

文章编号:1003-8701(2013)02-0087-05

吉林省西部新增盐碱水田排水污染物负荷特征研究

王媛¹, 张刚^{2*}, 张蕾³, 朱显梅¹

(1. 吉林省环境科学研究院, 长春 130021; 2. 东北师范大学环境学院, 长春 130024;
3. 吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130022)

摘要:吉林省西部地区实施土地整理和引水工程后累计新增水田 $2.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 盐碱地改水田后, 以 TN (总氮)、TP (总磷) 和盐类物质为输出特征污染物的水田退水污染问题凸显。2010 年对位于吉林省西部镇赉县的典型试验水田采用田间试验研究方法, 分析了水田排水中 TN、TP 和总盐量年净输出强度特征, 估算了年净输出负荷, 并研究了盐碱水田收割后土壤中盐碱离子含量动态特征。结果表明: 田间排水中 TN、TP 和总盐量的年净输出强度为 4.7 kg/hm^2 、 0.29 kg/hm^2 和 3159.7 kg/hm^2 ; 年净输出负荷为 $1.269 \times 10^5 \text{ kg/hm}^2$ 、 $0.783 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ 和 $8.531 \times 10^7 \text{ kg/hm}^2$, 盐碱水田退水中以巨量盐类物质净输出为特征。

关键词: 松嫩平原; 盐碱地; 水田退水; TN; TP; 总盐

中图分类号: S156.4

文献标识码: A

Studies on Characteristics of Pollutants in the Drain of the New Paddy Field of Kaline Soil in the West Area of Jilin Province

WANG Yuan¹, ZHANG Gang^{2*}, ZHANG Lei³, ZHU Xian-mei¹

(1. *Research Academy of Environmental Sciences of Jilin Province, Changchun 130024;*

2. Northeast Normal University, Changchun 130024;

3. School of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: Total of $2.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ of paddy fields had been converted after the implementations of the land arrangement and water-diversion projects in the west areas of Jilin Province. The severe drainage pollution featuring with the typical output pollutants such as TN, TP and T-S (Total Salts) has been exposed during the process of conversion of kaline soil into paddy fields. Based on continuous sampling and observation of drainage and soil of the typical pilot paddy fields in the area of Zhenlai County in 2010, the output concentration of TN, TP and T-S (Total Salts) and the net output load has been analyzed and estimated, respectively. The features of ions contents in paddy fields have been researched after the rice harvest and the research results were as follows: The concentrations of annual drainage in TN, TP and T-S (Total Salts) were 4.7 kg/hm^2 , 0.29 kg/hm^2 and 3159.7 kg/hm^2 , respectively; the annual net output loads were $1.269 \times 10^5 \text{ kg/hm}^2$, $0.783 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ and $8.531 \times 10^7 \text{ kg/hm}^2$. The major net output in drainage was large quantity of salt substance.

Keywords: Songnen Plain; Kaline soil; Drain of paddy field; TN; TP; Total salts

收稿日期: 2012-11-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40673059); 吉林省财政厅项目(2009)

作者简介: 王媛(1978-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事非点源污染与防治研究。

通讯作者: 张刚, 男, 博士, 副教授,

E-mail: zhangg217@nenu.edu.cn

吉林省三大水利工程, 即“引嫩入白工程”、“大安灌区工程”和“哈达山水利枢纽工程”, 以及总投资 62 亿元的吉林省西部土地开发整理重大项目的陆续实施, 为吉林省新增水田 27 万 hm^2 , 年增产大米 16.5 亿 $\text{kg}^{[1]}$ 。这是吉林省继 20 世纪 80 年代初西部水田开发的又一重大举措, 在短时间内开发如此大面积的水田在吉林省水稻发展史上绝无仅有, 在全国也很少见, 而相应引发的环

境与生态方面的系列问题需要认真予以研究和解决。

1 研究背景

吉林省西部土壤盐碱化问题由来已久,但在建国前期,土壤盐碱化现象并不严重,20 世纪 50 年代初,吉林省西部盐碱化土壤面积仅为 107.90 万 hm^2 ;到 20 世纪 80 年代末达到 140.65 万 hm^2 ;目前吉林省西部盐碱化土壤面积增至 160.69 万 hm^2 ,占该区土地总面积的 34.18%,农业用地占盐碱地总面积的 28.7%,草地占 33.9%,而撂荒碱斑地则占 28.2%^[2]。这些盐碱地特殊的物理化学性质,多数不适宜发展旱地农业,却可以经过改造种植水稻,尤其在三大水利工程与土地整理工程实施的背景下,开发这些后备土地资源,变劣质资源为优势资源,对确保国家粮食安全具有重要意义。

