

周新伟,沈明星,陆长婴,等. 再生水灌溉对白菜产量、品质及土壤化学性状的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):130-133.

再生水灌溉对白菜产量、品质及土壤化学性状的影响

周新伟^{1,2}, 沈明星^{1,2}, 陆长婴^{1,2}, 吴彤东^{1,2}, 陈凤生^{1,2}, 王海候^{1,2}, 施林林^{1,2}

(1. 苏州市农业科学院/江苏太湖地区农业科学研究所, 江苏苏州 215155;

2. 农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站, 江苏苏州 215155)

摘要:采用盆栽试验与小区试验的方法,研究了等氮量条件下不同比例再生水氮替代化肥氮,对白菜(*Brassica campestris chinensis*)产量、品质及土壤养分、盐分变化的影响。结果表明,与施用 100% 化肥相比,采用 44% ~ 77% 氮素替代率的再生水灌溉,对白菜的产量及植株生长无显著影响;再生水氮替代化学氮肥施用可以显著促进白菜还原糖含量的增加,并且随着替代率的增加而提高,对维生素 C、硝酸盐含量影响不大;再生水灌溉提高了土壤碱解氮的含量,对土壤有机质、速效磷、速效钾无显著影响;再生水连续灌溉 3 茬可造成土壤盐分含量提高。再生水灌溉替代化肥氮肥施用,不仅节约化学氮肥,而且减少农村面源污染,实现氮素养分的循环利用,但连续施用多茬再生水应注意土壤盐分增加带来的影响。

关键词:再生水;蔬菜;产量;品质;土壤化学性状

中图分类号: S634.307 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0130-03

再生水是指对工业排水、生活污水等非传统水源进行回收,经适当处理后达到一定水质标准,并在一定范围内重复利用的水资源。再生水的农业应用是国内外有效缓解农业用水紧张的重要举措之一,也是污水资源化利用,减轻污水排放二次污染的发展趋势。我国是一个水资源十分短缺的国家,农业生产严重依靠灌溉,据统计,约占全国耕地面积 50% 的灌溉面积上生产着全国粮食总产量的 75% ~ 80%。我国有效灌溉面积自 1990 年的 4.740×10^7 hm^2 增长到 2009 年的 5.926×10^7 hm^2 ,平均每年新增 1.3%,而农业用水比例则自 2001 年的 64% 下降到 2008 年的 62%,农业用水被挤占严重^[1]。另一方面,我国各地河流、湖泊等地表水体污染的不断加剧加重了水资源短缺的矛盾。在水资源日益短缺与水体污染不断加剧的双重压力下,清洁无害的农业灌溉水源就显得极为珍贵。为弥补水源的严重不足,农区利用污水进行农业灌溉的现象在我国已较为普遍,尤其在我国北方地区,污水已成为农业灌溉用水的一个主要水源。

由于经济和技术原因,再生水中的污染物质并没有被完全去除,其中丰富的 N、P 元素、较高的全盐含量、多种毒性痕量物质(重金属、有机污染物等)以及病原体使再生水具有水源、肥源、污染源三种属性,这三种属性决定了再生水灌溉具有正负两方面的效应。正面效应主要表现为:再生污水中含有大量植物生长所必需的营养元素,合理的污水灌溉可改善土壤性质、提高土壤肥力,从而促进植物生长。负面效应主要

表现为:再生水中含有有毒痕量物质以及病原体等污染物,这些污染物随污水灌溉进入土壤-植被系统中,对土壤乃至于动、植物生态链造成毒害;再生水中大量的悬浮颗粒物随灌溉进入土壤-植被系统,导致土壤理化性质发生变化,可能进一步降低土壤肥力^[2]。

