

牛世伟,邹晓锦,何志刚,等. 辽宁省典型农区地下水硝态氮含量调查与监测[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):452-454,506.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.140

辽宁省典型农区地下水硝态氮含量调查与监测

牛世伟, 邹晓锦, 何志刚, 蔡广兴, 陈 玥, 刘子琪, 隋世江

(辽宁省农业科学院植物营养与环境资源研究所, 山东沈阳 110161)

摘要:农村地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标日益严重,为了解和评价其污染状况,2005—2012 年对辽宁省典型农区供水井或农灌井地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量进行了 15 次化验监测,累计 2 839 井次。结果发现,辽宁省典型农区地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量平均值为 22.7 mg/L,41.5% 的地下水水样的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标。研究区域地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量 ≤ 29.5 mg/L 的样品占总数的 83.9%,地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量 ≤ 49.2 mg/L 的样品占总数的 90.7%。2005—2009 年地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量呈现逐年上升的趋势,但变化相对较为稳定,2009—2012 年地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量变化相对不稳定,但总体呈现上升的趋势。监测区域内雨季前的地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 平均含量及超标率大于雨季后的。除 2007、2008 年雨季前外,地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量最大值变化较为平稳,介于 75.1 ~ 167.1 mg/L,但雨季前的最大值要高于雨季后的最大值。

关键词:农区;地下水;硝态氮;辽宁省;监测;评价

中图分类号: X832 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0452-03

氮是农作物生长过程中重要的营养元素之一,由于人们过高追求农产品产量,不合理使用化肥、农药等农业生产资料,使氮素营养物及有机、无机污染物通过地表径流和田间淋溶,造成对江河、湖泊及溪流等水体污染^[1]。Thorburn 等测定了澳大利亚东北农区地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量,发现 14% ~ 21% 的井水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标,其中约有 50% 水井的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 直接来源于肥料等农业生产资料^[2]。王铁军等分析了山东省莱西地区施肥对地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量的影响,发现氮肥对地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的补给量占当次施肥量的 24% 和 43%,进入地下水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量分别约为 130、177 mg/L,高于当地地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 平均含量(63.5 mg/L)浓度^[3]。化肥是提高农作物产量的主要措施之一,氮肥年用量达 250 ~ 350 kg/hm²。通过氮同位素技术判别氮的来源表明,过量的氮肥或不合理施用,是造成土壤和水体中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量过高的原因之一^[4-6],不合理施氮浪费氮肥资源和增加农产品成本,而且导致农产品及饮用水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标,威胁人类健康^[7]。北方饮用水样中半数以上样点硝酸盐含量超过饮用水的最大允许量^[8];华北平原地下水硝态氮含量达 12.5 ~ 30.1 mg/L^[9];皖北农区地下水硝态氮超标严重,60% 以上的饮用井水硝态氮含量超标,氮肥过量及利用率低,是造成地下水硝态氮含量超标的主要原因^[10]。

$\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量影响地下水的品质,水体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量

成为水质的重要指标之一^[11]。人类饮用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标的水后,容易引起肠道功能紊乱,硝酸盐可在人体内被还原为亚硝酸盐,对身体健康直接构成威胁^[12]。我国制定的地下水质量标准中地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量小于 20 mg/L (GB/T 14848—1993《地下水质量标准》),超出则不适合生活饮用水。本研究以辽宁省典型农区为调查监测区域,连续 8 年对农区供水井或农灌井地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量进行了 15 次化验监测,探讨辽宁省典型农区地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量变化规律,为科学合理施肥并有效预防农区地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量超标提供依据。

1 材料与方法

1.1 农区基本情况

本研究监测农业区域涉及水稻主产区、蔬菜主产区、玉米主产区,典型区域包括沈阳市的沈北新区、苏家屯区、于洪区、新民市、辽中县,锦州市的黑山县、北镇市,铁岭市的开原市、铁岭县、昌图县,共 10 个县(市、区),耕地面积 93.4 万 hm²,占全省的 23.40%。水稻主产区年灌水量 7 500 ~ 12 000 t/hm²,长期连作,化肥用量 120 ~ 750 kg/hm²。蔬菜主产区年灌水量 6 000 ~ 12 000 t/hm²,鸡粪用量 75 000 ~ 120 000 kg/hm²,复合肥料用量 3 000 ~ 4 500 kg/hm²,连作 20 年以上。玉米主产区实行机械播种,一次性高氮施肥较为普遍,秸秆还田量较少,一般只进行根茬还田,连作 15 年以上,化肥用量 750 ~ 900 kg/hm²。