盐碱地改水田后,土地利用格局发生变化,流域内水质与水量平衡发生变化,可能诱发系列区域生态与环境问题,诸如水田的次生盐碱化,流域农田非点源污染,水田退水污染等问题,值得关注与研究。本文以典型试验水田田间试验研究为依据,分析了吉林省西部新增灌区内盐碱地改水田后,灌溉水与水田排水中营养物质 TN(总氮)、TP

(总磷)与盐类物质的输入输出特征,估算了年净输出负荷,分析了试验水田土壤盐碱离子含量特征;旨在为吉林省西部新增灌区的盐碱地治理和水资源保护提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

吉林省西部地区位于松嫩平原西南部,年平均降水 300~500 mm,降水不足导致吉林西部土地盐碱化、沙化趋势严重。目前,吉林西部地区盐碱化土壤总面积为 $1.634\ 5\times 10^6\ \text{hm}^2$,占吉林省盐碱化土壤总量的 98%以上^[3]。该区域盐碱土资源属于内陆苏打盐碱型,盐分组成以 Na_2CO_3 (碳酸钠)和 NaHCO_3 (碳酸氢钠)为主,含有少量的硫酸盐和氯化物,土壤肥力普遍不高,作物平均产量普遍较低。

试验水田位于吉林省西部白城市镇赉县五棵树徐家村,原为盐碱地,2007 年依托引水工程,逐步开发成水田(表 1)。试验农田周围 1 km 范围内无工业及生活污染源,其墒沟、田埂、排水沟均符合农田水利要求,灌溉水取自延伸到田间的引水工程水渠网络端,灌溉时由水渠泵入灌溉沟网,水田退水顺地势排入田间泄沟,入松花江水系。

表 1 试验水田概况

样地类型	地理位置(中心)		样地规格(m^2)
1#地 2010 年开耕种 1 年	46° 7.284′ N	123° 35.565′ E	50×133 m
2#地 2009 年开耕种 2 年	46° 7.284′ N	123° 35.560′ E	50×200 m
3#地 2008 年开耕种 3 年	46° 7.373′ N	123° 35.563′ E	50×150 m
4#地 2007 年开耕种 4 年	46° 7.315′ N	123° 35.561′ E	50×160 m

2.2 方法

2.2.1 土地平整

试验水田原为盐碱地,表层有硬壳,透水性非常差。因此,首先对盐碱地内的土壤进行深耕、深翻,通过疏松表层土壤、改善土壤结构,以利于泡田和加快土壤盐分淋溶。然后,对样地内土地进行平整。实行灌水前和灌水后平整土地相结合的方法,消除试验田地面起伏,使地表形成方向一致的和缓倾斜面,达到灌水通畅、淹水均匀、浸泡充分、排水快捷、排盐迅速的目的。土地平整后即可进行上水泡田耕种。

2.2.2 田间水浆管理

在各田块四角和中间安装了简易水位计,以其平均读数作为田间水层厚度。水田田间水浆管理机制为 4 月末开始上水泡田,一次性灌水使田

间水面高度达到 10 cm;5 月中旬开始插秧前换水,然后施肥($750\ \text{kg}/\text{hm}^2$),重新上水,水头高度一般保持 8 cm,保肥期间不排水,6 月末保肥期结束后排干田间水,并重新上水,保持水头高度 10 cm;此后 7、8 月份,每 10 d 放水并上水,由于蒸发量大,每 2~3 d 补充水量 20%~30%,始终保持 10 cm 高水头;至 9 月初最后一次排干田间水后,不再上水,10 月初收割。

田间土壤中氮磷及盐分等物质解析是一个动态过程^[4-5],因此试验根据实测来确定试验水田各灌排水期田间水层中 TN、TP 及总盐类物质浓度。

灌溉、排水量的计算。根据田间水浆管理机制,确定灌溉量、排水量的控制方程为:

$$h=h_i-1+I+P-D-S-E-Q$$

(1)

其中, h 为田间水位(mm); I 为灌溉量(mm/d);