国内在再生水灌溉对农作物及土壤影响的研究中,主要从再生水替代水源的角度开展,在维持原有施肥管理水平的条件下,没有考虑灌溉再生水后增施了再生水中的 N、P 等营养元素,且不同地区的试验结果受再生水处理技术、当地气候、土壤、栽培管理方式和灌溉制度等因素的影响而不同^[3-4]。本试验采用盆栽试验结合田间试验的方法,从再生水部分替代化学肥料氮素的角度,研究总氮量相等情况下生活源再生水灌溉对作物产量、品质及土壤养分、盐分状况的影响,为再生水的资源化利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试再生水取自江苏省苏州市相城区新埂村农村生活污水处理站处理过的生活污水,经测定再生水重金属含量符合 GB 5084—2005《农田灌溉水质标准》,pH 值 7.67,含有机质 1.29%、全氮 55 mg/L、铵态氮 1.4 mg/L。供试蔬菜品种为白菜(*Brassica campestris chinensis*)品种上海青。供试土壤含有机质 3.57 g/kg、碱解氮 155.63 mg/kg、速效磷 41.36 mg/kg、速效钾 180.8 mg/kg, pH 值为 7.21,电导率(EC 值)为 0.31 mS/cm。试验采用的钵钵直径 17.5 cm,高 14 cm。供试化肥为尿素,含氮量 46%。

1.2 试验设计

再生水氮替代化肥氮试验:按再生水氮替代化肥氮替代率 44%、55%、66%、77%、0(100% 化肥,CK)进行试验。采用盆栽试验,每处理 3 次重复,每重复 1 盆,随机区组排列。各处理按照施等量氮的原则设计,从播种至收获共施入氮素 60 kg/hm²。

收稿日期:2013-05-06

基金项目:江苏省苏州市科技支撑计划社会发展项目(编号:SS201025)

作者简介:周新伟(1971—),男,江苏苏州人,副研究员,主要从事农业资源与环境研究。Tel:(0512)65385097;E-mail:zxw0512@163.com。

通信作者:沈明星,研究员。Tel:(0512)65380551;E-mail:smxwjw@163.com。

再生水对土壤盐分影响试验:在设施蔬菜大棚内进行田间小区试验,按照施等氮量的原则,设再生水与化肥(CK)二个处理,每处理 3 次重复,随机区组排列,小区面积 20 m²。

1.3 试验方法

再生水氮替代化肥氮试验:于 2011 年 9 月 1 日至 2011 年 10 月 10 日在苏州市农业科学院玻璃温室内进行。试验前每个试验盆装土 4 kg,2011 年 9 月 1 日播种,播种量为 45 kg/hm²,10 月 10 日收获。氮肥中 21.4% 作基肥施用,其余部分采用追肥方式施用,将再生水及尿素按相应比例混合,使尿素充分溶解后浇灌,并保持土壤湿度基本一致。各处理的磷、钾肥以基肥形式一次施入,施用量为 P₂O₅ 60 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²。

再生水对土壤盐分影响试验,于 2012 年 3 月 1 日—2012 年 8 月 1 日在江苏省苏州市相城区虞河蔬菜产销合作社蔬菜基地钢管塑料大棚内进行。在试验小区内进行连续 3 茬白菜播种与生产,每茬生长周期 45 d,白菜的播种期分别为 2012 年 3 月 1 日、2012 年 4 月 18 日、2012 年 6 月 29 日,播种量为 45 kg/hm²。试验前各小区地力保持一致,出苗后再生水处理区只浇灌再生水,白菜每茬(45 d 内)施用含氮量为 145 mg/L 的再生水 6.649 × 10⁵ kg/hm²,化肥施用区(CK)施等氮量尿素稀释液,将尿素用清水溶解成全氮浓度为 145 mg/L 的肥水浇灌。

1.4 采样与测定方法

盆栽试验播种后 40 d 各重复单独取样,测定白菜鲜重;每重复随机取 10 株考查白菜的叶片数、株高、叶片叶绿素 SPAD 值;收获后测定白菜可溶性糖、维生素 C、硝酸盐含量。叶片叶绿素 SPAD 值用日产 SPAD-502 型叶绿素计测定,选定有代表性的叶片,每株测定 2 叶,每重复测定 10 株,取平均值。可溶性糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,用 UV-2000 紫外可见分光光度计测定其在 540 nm 波长下光密度值,查对标准曲线并计算得样品中可溶性糖含量。维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法,用 25 mL 酸式滴定管测定。硝酸盐含量采用磺基水杨酸比色法,用 UV-2000 紫外可见分光光度计测定其在 410 nm 波长下光密度值,查对标准曲线并计算得样品中硝酸盐含量。盆栽试验开始前及试验结束后取 0~15 cm 土壤进行理化分析,测定土壤 pH 值、EC 值、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾,pH 值用 pHS-3C 型 pH 计测定,EC 值用 DDS-11A 数显电导率仪按固液体积比为 1:5 测定,土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量采用