1.2 取样与方法

2005—2012 年,在研究区域采集农户供水井或农灌井地下水水样 2 839 个。在采样前排水 10 min,用蒸馏水冲洗塑料瓶,采样时在塑料瓶中加少量硫酸酸化样品并冷冻或加入 HgCl₂ 抑制微生物活动,取水样 500 mL,并设重复 3 次。每取 1 个样点,塑料瓶粘贴标签,标明编号、日期、采样人。记录本登记采样具体地点,并用 GPS 测定位置。采用紫外分光光度

收稿日期:2014-10-09

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:2110402-201258)。

作者简介:牛世伟(1979—),男,辽宁昌图人,硕士,助理研究员,主要从事农业微生物、农业资源利用研究。E-mail: niushiwei@126.com。

通信作者:邹晓锦,博士,主要从事水土污染与修复工作。E-mail: 25021577@qq.com。

计于波长为 220、275 nm 测定 NO_3^- -N 含量。

2 结果与分析

2.1 地下水硝态氮含量总体特征

2005 年 6 月至 2012 年 10 月分别于雨季前(每年 6 月份)和雨季后(每年 9 月份)共 15 次在辽宁省农业生产区域采集供水井或农灌井地下水样品 2 839 井次,辽宁省农区地下水 NO_3^- -N 含量变化范围为痕量~541.5 mg/L,平均值为 22.7 mg/L,已经超过国家地下水质量标准 GB/T 14848—1993 (20 mg/L), 41.5% 的地下水样超标,达标率仅为 58.5%。其中 I、II、III、IV、V 类水分别为 18.0%、9.9%、30.6%、16.6%、24.9%。辽宁省农区地下水 NO_3^- -N 达标率较低,而且潜在超标风险也较大,III 类水已经达到 30.6%,在所有取样点中,超标的水样有 1 184 井次(表 1)。

监测时期雨季前、雨季后地下水 NO_3^- -N 平均含量分别为 26.0、19.3 mg/L,雨季前比雨季后高 6.7 mg/L。雨季前、雨季后地下水 NO_3^- -N 含量达标率分别为 56.0%、60.9%,除 II 类水雨季前和雨季后所占比例分别为 8.0%、11.9% 外,其他各类水体所占比率相差不大。雨季前地下水 NO_3^- -N 含量变异系数要高于雨季后地下水 NO_3^- -N 含量变异系数,雨季前地下水 NO_3^- -N 含量最大值(541.5 mg/L)大于雨季后地下水 NO_3^- -N 含量最大值(158.2 mg/L),雨季前各取样点地下水 NO_3^- -N 含量离散程度要高于雨季后。因此,雨季前地下水 NO_3^- -N 含量所受影响要大于雨季后,形成了研究区域不同取样点地下水 NO_3^- -N 含量不均一性。

表 1 2005—2012 年辽宁省研究区域地下水 NO_3^- -N(以 N 计)含量

参数	样品数	平均值 (mg/L)	最大值 (mg/L)	最小值 (mg/L)	标准差 (mg/L)	变异系数 (%)	20 mg/L 超标率(%)
合计	2 839	22.8	541.5	痕量	28.4	124.5	41.5
雨前	1 506	26.0	541.5	痕量	34.0	131.0	44.0
雨后	1 333	19.3	158.2	痕量	23.9	123.9	39.1

注:2005 年采集 173 个样本,2006—2010 年均采集 189 个样本,2011—2012 年均采集 194 个样本,合计 2 839 个样本(2005 年只采集雨季前样本)。