P 为降雨量(mm/d) ;S 为排放量(mm/d) ;D 为渗透量(mm/d) ,为 h 的函数 ,符合 Darcy 定律 ,根据实测资料 ,当 $h=0 \sim 40$ mm 时 , $D=3 \sim 5$ mm/d ;当 $D=40 \sim 50$ mm 时 , $D=6 \sim 8$ mm/d ;当 $h=8 \sim 9$ mm 时 , $D=17 \sim 28$ mm/d。E 为蒸散量(mm/d) ,为露天水面蒸发量的函数 ,通常取 $0.8 \sim 1.6(1.0 \sim 1.2)$ 倍的水面蒸发量。Q 为作物吸收量(mm/d) ,为叶龄的函数 ,同时与土壤含水量、日照等因素有关 ,此处暂不考虑。当 $h<$ 水位下限时 ,开始引水灌溉 ;当 $h>$ 水位上限时 ,开始排水。根据上式迭代计算逐日灌溉、排水量。

统计表明 ,水田种植期间(试验期间) ,灌溉引水水层累计厚度 138 cm ,排水累计厚度 78 cm。2010 年研究区域累计降水 300.1 mm ,80%集中在 7、8 月份。

2.2.3 样品分析

2010 年 4 月 20 日~11 月 16 日对试验水田进行了连续采样与监测。按照田间水浆管理机制分别于 2010 年 5 月 13 日(泡田期)、5 月 20 日(保肥期初)、6 月 28 日(保肥期末)和 8 月 2 日(生长期) ,对灌溉用水和水田排水进行了连续采样 ,11 月 16 日(收割后)对水田土壤进行采样。对水样及土壤样品中 TN、TP、总盐分、盐碱离子含量等指标进行了测定 ,其中 ,TN:采用碱性过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法(GB11894-89) ;TP:采用过硫酸钾消解 - 钼锑钨分光光度法(GB11893-89)。碳酸

根和重碳酸根在土壤浸出液滤出后 ,立即用双指示剂中和滴定法进行测定。 Cl^- (氯离子)采用硝酸银滴定法进行测定。 SO_4^{2-} (硫酸根)、 Ca^{2+} (钙离子)、 Mg^{2+} (镁离子)采用 EDTA 络合滴定法进行测定。 K^+ (钾离子)、 Na^+ (钠离子)采用火焰光度法进行测定^[6]。

3 结果与讨论

3.1 水中氮磷分析

氮磷元素都是水稻生长发育不可缺少的物质 ,氮肥主要是通过影响有效穗、穗粒数、结实率、千粒重而促进水稻产量的形成 ,磷肥主要是通过影响有效穗、穗粒数而促进产量的形成。氮磷配合施用 ,对水稻植株抗盐能力具有明显的提升作用^[7-8]。水稻生长需要施用氮磷肥 ,其向田间水中的释放直接影响着水中 TN 和 TP 含量。

试验期间 ,水田灌溉用水中 TN 和 TP 浓度并非远低于水田排水(图 1 和图 2)。在泡田期内 ,灌溉水 TN 浓度 1.18 mg/L ,田间排水达到 4.00 mg/L ,水田氮素输出浓度是输入浓度的 3.39 倍 ;至 7~8 月份水稻生长期 ,灌溉水 TN 浓度升至 1.91 mg/L ,田间排水降到 0.90 mg/L ,氮素输入浓度逆转为输出浓度的 2.12 倍。水田中磷素也由泡田期的输出是输入 3.13 倍逆转为生长期的输入是输出的 1.41 倍。分析数据发现 ,在生长期 ,灌溉水中 TN 浓度小幅度增加 ,而田间排水中 TN 浓