土壤常规分析方法^[5]。

再生水对土壤盐分影响试验,于每茬白菜收获后采用对角线 5 点取样法取每小区 0~20 cm 土样,测定土壤 pH 值、EC 值、全盐含量、K⁺、NO₃⁻、Na⁺、Cl⁻,测定方法采用土壤常规分析方法^[5]。

1.5 数据处理

数据处理与制图采用 Microsoft Excel 2003 软件,统计分析采用 SPSS18.0 软件,采用 LSD 多重检验法及 t 检验法对各个处理进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同比例再生水替代化学氮肥对白菜产量的影响

由图 1 可见,不同比例再生水替代化学氮肥后对白菜产量的影响不大,再生水替代各处理与 100% 化肥对照(CK)间未达显著差异;再生水替代化肥的各处理间产量达显著差异(P<0.05),其中以再生水氮替代率 55% 处理产量最高,其次是替代率 44% 处理。由此可见,一定比例的再生水替代化肥施用,不影响白菜产量,但可以节约部分化肥。

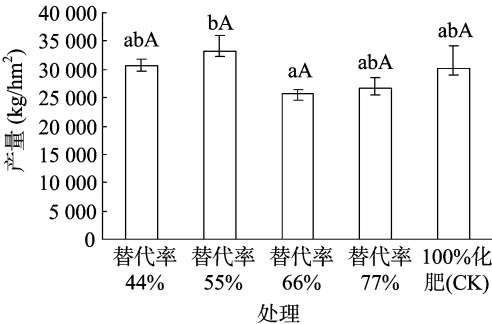


图1 不同比例再生水替代化学氮肥各处理的白菜产量

2.2 不同比例再生水替代化学氮肥对白菜植株生长及品质的影响

由表 1 可见,再生水替代化学氮肥后,对株高的影响不大,均未显著差异;各处理的单株叶片数,化肥替代率 44%、55%、66% 处理均少于 100% 化肥对照,差异达显著水平(P<0.05),替代率 77% 处理与对照差异不大,未达显著水平;叶片叶绿素计 SPAD 无损诊断技术可以间接反映作物叶片叶绿素的含量及含氮量,由表 1 可见,再生水替代化肥各处理对叶片 SPAD 值影响不大,与 100% 化肥对照相比未达显著差异。

表 1 不同比例再生水替代化学氮肥各处理的白菜营养生长及品质

处理	单株叶片数 (张)	株高 (cm)	叶绿素 SPAD 值	还原糖含量 (%)	维生素 C 含量 (mg/kg)	硝酸盐含量 (mg/kg)
替代率 44%	4.33aA	14.45aA	40.17aA	0.62bAB	638.38aA	5 061.87aA
替代率 55%	4.07aA	15.57aA	38.84aA	0.61bAB	645.51aA	5 135.32aA
替代率 66%	3.97aA	14.34aA	40.85aA	0.72bcAB	621.02aA	5 754.68aA
替代率 77%	4.03abA	14.67aA	38.59aA	0.78bcB	552.79aA	5 818.05aA
100% 化肥(CK)	4.73bA	16.42aA	40.17aA	0.47aA	670.63aA	5 745.13aA

注:同列中不同大、小写字母分别表示处理间差异达 0.01、0.05 显著水平。

可溶性糖含量是蔬菜主要营养品质之一。由表 1 可见,再生水替代化学氮肥的各处理均较 100% 化肥对照明显提高可溶性糖含量,达极显著差异(P<0.01),且白菜的可溶性糖含量随再生水替代率的提高而增加,即替代率 77% > 替代率