2.2 地下水硝态氮含量累积频率分布

当 NO_3^- -N 含量在 29.5 mg/L 之前,累积频率增速最快,累积频率达到了 83.9%,即 NO_3^- -N 含量 ≤ 29.5 mg/L,占样品总数的 83.9%;之后累积频率增速迅速下降, NO_3^- -N 含量为 49.2 mg/L 时,累积频率达到了 90.7%,即 NO_3^- -N 含量 ≤ 49.2 mg/L,占样品总数的 90.7%(图 1)。把总体样本分成 $\sqrt{2\,839} + 1 = 55$ 个组,每个组的数据空间为 $(0 \sim 541.5)/55 = 9.8$ mg/L,再计算落入该空间的频率(频数/样本总数 $\times 100\%$),获得辽宁省地下水 NO_3^- -N 含量分布图(图 2)。 NO_3^- -N 含量落入空间 $[0 \sim 9.8]$ mg/L 的频数最高,占样品总数的 34.0%。在空间 $[19.7, 29.5]$ mg/L,空间频率呈上升趋势,之后各空间成下降趋势,到空间 $[118.1, 128.0]$ mg/L 时,其频率接近于 0。

2.3 地下水硝态氮含量动态变化

辽宁省地下水 NO_3^- -N 平均含量达标的年份为 2005、

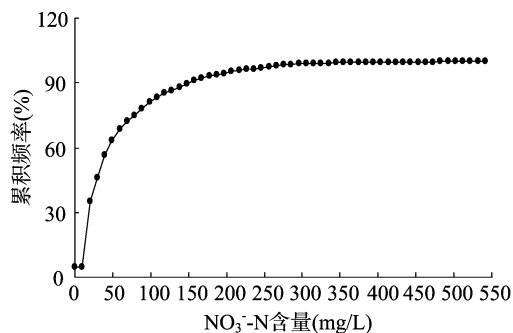


图 1 辽宁省地下水 NO_3^- -N 含量累积分布

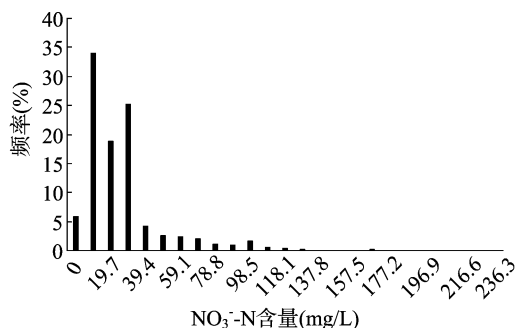


图 2 辽宁省地下水 NO_3^- -N 含量频率分布

2006、2007、2010、2012 年(图 3)。监测期间,有 3 年地下水 NO_3^- -N 平均含量超标,从 2008 年开始出现不同程度的超标,其中以 2011 年(38.1 mg/L)最高,其次为 2009 年的 29.6 mg/L,超标率分别达到了 90.4%、48.1%。以采集样品时间动态的趋势来看,2000—2009 年呈现逐年上升的趋势,变化相对较为稳定;2009—2012 年又呈现高—低—高—低的变化形式,但 2005—2009 年总体呈现上升的趋势。各监测时期变异系数变化相对 NO_3^- -N 含量变化较为稳定,变异系数为 70%~170%。

