100
种 植 水 稻 年 限	一 年	31.10	14.65	0.694	0.572	2.8	1.18	98.23
		32.50	15.00	0.668	0.409	2.3	1.03	98.59
		58.91	16.10	0.556	0.446	1.3	1.11	99.64
		69.60	17.60	0.425	0.798	1.4	1.62	100
	四 年	25.25	18.35	0.591	0.572	2.7	1.17	91.41
		27.80	17.05	0.597	0.409	2.4	0.84	93.69
		42.40	17.50	0.587	0.446	1.7	0.72	98.76
		68.00	16.00	0.459	0.798	1.5	0.97	100
	七 年	25.00	12.90	0.660	0.559	3.2	1.29	89.95
		26.20	12.40	0.625	0.495	2.6	1.13	93.12
		34.41	14.05	0.688	0.825	3.1	1.35	97.70
		69.50	15.95	0.585	1.127	2.0	1.29	100

$\frac{K^{+}+Na^{+}}{Ca^{++}+Mg^{++}}$ 和碱化度,旱田土壤分别为 6.42~11.28%和 4.88~9.09%,从碱化度加以衡量,土壤弱碱化^[3]。种植一年水稻后各土层 $\frac{K^{+}+Na^{+}}{Ca^{++}+Mg^{++}}$ 和碱化度下降明显,随着种稻年限的延长再无明显下降。以上分析表明:种稻后由于田内经常保持水层,淋洗作用持续进行,对 Na⁺、K⁺淋洗强烈,尤其代换性 Na⁺下降幅度大,有利于提高土壤团聚性。这种效果必须在种植水稻条件下才能保持,当改种旱田后,田间无淹水层,土壤水分运动不再以下渗为主,而以蒸发为主,吸附力比较小的 Na⁺、K⁺就会随毛管水上升。

旱田土壤盐基饱和度比较高,在 95.46~100 之间,随土层加深盐基饱和度升高,30~50 厘米土层已是盐基饱和土壤。种植水稻后 0~5 厘米、5~15 厘米土层盐基饱和度下降明显,而

且随种植年限的延长有持续下降趋势,所影响的土层深度也有所加深。水改旱后盐基饱和度回升较慢。盐基饱和度小说明土壤颗粒吸附的 H^+ 比较多,土壤 pH 值低。盐基饱和度与 pH 值成显著正相关,相关系数 $r=0.9413$ 。

2.2.3 土壤盐分阴离子组成 富锦试验区土壤可溶性盐阴离子组成中无 CO_3^{2-} (表 4),土壤阴离子组成以 HCO_3^- 为主,按照盐类的溶解度以及阴离子代换力大小来考虑盐类组成,不难看出土壤中 HCO_3^- 主要与 Na^+ 结合成重碳酸钠,这是土壤 pH 值偏高的一个重要原因。

表 4 种稻前后土壤阴离子组成变化 (me/100g 土)

地 块	层次(cm)	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^- 占总量%
旱 田	0~5	—	0.3420	0.178	0.1846	48.5
		—	0.3918	0.140	0.4163	41.3
		—	0.2255	0.100	0.3854	31.7
	5~15	—	0.4154	0.152	0.1992	54.2
		—	0.5216	0.136	0.1563	64.1
		—	0.2665	0.136	0.2239	42.5
	15~30	—	0.6136	0.136	0.0258	79.1
		—	0.5806	0.134	0.0027	82.1
		—	0.3690	0.111	0.1396	59.6
	30~50	—	0.6584	0.130	0.0483	78.7
		—	0.6938	0.138	0.0246	81.0
		—	0.5658	0.093	0.1708	68.3
水 改 旱	0~5	—	0.1534	0.144	0.3256	24.6
	5~15	—	0.1912	0.132	0.1794	38.0
	15~30	—	0.4956	0.124	0.0296	76.3
	30~50	—	0.5900	0.120	0.0011	82.9
种 植 水 稻 年 限	0~5	—	0.5617	0.097	1.1885	30.4
	5~15	—	0.4264	0.124	0.4468	42.8
	15~30	—	0.6478	0.108	0.2333	65.5
	30~50	—	0.7749	0.134	0.3042	63.9
	0~5	—	0.1968	0.146	0.8895	16.0
	5~15	—	0.2542	0.107	0.3989	33.4
	15~30	—	0.5352	0.096	0.1073	72.5
	30~50	—	0.6232	0.109	0.0958	75.3
	0~5	—	0.1558	0.196	0.5163	17.9
	5~15	—	0.2808	0.148	0.3063	38.2
	15~30	—	0.5105	0.124	0.1167	68.0
	30~50	—	0.7995	0.142	0.0167	83.5