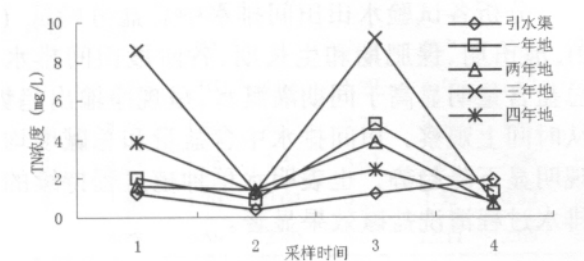


图 1 灌溉水与田间排水中 TN 浓度

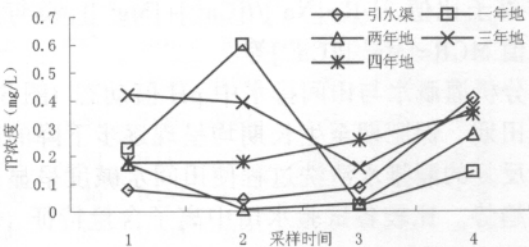


图 2 灌溉水与田间排水中 TP 浓度

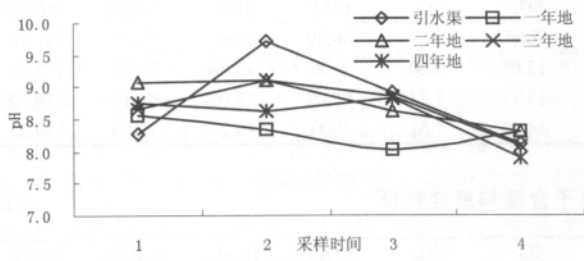


图 3 灌溉水与田间排水中 pH 值趋势

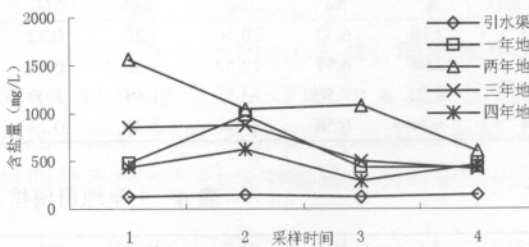


图 4 灌溉水与田间排水中含盐量趋势

度却明显降低 ,从而导致输入输出浓度关系发生逆转。推测因为在生长期 ,水稻对 N 和 P 等营养

物质旺盛需求导致田间水中溶解态氮磷素含量显著降低 ;同时上游水田退水携带大量氮磷素进入河

流后 ,也提高了下游灌溉引水中氮磷素浓度 ,导致了上游农田退水对下游农田灌溉的氮磷二次污染问题。

在各试验水田内 ,保肥期间(初期和末期)田间水中 TN 和 TP 浓度均呈较明显波动趋势 ,TN 前期低后期高 ,TP 前期高后期低。究其原因 ,试验水田由盐碱地改造而来 ,土壤中氮磷素背景含量较低 ,田间水中氮磷含量易随外源(如施氮磷肥等)输入影响而变化 ,氮磷肥等施用时间以及释放特征影响了田间水中氮磷素浓度的变化。此外 ,从水田耕种年限比较 ,田间水中 TN 浓度 3、4 年地要高于 1、2 年地 ,TP 亦有类似趋势 ,仅 1 年地保肥初

期出现个极大值。推测为开发年限较长的水田 ,其土壤中氮磷水平明显较高 ,而致田间水中氮磷水平也较高。

结合泡田期、保肥期和生长期 3 个阶段灌溉用水输入和田间排水输出中 TN、TP 和总盐分浓度特征 ,对水田氮素、磷素和总盐分的输出负荷进行了估算(表 2)。在生长期 ,由于灌溉水中输入的氮磷浓度高于田间排水输出 ,故该阶段无氮磷净输出。结果表明 ,试验水田中 TN、TP 和总盐分的年净输出强度为 4.7 kg/hm² , 0.29 kg/hm² 和 3 159.7 kg/hm² ;盐碱水田中 ,盐碱类物质仍是主要的输出特征污染物 ,氮磷净输出强度相比较小。

表 2 水田排水 TN、TP 和总盐净输出负荷 mg/L

	TN			TP			总盐分		
	灌水	排水	净输出	灌水	排水	净输出	灌水	排水	净输出
泡田期 10 cm	1.18	4.00	2.82	0.08	0.25	0.17	131.16	837.34	706.18
保肥期 8 cm	0.82	3.18	2.36	0.06	0.21	0.15	128.69	732.22	603.53
生长期 10 cm	1.91	0.90	-	0.41	0.29	-	149.27	477.72	328.45
输出负荷(kg/hm ²)	-	-	4.7	-	-	0.29	-	-	3159.70

3.2 水中盐碱化指标分析

根据水环境中主要盐类对水体盐碱化的作用 ,将水中主要盐碱化成分分为 2 类^[9-11]。第 1 类是盐碱水化学的基本成分 ,如 pH、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺ 等的含量 ,表明了水体中各种盐碱化成分的含量特征 ;第 2 类是派生成分 ,如钠吸附比 SAR=2 [Na⁺]/ ([Ca²⁺]+ [Mg²⁺])、钠离子占阳离子百分率 SSP=[Na⁺]/([Ca²⁺]+[Mg²⁺]+[Na⁺]+[K⁺])、钠离子与 2 价阳离子比值 SDR=[Na⁺]/([Ca²⁺]+[Mg²⁺])、镁与钙的比值 MCR=[Mg²⁺]/[Ca²⁺]等。