66% > 替代率 55% > 替代率 44% > 100% 化肥对照。维生素 C 含量也是蔬菜的重要营养品质指标,测定结果表明,再生水替代化学氮肥的各处理白菜维生素 C 含量与 100% 化肥对照没有显著差异。硝酸盐含量是蔬菜安全品质之一,过量硝酸盐对人体不利,因此,蔬菜一般以硝酸盐含量较低为宜,国家对叶菜类硝酸盐含量规定的安全限量标准为 < 3 000 mg/kg。测定结果表明,再生水替代化学氮肥的处理与 100% 化肥对照硝酸盐含量均未达显著差异,本试验中各处理白菜硝酸盐含量均大于 3 000 mg/kg,可能是试验设计的氮素用量较高所致。

2.3 不同比例再生水替代化学氮肥对土壤理化性质的影响

土壤理化性质直接影响植物生长,再生水替代化学氮肥灌溉 40 d 后,土壤理化性质测定结果(表 2)表明,再生水替代率 44% 处理的 pH 值较 100% 化肥对照处理下降了 0.27,

表 2 不同比例再生水替代化学氮肥各处理的土壤理化性质

处理	pH 值	EC (mS/cm)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
替代率 44%	7.1aA	0.32aA	3.43aA	140.82abA	37.25aA	143.65aA
替代率 55%	7.28abA	0.34aA	3.5aA	140.41abA	39.90aA	143.15aA
替代率 66%	7.29abA	0.36aA	3.8aA	152.67aA	37.95aA	145.13aA
替代率 77%	7.34bA	0.28aA	3.49aA	142.67abA	36.93aA	132.04aA
100% 化肥(CK)	7.37bA	0.26aA	3.51aA	132.77bA	35.95aA	129.15aA

注:同列中不同大小写字母分别表示处理的差异达 0.01、0.05 显著水平。

2.4 施用再生水对土壤盐分的影响

再生水在设施大棚内连续多茬施用对土壤盐分含量的影响见表 3,由表 3 可见,连续施用 2 茬再生水后,土壤全盐量、EC 值与 100% 化肥对照无显著差异,但随着施用次数的增加,连续施用 3 茬后,全盐量、EC 值较 100% 化肥对照显著($P < 0.05$)、极显著增加($P < 0.01$)。对各种盐离子测定结果(表 4)表明, K^+ 、 NO_3^- 与全盐含量的趋势一致,连续施用 2 茬后没有显著差异,连续施用 3 茬后差异显著($P < 0.05$); Na^+ 第 1 茬与第 3 茬较对照有显著($P < 0.05$)和极显著增加($P < 0.01$); Cl^- 则连续施用 3 茬与 100% 化肥对照相差不大。 Na^+ 、 K^+ 、 NO_3^- 、 Cl^- 含量与全盐量的相关系数分别为 0.833($P < 0.05$)、0.833($P < 0.05$)、0.832($P < 0.05$)、0.682($P >$

差异达显著水平,而替代率 55%、66%、77% 处理的 pH 值较 100% 化学氮肥对照变化不明显,没有达到显著水平。再生水替代化学氮肥灌溉各处理对土壤 EC 值无显著影响,由于 EC 值可以一定程度反映土壤盐分含量,可见,短期内施用再生水并不引起盐分显著提高。土壤有机质是评价土壤肥力的一项重要指标,与多种土壤养分相关,同时对土壤持水供水能力、孔隙度和团聚度等物理性质有重要的影响。结果表明,再生水替代化学氮肥各处理对土壤有机质含量的影响不大,均没有达显著水平。与 100% 化学氮肥对照相比,再生水替代化肥灌溉能不同程度增加土壤中碱解氮的含量,其中替代率 66% 处理增加最明显,与 100% 化肥对照差异达显著水平($P < 0.05$)。再生水替代化肥灌溉对土壤中速效磷、速效钾含量的增加不显著。

0.05),表明 Na^+ 、 K^+ 、 NO_3^- 累积是全盐量增加的主要原因。由此可见,短期施用再生水不会引起土壤盐分增加,但随着施用次数的增加,将导致土壤盐分增加。