注:表中旱田三组数据是水田北、东、西三个方位地块。

HCO_3^- 对植物十分有毒^[3],种植一年水稻后, HCO_3^- 绝对含量和占阴离子总量的百分数无明显变化,但当种植年限达到四年时,0~5 厘米、5~15 厘米土层减少明显,再延长到七年时,无明显下降,可见种植四年水稻后 HCO_3^- 含量已趋于稳定。

表 3、表 4 可知:种植水稻后土壤中 Na^+ 和 HCO_3^- 明显地被淋洗到深层土壤,说明土壤中 Na^+ 和 HCO_3^- 是以重碳酸钠形成被淋洗的。土壤中 NaHCO_3 的减少有利于改善土壤的理化性质,同时也是降低 pH 值的重要原因。 HCO_3^- 占阴离子的百分数与 pH 值成正相关($r=0.7481$)。

3 讨论

灌溉不当是引起土壤次生盐渍化及碱化的原因^{[1][2]},但富锦试验区井水含盐量较低,井水种稻七年土壤未表现积盐现象,而 0~15 厘米土层 pH 值由 7.92~8.30 下降为 6.76~7.45。

种稻后,土壤代换性 Na^+ 、 K^+ 被强烈淋洗,尤其代换性 Na^+ 减少明显, $\frac{\text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$ 下降;0~15 厘米土层盐基饱和度和 pH 值明显下降,这种效果只有在水田环境才能保持,当改种两年旱田后,又恢复到旱田水平。另外,种植水稻后对 0~15 厘米土层中阴离子组成也发生影响, HCO_3^- 的含量以及占阴离子百分比降低。由此可见, Na^+ 和 HCO_3^- 是以重碳酸钠的形式被淋洗到深层土壤。这有利于改善耕层的土壤结构和减轻重碳酸钠的危害。

以上结果是在富锦试验区土壤及井水水质条件下,种稻七年获得的结论。随着种稻年限的延长及土壤与水质条件不同的地区,井水种稻土壤盐分及 pH 值的变化还需进一步监测研究。

参 考 文 献

- 1 俞仁培等. 土壤碱化及其防治. 农业出版社, 1984
- 2 黎立群. 盐渍土基础知识. 科学出版社, 1986
- 3 土壤教研室. 土壤学. 东北农学院内部教材, 1984, 53~186

Study on Varying Laws of Soil Salinity and pH Value of Weakly Alkaline Soil in Planting Paddy Rice Using Well Water

Gong Zhenping et al.

(Northeast Agricultural University)

Abstract The varying Laws of soil salinity and pH value of weakly alkaline soil in planting paddy rice using well water were studied in the paper. The results showed: Soil of weakly alkaline soil in Fujin Paddy Rice Testing Area didn't display salinization phenomenon after seven years of planting paddy rice using well water; pH value of 0~15cm layer descended from 7.92~8.30 to 6.76~7.45 after planting paddy rice, meanwhile, HCO_3^- content and $(\text{K}^+ + \text{Na}^+)/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ ratio decreased. soil pH value, replacing Na^+ content and $(\text{K}^+ + \text{Na}^+)/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ ratio rised to the level of original upland field again after changing paddy field into upland field.

Key words Weakly alkaline soil, Planting paddy rice using well water, Soil salinity, pH value