分析灌溉水与田间排水中 pH 值动态 (图 3) ,在泡田期、保肥期至生长期均呈现逐步下降的趋势 ,反复的灌排水清洗过程使田间水碱度呈显著下降趋势。比较各试验水田中离子含量特征 (表

3~7) ,各试验水田各时段田间水中阳离子 Na⁺ 含量明显高于其他阳离子 ,且由保肥期至生长期 ,各试验水田田间水中 Na⁺ 浓度明显降低 ,相应的 SAR、SSP 和 SDR 也显著降低。此外 ,各试验水田田间水中阴离子 HCO₃⁻ 含量明显高于其他阴离子 ,动态与 Na⁺ 类似。表明试验水田仍以 Na⁺ 和 HCO₃⁻ 离子为盐碱化特征 ,水田开发有助于清洗盐碱。

分析各试验水田田间排水中总盐分特征 (表 2) ,泡田期、保肥期和生长期 ,各阶段田间排水中总盐含量明显高于同期灌溉水 ,呈现净输出趋势 ;从时间上观察 ,田间排水中含盐量和总碱度均呈现明显下降趋势 ,也表明水稻种植过程持续的灌排水过程清洗盐碱效果显著。

表 3 引水渠内灌溉用水主要离子含量和总盐特征 mg/L

采样批次	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总碱度	含盐量
1	2.19	6.32	20.16	3.26	0.72	3.27	5.64	2.59	86.89	0.00	71.26	131.16
2	2.04	6.97	23.52	4.08	0.46	3.93	12.00	0.20	6.06	78.56	74.54	137.85
3	2.50	7.50	23.11	1.45	1.09	5.91	13.15	1.71	11.08	52.02	61.15	119.52
4	1.74	6.58	25.96	3.34	0.14	5.54	14.93	1.61	0.00	89.27	73.23	149.27

表 4 1 年地田间排水主要离子含量和总盐特征 mg/L

采样批次	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总碱度	含盐量
1	3.12	100.00	11.09	11.11	0.70	13.74	65.25	5.80	1.82	262.53	218.33	475.70
2	6.46	187.30	53.75	16.31	0.60	22.25	101.50	1.82	0.76	595.01	489.23	986.02
3	3.50	66.67	29.96	10.34	3.61	6.58	26.73	0.84	5.97	84.39	243.18	438.59
4	1.43	67.08	30.83	21.02	0.32	6.59	26.51	0.96	13.94	257.33	257.60	440.00

表 5 2 年地田间排水主要离子含量和总盐特征 mg/L

采样批次	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总碱度	含盐量
1	1.87	400.00	41.32	10.60	1.47	47.78	129.29	1.93	44.84	885.58	801.06	1564.81
2	1.86	278.84	15.96	6.62	1.54	35.34	93.45	0.94	15.15	594.08	512.48	1043.78
3	6.00	215.91	51.79	25.61	4.12	37.49	74.43	0.72	50.81	619.08	592.46	1085.96
4	1.27	90.00	37.70	15.15	0.00	3.95	13.37	0.65	0.00	432.95	355.16	595.07

表 6 3 年地田间排水主要离子含量和总盐特征 mg/L

采样批次	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总碱度	含盐量
1	4.17	205.00	21.16	9.58	1.86	25.26	160.30	26.54	401.19	3.94	335.42	862.58
2	4.62	183.60	28.57	15.80	1.51	67.41	0.95	0.91	10.60	556.18	473.81	870.15
3	4.25	110.42	17.05	7.54	6.13	22.36	28.00	0.30	23.87	282.66	271.63	502.58
4	0.61	29.02	55.16	13.18	0.1	8.04	10.42	0.68	0.00	300.41	246.44	417.62

表 7 4 年地田间排水主要离子含量和总盐特征 mg/L

采样批次	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总碱度	含盐量
1	2.72	100.00	7.47	4.69	1.50	22.51	57.19	10.71	6.06	234.18	202.16	447.85
2	3.33	102.80	55.46	12.23	1.42	81.81	81.36	0.82	3.03	290.26	243.10	632.73
3	2.50	45.83	17.85	11.89	2.17	19.73	10.93	1.57	6.82	178.62	157.86	297.91
4	0.27	19.76	64.57	19.67	0.00	8.17	9.01	0.80	0.00	335.93	275.90	458.19