表 3 再生水施用后土壤盐分含量的变化

处理	pH 值		EC 值(mS/cm)		全盐(g/kg)	
	再生水	化肥(CK)	再生水	化肥(CK)	再生水	化肥(CK)
第 1 茬	6.10	6.07	0.30	0.26	2.208	1.663
第 2 茬	6.27	6.36	0.25	0.19	2.075	2.017
第 3 茬	6.12*	6.23	0.33**	0.24	1.775*	0.506

注:* 表示与化肥对照相比 $P < 0.05$, ** 表示与化肥对照相比 $P < 0.01$ 。

表 4 再生水施用后土壤盐离子含量的变化

处理	Cl^- (g/kg)		Na^+ (g/kg)		K^+ (g/kg)		NO_3^- (g/kg)	
	再生水	化肥(CK)	再生水	化肥(CK)	再生水	化学(CK)	再生水	化学(CK)
第 1 茬	0.032 5	0.037 3	0.489*	0.377	0.022	0.024	0.061	0.043
第 2 茬	0.022 5	0.025 0	0.504	0.367	0.031	0.043	0.032	0.020
第 3 茬	0.026 6	0.025 6	0.504**	0.419	0.050**	0.024	0.045**	0.033

注:*、** 分别表示与化肥对照相比差异达 0.05、0.01 显著水平。

3 讨论

我国水资源十分匮乏,污水资源化是缓解水资源短缺的有效途径,特别是北方地区,农业灌溉缺水日趋严重,因而再生水灌溉得到越来越多的重视。再生水灌溉一方面能为植物生长提供重要的养分,增加土壤有机质从而提高土壤肥力和生产力水平。另一方面,再生水中有毒化学物质和病原体同时输入土壤-作物系统,会降低土壤和作物生产力或质量,危害环境和人类健康。研究污水灌溉对作物、土壤质量的影响

对养分资源利用与保护生态环境,促进社会经济持续发展有重要意义。以往国内学者对再生水的利用研究时没有考虑再生水富含有机质、N、P 及多种微量元素,试验设计时各处理施用等量肥料,导致试验在养分不均等条件下进行,研究结果大都发现再生水灌溉能提高作物产量与品质^[3-4,6-7]。本研究采用等氮量原则研究了生活源再生水中氮对化肥的替代效应,结果表明,采用 44%~77% 再生水氮素替代化肥氮,对白菜的产量、叶片叶绿素、维生素 C、硝酸盐含量的影响不大,可以明显提高可溶性糖含量,可见,再生水具有较高的肥效,对

闻婧,张俊,孟力力,等. 冬季遮阳对诸葛菜生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):133-134.

冬季遮阳对诸葛菜生长发育的影响

闻婧,张俊,孟力力,唐玲,荣立苹,李淑顺,韦金河,李倩中

(江苏省农业科学院观光农业研究中心,江苏南京 210014)

摘要:为探讨冬季遮阳对诸葛菜生长发育的影响,以野生诸葛菜为材料,分析测定遮阳 25%、50% 和 75% 时植株的生长发育情况。结果表明,在不遮阳、25% 和 50% 遮阳条件下,诸葛菜的叶片数、叶面积、叶片叶绿素含量以及叶片丙二醛含量都与不遮阳对照无显著差别;在遮阳 75% 条件下,诸葛菜叶片的叶绿素含量和丙二醛含量明显低于不遮阳对照。因此,遮阳 25% 和 50% 对诸葛菜冬季的生长发育没有显著影响,在遮阳 75% 时,诸葛菜的正常生理功能降低,出现逆境胁迫现象,不利于诸葛菜冬季的正常生长。