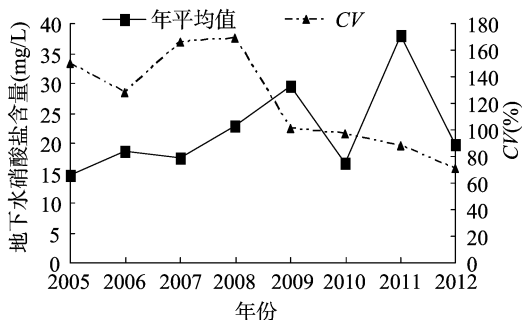
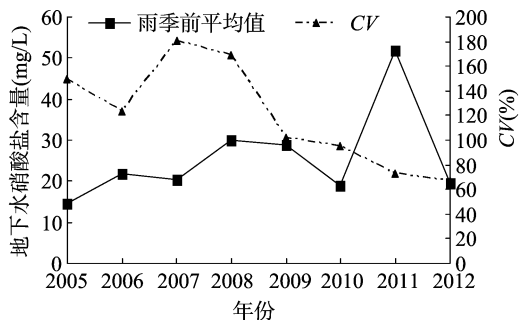
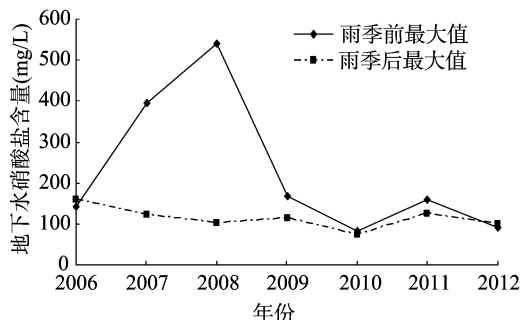
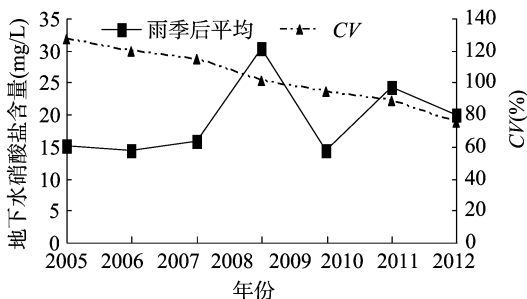


图 3 不同年份地下水 NO_3^- -N 含量年际变化

从 2005—2012 年雨季前地下水 NO_3^- -N 结果看,从 2005 年雨季前开始到 2012 年雨季前 8 个监测时期,地下水 NO_3^- -N 平均含量呈现上升趋势,与全年平均值走势相当。从 2005 年雨季前至 2009 年雨季前呈现上升趋势,变化也相对较为稳定。从 2009 年雨季前至 2012 年雨季前也同样呈现高一低—高一低的变化形式,出现了不稳定趋势,但总体呈现上升趋势。变异系数相对稳定,介于 67%~180% 之间(图 4)。

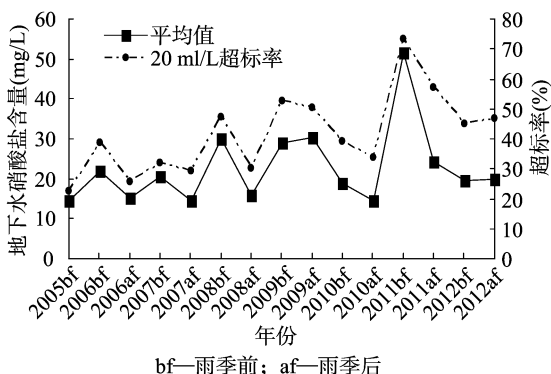
从 2006—2012 年雨季后地下水 NO_3^- -N 结果(图 5)看,从 2006 年雨季后开始到 2009 年雨季后 4 个监测时期,地下水 NO_3^- -N 平均含量呈现上升趋势,2009 年上升的幅度最

图4 雨季前地下水 NO_3^- -N平均含量及变异系数变化图7 地下水 NO_3^- -N含量年度最大值变化图5 雨季后地下水 NO_3^- -N平均含量及变异系数变化

大;而2009—2010年下降的幅度最大,呈现了不稳定的态势;2010—2012年同样出现 NO_3^- -N含量上升的趋势。总体的变异系数相对稳定,介于74%~127%之间,呈现下降的趋势。

2.4 地下水硝态氮含量超标率变化

地下水 NO_3^- -N含量20 mg/L超标率范围在22.5%~73.2%。由不同监测时期地下水 NO_3^- -N含量及超标率曲线可知,2条曲线有较大的相似度,说明 NO_3^- -N含量平均值与超标率相关度较大,并且呈现低高低高的规律性,说明雨季前的含量大于雨季后的含量,雨季前的超标率大于雨季后的超标率(图6)。

图6 不同监测时期地下水 NO_3^- -N含量及超标率变化

2.5 地下水硝态氮含量年度最大值变化

2008年雨季前 NO_3^- -N含量最大值在所有的样本中最大为541.5 mg/L,其次为2007年雨季前的396.7 mg/L,其他时期的 NO_3^- -N最大值都比较平稳,为75.1~167.1 mg/L,但雨季前的最大值要高于雨季后的最大值,雨季后的最大值比雨季前的趋于稳定(图7)。