3.3 土壤中盐碱化指标分析

水稻收割后 ,分析各水田内土壤样品(表 8) ,与对照相比 ,1~4 年试验水田土壤中 pH 值并未发生明显的变化 ,有机质含量有了较明显的提高。3 年(4#)地与 1 年(2#)和 2 年(3#)地相比 ,盐碱离

子含量和总含盐量 ,以及碱度都有了显著的降低 ,表明经过持续的水田耕作 ,土壤盐碱化程度有了明显的降低。4 年(5#)地离子含量和含盐量又明显增加 ,说明盐碱水田有发生次生盐碱化的潜力和趋势。

表 8 试验田收割后土壤中主要离子含量和总盐特征 mg/kg

样号	pH	有机质 (%)	物质含量(mg/kg)											总碱度	含盐量 (%)
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻		
1	8.21	1.07	1.15	5.99	6.47	1.67	0.201	0.43	1.25	0.008	0.044	0.00	45.86	37.61	0.64
2	8.26	1.42	2.05	9.24	9.39	1.96	0.089	0.71	0.50	0.096	0.027	0.00	62.65	62.65	0.87
3	8.25	1.58	2.30	5.82	9.87	2.06	0.151	0.64	1.50	0.117	0.024	0.00	54.66	44.83	0.77
4	7.36	1.30	0.04	0.25	1.55	0.82	0.067	0.50	1.30	0.142	0.043	0.00	7.41	6.08	0.12
5	8.28	1.66	2.40	6.51	13.11	2.65	0.128	0.85	1.85	0.096	0.033	0.00	74.81	61.35	1.02

注 1 为盐碱地对照 2~5 为 1~4 年试验水田。

4 结 论

吉林西部实施土地整理与引水工程后 ,累计新增水田 2.7 × 10⁴ hm² ,采用田间试验的方法 ,研究了新增盐碱水田的水浆管理机制 ,灌溉引水与水田退水中 TN、TP 营养物质输入输出浓度特征 ,水中盐碱成分动态特征 ,以及土壤中盐碱离子含量特征等 ,获得如下研究结论。

吉林西部改造盐碱地累计新增水田 2.7 × 10⁴ hm² ,按照新增盐碱水田水浆管理机制分析 ,试验水田耕种期间累计引水水层厚度 138 cm ,排

水水层厚度 78 cm ,新增盐碱水田全耕种期水田退水总量为 2.106 × 10⁸ m³。

水稻生长期(6~8 月) ,灌溉水中营养物质 TN 和 TP 浓度逐渐增加 ,至 8 月份已经超过水田退水浓度 ,灌区内灌溉用水高氮磷水平 ,表明吉林西部新增水田退水中氮磷二次污染的问题较为突出。

根据试验水田灌溉用水和排水中氮磷和总盐分浓度特征 ,估算 TN、TP 和总盐量 ,年净输出强度为 4.7 kg/hm² ,0.29 kg/hm² 和 3 159.7 kg/hm² ;年净输出负荷 :1.269 × 10⁵ kg/hm² ,(下转第 96 页)

商在北京和辽宁之后排第三位,单产在山东、安徽、河南之后,位居第4位。因此河北省梨果生产优势还有提高的空间,主要是依靠提高单产水平,在今后较长时期内应依靠技术进步提高内在品质和外观质量,注重标准化建设,降低产后营销成本以及提高经营管理效率等方式保持河北省梨果产业的优势,挖掘竞争潜力。

参考文献:

- [1] 刘 洋,张泽民.珠三角工业各行业比较优势分析[J].商场现代化,2010(17):109-110.
- [2] 马增林.黑龙江省大豆产业发展问题研究[D].东北农业大学,2009.
- [3] 张 强.中国梨果出口竞争力和国际市场研究[D].华中农业大学,2007.
- [4] 杨洪艳.河北省低碳经济评价指标体系及对策研究[D].河北农业大学,2012.