关键词:诸葛菜;遮阳;生长发育

中图分类号: S601 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0133-02

诸葛菜(*Orychragmus violaceus*)是十字花科诸葛菜属芸薹族植物,又名二月兰^[1],为越年生草本野生植物,适应性强,耐寒耐阴,可在东北地区陆地越冬,病虫害少,抗杂草能力强^[2],营养成分丰富。相关研究结果表明,诸葛菜含有丰富的蛋白质、糖类、粗纤维、多种维生素以及人体所需的 8 种氨基酸,是最优良的减肥保健菜^[1];种子油分好,具有高含量的不饱和脂肪酸和低含量的芥酸^[3];诸葛菜还是华北地区优质的绿肥。诸葛菜是一种集菜用、油料、保健、饲用、观赏以及良好抗性于一身的优良植物^[4],具有广泛的开发应用前景。目前,根据诸葛菜可在林间等荫蔽条件下正常生长发育的特性,认为诸葛菜是一种耐阴性强的植物,但未见有关诸葛菜耐阴承受力的详尽报道,尤其是在冬季严寒和荫蔽同时作用下诸葛菜的生长发育情况更未见报道。因此,本试验主要研究诸葛菜在冬季不同遮阳条件下的生长发育情况,旨在获得诸葛

菜正常越冬的最低光照度,为诸葛菜的栽培管理和进一步相关研究提供基础数据支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验材料为野生诸葛菜(*Orychragmus violaceus*),种子采集于南京市中山植物园,2012 年 9 月 10 日播种于江苏省农业科学院智能温室内,9 月 16 日出苗,9 月 21 日移苗至定植箱内,定植箱长宽高均为 1 m,每箱移栽 30 株。

1.2 试验方法

试验于 2012 年 12 月 21 日(冬至)对幼苗进行遮阳处理,并使用 LI-250A 光照计精确测量各处理的光量子流密度。其中每个处理 10 株,重复 3 次。试验设计详见表 1。

表 1 不同处理的光量子流密度

处理	遮阳设置	光量子流密度[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	
		晴天	阴天
不遮阳(CK)	无	245 ± 9	110 ± 7
遮阳 25%	40 目防虫网 2 层	181 ± 13	79 ± 10
遮阳 50%	黑色 2 针遮阳网 1 层	124 ± 15	54 ± 9
遮阳 75%	黑色 3 针遮阳网 1 层	63 ± 13	35 ± 8

收稿日期:2013-05-06

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(12)3015]。

作者简介:闻婧(1983—),女,内蒙古呼和浩特人,硕士,助理研究员,从事设施园艺蔬菜特殊栽培研究工作。Tel: (025) 84392652; E-mail: wenjing123006@sina.com。

于节约氮肥施用,提高经济效益具有积极意义。

由于生活污水再生水中富含多种离子,可能对土壤盐分积累产生影响,本试验进行连续多茬再生水灌溉定位试验,结果表明,短期施用再生水不会引起土壤盐分增加,但连续多茬施用将导致土壤盐分增加,这与前人的研究结果^[8-9]较一致,由于本试验监测的离子种类有限,仅发现连续 3 茬施用再生水后土壤 K^+ 、 Na^+ 、 NO_3^- 较 100% 化肥对照有显著增加。可见,在污水资源化利用生产中,有必要对土壤盐分积累进行定期监测,防治土壤盐渍化的发生。

参考文献:

- [1] 方玉东. 我国农田污水灌溉现状、危害及防治对策研究[J]. 农业环境与发展,2011,28(5):1-6.
- [2] 焦志华,黄占斌,李勇,等. 再生水灌溉对土壤性能和土壤微生物的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29(2):319-323.

- [3] 吕谋超,蔡焕杰,陈新明. 污水灌溉对番茄生理特性及土壤环境的影响[J]. 灌溉排水学报,2007,26(6):26-29.
- [4] 万亮婷,齐学斌. 污水灌溉对冬小麦产量及其品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(5):99-103.
- [5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [6] 孟春香,郭建华,韩宝文. 污水灌溉对作物产量及土壤质量的影响[J]. 河北农业科学,1999,3(2):15-17.
- [7] 吴文勇,许翠平,刘洪禄,等. 再生水灌溉对果菜类蔬菜产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(1):36-40.
- [8] 李恋卿,杜慧玲,冯两蕊,等. 不同年限污水灌溉对石灰性褐土理化性质的影响[J]. 山西农业大学学报,2001,21(1):73-75.
- [9] 裴亮. 污水灌溉对土壤质量的影响研究进展[J]. 水利水电技术,2010,41(10):61-64.