3 结论

辽宁省农区地下水 NO_3^- -N含量平均值为22.7 mg/L,41.5%的地下水水样超标,达标率为58.5%,其中I、II、III、IV、V类水分别为18.0%、9.9%、30.6%、16.6%、24.9%,辽宁省地下水 NO_3^- -N含量达标率较低,而且潜在超标可能性较大。

研究区域地下水 NO_3^- -N含量 ≤ 29.5 mg/L,累积频率增速最快,占样品总数的83.9%,之后累积频率增速下降;地下水 NO_3^- -N含量 ≤ 49.2 mg/L,占样品总数的90.7%。地下水 NO_3^- -N含量在痕量~9.8 mg/L的频数最高,占样品总数的34.0%。

2005—2009年地下水 NO_3^- -N含量呈现逐年上升的趋势,但变化相对较为稳定;2009—2012年地下水 NO_3^- -N含量变化较为不稳定,但总体呈现上升的趋势。

不同监测时期地下水 NO_3^- -N含量变化呈现低高低高的规律性,并且雨季前的 NO_3^- -N含量大于雨季后的 NO_3^- -N含量,雨季前的 NO_3^- -N含量超标率大于雨季后的 NO_3^- -N含量超标率。

除2007、2008年雨季前外,地下水 NO_3^- -N含量最大值都比较平稳,介于75.1~167.1 mg/L之间,但雨季前的最大值要高于雨季后的最大值,雨季后的最大值比雨季前的更趋于稳定。

参考文献:

- [1]雷刚,崔彩贤,田义文.农村饮用水安全问题研究[J].安徽农业科学,2007,35(5):1481-1482.
- [2]Thorup P J, Biggs J S, Weier K L, et al. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal northeastern Australia [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 94(5): 49-58.
- [3]王铁军,郑西来,崔俊芳.莱西地区施肥对地下水硝酸盐污染的过程[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2006,36(2):307-312.
- [4]Wassenaar, L I. Evaluation of the origin and fate of nitrate in the abbotsford aquifer using the isotopes of ^{15}N and ^{18}O in NO_3^- [J]. Applied Geochemistry, 1995, 10(4): 391-405.
- [5]Spalding R F, Exner M E. Occurrence of nitrate in groundwater - a review [J]. Journal of Environmental Quality, 1993, 22(3): 392-402.
- [6]Rass D J, Rithie J T, Peterson W R. Nitrogen management impacts on yield and nitrate leaching in inbred maize systems [J]. Journal of Environmental Quality, 1999, 28: 1365-1371.