(上接第77页)

- [2] 霍俊伟,李著花,秦 栋.黑穗醋栗营养成分和保健功能及产业发展前景[J].东北农业大学学报,2011,42(2):139-144.
- [3] 徐洪国,高庆玉,祁宏英.黑穗醋栗组织培养和遗传转化[J].果树学报,2009,26(2):190-193.
- [4] 朱亚民.内蒙古植物药志(1卷)[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,2000:516-518.
- [5] 关秀杰.黑穗醋栗主要品种资源及栽培技术[J].中国林副特产,2000,55(4):27-28.
- [6] 周以良.黑龙江植物志(第6卷)[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1998:59-75.
- [7] 哈斯巴根,苏亚拉图,耿星河,等.楔叶茶藨(*Ribes diacanthum* Pall.)果实营养成分及其食用价值评价[J].内蒙古师

范大学学报(自然科学汉文版),2007,36(4):477-479,483.

- [8] 修荆昌,张 辉,赵伟光.长白山区茶藨子属资源及其开发利用[J].吉林农业大学学报,2002,24(5):75-77,85.
- [9] 吕云波,宋德禄.黑穗醋栗组织培养工厂化育苗[J].中国林副特产,1997,40(1):46-47.
- [10] 刘用生,李友勇.植物组织培养中活性炭的使用[J].植物生理学通讯,1994,30(3):214-217.
- [11] Berardi G. Micropropagation of callery pear from seeding explants[J]. Sci. Horticult(Amsterdam),1993,53(1-2):157.
- [12] Wang QC. Factors affecting rooting of microcuttings of the pear rootstock Bp10030[J]. Sci. Horticult,1991,45(3-4):209.
- [13] 郭春慧,马凤桐.黑穗醋栗试管苗生产工艺流程的研究[J].西北农业大学学报,1991,19(2):65-72.

(上接第86页)

- [6] 裴正峰.摘薹对不同密度油菜产量及经济性状的影响[J].安徽农学通报,1998,4(3):33-34.
- [7] 石有明,张丕辉,石华娟,等.甘蓝型双低油菜油蔬两用栽培

的产量、效益及菜薹营养研究初报[J].中国农学通报,2009,25(23):224-227.

- [8] 黄华磊,石有明,周 燕,等.重庆市双低油菜油蔬两用技术的研究与应用[J].中国园艺文摘,2010(6):14-16.

(上接第91页)

$0.783 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ 和 $8.531 \times 10^7 \text{ kg/hm}^2$;盐碱水田以盐类物质的巨量输出为污染特征。

盐碱地改水田后,土壤中离子含量仍以 Na^+ 和 HCO_3^- 型为特征;随着耕种年限的增加,土壤 pH 值变化不明显,有机质含量逐年增加, Na^+ 和 HCO_3^- 含量逐年减少;部分水田随耕种年限增加有次生盐碱化的倾向。

参考文献:

- [1] 孙 强,李鹏志,江振东.吉林省西部盐碱地水稻开发几个关键问题的探讨[J].吉林农业科学,2010,35(2):53-55.
- [2] 杨 福,梁正伟.关于吉林省西部盐碱地水稻发展的战略思考[J].北方水稻,2007(6):7-12.
- [3] 刘志明,晏 明,何艳芬.吉林省西部土地盐碱化研究[J].资源科学,2004,26(5):111-116.

- [4] 杨爱玲,朱颜明.地表水环境非点源污染研究[J].环境科学进展,1999,7(5):60-67.

- [5] 阎百兴.松嫩平原农业非点源污染研究[D].吉林大学,2004.
- [6] 叶洁琼,袁瑞霞,王兆慧,等.氮素在盐碱稻田内的动态变化及潜在环境影响分析[J].安徽农业科学,2011,39(17):10374-10376,10425.
- [7] 凌启鸿,张洪程,丁艳锋,等.水稻精确定量栽培理论与技术[M].北京:中国农业出版社,2006:92-138.
- [8] 李 珣,付立东,齐春华.氮磷钾不同施入量对水稻产量的影响[J].北方水稻,2010,40(4):19-21,24.
- [9] 宋新山,邓 伟,闫百兴.松嫩平原西部水环境中各盐碱化成分的变异特征[J].东北水利水电,2002,20(9):45-46.
- [10] 李取生,李秀军,李晓军,等.松嫩平原苏打盐碱地治理与利用[J].资源科学,2003,25(1):15-20.
- [11] 顾 佳,李 勇,杨林章,等.直播水稻田田面水氮素动态变化及径流损失研究[J].安徽农业科学,2009,37(8):3626-3628.