

# 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,  $\text{HCO}_3^-$  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  $\text{Na}^+$  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  $\text{Na}^+$ 、 $\frac{\text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$  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<sup>[1]</sup>: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<sup>[2]</sup>,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 交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  $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$  离子为主, $\text{Na}^{+}$  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<sup>[3]</sup>: $\text{H}^{+} > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+}$ ,因此,对一价离子  $\text{K}^{+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ ,尤其对  $\text{Na}^{+}$  淋洗强烈。旱田土壤种植一年水稻后  $\text{Na}^{+}$  被强烈淋洗,种植四年、七年水稻后下降不明显。 $\text{K}^{+}$  也表现出同样的规律性,但被淋洗程度较  $\text{Na}^{+}$  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 <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	(K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> )/ (Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> )(%)	碱化度	盐基饱和度	
旱 田		31.10	11.90	0.904	3.26	9.76	6.57	95.46	
	0~5	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	
	15~30	52.60	12.25	0.799	4.264	7.81	6.10	100	
		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	
水 改 旱	30~50	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	
	0~5	26.40	12.90	1.008	3.308	10.9	4.88	91.39	
	5~15	31.00	10.35	0.991	3.308	10.4	6.93	94.37	
种 植 水 稻 年 限	15~30	53.00	15.25	0.799	3.726	6.6	6.57	100	
	30~50	67.30	59.95	0.660	3.965	5.6	5.11	100	
	一	0~5	31.10	14.65	0.694	0.572	2.8	1.18	98.23
		5~15	32.50	15.00	0.668	0.409	2.3	1.03	98.59
	年	15~30	58.91	16.10	0.556	0.446	1.3	1.11	99.64
		30~50	69.60	17.60	0.425	0.798	1.4	1.62	100
	四	0~5	25.25	18.35	0.591	0.572	2.7	1.17	91.41
		5~15	27.80	17.05	0.597	0.409	2.4	0.84	93.69
	年	15~30	42.40	17.50	0.587	0.446	1.7	0.72	98.76
		30~50	68.00	16.00	0.459	0.798	1.5	0.97	100
七	0~5	25.00	12.90	0.660	0.559	3.2	1.29	89.95	
	5~15	26.20	12.40	0.625	0.495	2.6	1.13	93.12	
年	15~30	34.41	14.05	0.688	0.825	3.1	1.35	97.70	
	30~50	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<sup>[3]</sup>。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<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>淋洗强烈,尤其代换性Na<sup>+</sup>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<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>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
		—	0.6584	0.130	0.0483	78.7
	30~50	—	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
		—	0.4264	0.124	0.4468	42.8
		—	0.6478	0.108	0.2333	65.5
	5~15	—	0.7749	0.134	0.3042	63.9
		—	0.1968	0.146	0.8895	16.0
		—	0.2542	0.107	0.3989	33.4
	15~30	—	0.5352	0.096	0.1073	72.5
		—	0.6232	0.109	0.0958	75.3
		—	0.1558	0.196	0.5163	17.9
	30~50	—	0.2808	0.148	0.3063	38.2
		—	0.5105	0.124	0.1167	68.0
		—	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<sup>[3]</sup>,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 $\text{Na}^+$ 和 $\text{HCO}_3^-$ 明显地被淋洗到深层土壤,说明土壤中 $\text{Na}^+$ 和 $\text{HCO}_3^-$ 是以重碳酸钠形成被淋洗的。土壤中 $\text{NaHCO}_3$ 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。 $\text{HCO}_3^-$ 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<sup>[1][2]</sup>,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 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 被强烈淋洗,尤其代换性 $\text{Na}^+$ 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, $\text{HCO}_3^-$ 的含量以及占阴离子百分比降低。由此可见, $\text{Na}^+$ 和 $\text{HCO}_3^-$ 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 didint display salification 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,  $\text{HCO}_3^-$  content and  $(\text{K}^+ + \text{Na}^+)/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$  ratio decreased. soil pH value, replacing  $\text{Na}^+$  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