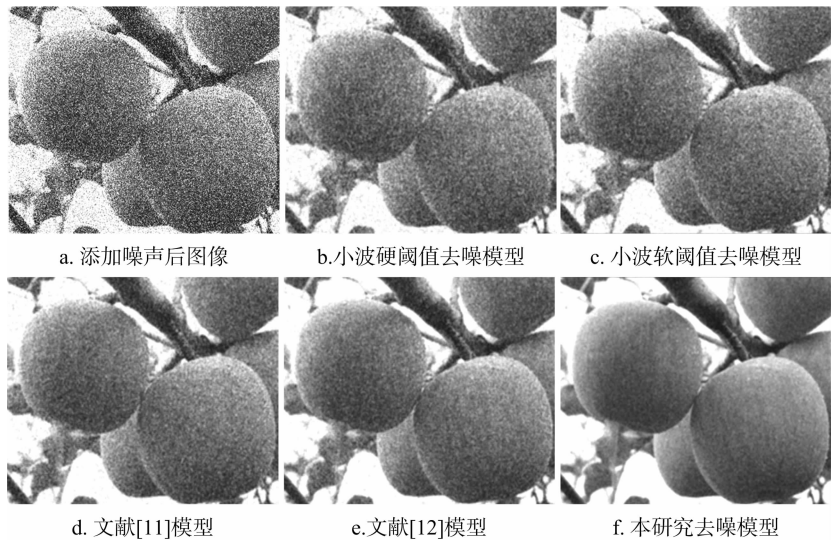


图2 苹果图像 2 去噪结果比较

表 1 本研究中各类去噪模型去噪结果的定量评价结果

测试图像	噪声方差	信噪比 (dB)				
		小波硬阈值去噪模型	小波软阈值去噪模型	文献[11]模型	文献[12]模型	本研究模型
苹果图像 1	0.05	25.048	25.470	27.729	27.746	27.802
	0.10	22.897	23.677	25.365	26.014	26.723
	0.15	19.005	20.369	23.554	23.277	25.895
苹果图像 2	0.05	24.446	25.246	26.635	26.565	26.717
	0.10	22.012	22.778	24.301	24.889	25.823
	0.15	19.379	19.980	22.667	22.113	25.278

经降低到较低的水平,可以认为对于农业图像来说基本失效;本研究模型的 SNR 值高于文献[11]、文献[12]模型约 2~3 dB。由此可以认为,本研究模型的去噪效果与其余 4 类模型相比,略胜一筹。

3 总结

为了有效处理农业图像,本研究提出了 1 种基于自适应改进小波阈值模型的去噪方法。该方法充分融入了小波硬、软阈值去噪模型以及部分已有的改进型小波阈值去噪模型的优势,能够根据小波分解层数的变化而自适应性去除图像中的噪声。试验结果表明,该模型去噪效果较为理想,但是对于图像中细节信息的保持效果仍然有待于进一步提高。

参考文献:

[1]周仕友. 一种结合小波变换的豆类图像增强算法[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):433-435.

[2]姚立健,丁为民,赵三琴,等. 基于 SOFM 神经网络的茄子图像分割方法[J]. 南京农业大学学报,2008,31(3):140-144.

[3]田杰,胡秋霞,马孝义. 基于高斯分布改进 C-V 模型的植物病斑彩色图像分割[J]. 农业工程学报,2013,29(16):166-173.

[4]宋怀波,何东健,龚柳明. 不同光照条件下农作物图像 Contourlet 域融合方法[J]. 农业工程学报,2014,30(11):173-179.

[5]冯娟,曾立华,刘刚,等. 融合多源图像信息的果实识别方法[J]. 农业机械学报,2014,45(2):73-80.

[6]陈树人,邹华东,吴瑞梅,等. 基于高光谱图像技术的稻田苗期杂草识别[J]. 农业机械学报,2013,44(5):253-257,163.

[7]李春霆. 基于图像处理与改进神经网络的大豆品质检测研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):263-266.

[8]赵辉,刘文明,岳有军,等. 一种新的去噪算法在农作物图像处理中的应用[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):371-373.

[9]Donoho D L, Johnstone I M. Ideal spatial adaption by wavelet shrinkage, Biometrika 81[J]. Biometrika, 1994, 81(3):425-455.

[10]Donoho D L. De-noising by soft-thresholding[J]. Information Theory IEEE Transactions on, 1995, 41(3):613-627.

[11]董雪,林志贤,郭太良. 基于 LoG 算子改进的自适应阈值小波去噪算法[J]. 液晶与显示, 2014, 29(2):275-280.

[12]纪峰,李翠,常霞,等. 基于改进阈值函数的自适应图像去噪方法[J]. 传感技术学报, 2014, 27(3):351-354.

[13]寇长林,巨晓棠,张福锁. 三种集约化种植体系氮素平衡及其对地下水硝酸盐含量的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4):660-667.

[14]张维理,田哲旭,张宁,等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995(2):82-89.

[15]刘英华,张世熔,张素兰,等. 成都平原地下水硝酸盐含量空间变

异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(1):114-118.

[16]王道中,郭熙盛,王文军. 皖北蔬菜产区地下水硝酸盐污染研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7):2069-2070.

[17]崔宝荣,邓惠玲,敬燕燕,等. 农村生活饮用水源井的水质调查分析[J]. 环境卫生学杂志, 2012, 2(6):280-284.

[18]冯锦霞,朱建军,陈立. 我国地下水硝酸盐污染防治及评估预测方法[J]. 地下水, 2006, 28(4):58-62.

(上接第 454 页)