

辽河流域典型种植区地下水硝态氮含量特征分析

牛世伟,官 亮,蔡广兴,何志刚,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,辽宁 沈阳 110161)

摘要:以辽河流域典型种植区为研究区域,对其地下水硝态氮含量进行分析,为合理施肥及有效防控种植区地下水硝态氮含量超标提供理论依据。结果表明,辽河流域不同典型种植区地下水硝态氮含量差异明显,具体表现为花卉种植区(37.4 mg/L) > 玉米种植区(22.3 mg/L) > 蔬菜种植区(21.9 mg/L) > 水稻种植区(19.2 mg/L),各典型种植区地下水硝态氮含量除水稻种植区外都超标,但水稻种植区地下水硝态氮含量变异系数较大,有超标的风险;地下水硝态氮含量超标率差异也较明显,其中玉米种植区超标率为12.5%~87.5%,水稻种植区为9.4%~75.5%,蔬菜种植区为17.9%~58.9%,花卉种植区为21.4%~96.0%。另外,对于同一井深,不同种植区地下水硝态氮含量总体均表现为雨季前 > 雨季后。

关键词:辽河流域;种植区;地下水;硝态氮
中图分类号: X523 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)08-0050-05

Nitrate Nitrogen Concentration Characteristics in Underground Water of Typical Planting Areas in Liao River Basin

NIU Shiwei, GONG Liang, CAI Guangxing, HE Zhigang, CHEN Yue, LIU Ziqi, SUI Shijiang
(Plant Nutrition and Environmental Resources Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: The contents of nitrate nitrogen (NO_3^- -N) in underground water from typical planting areas in Liao river basin were analyzed, so as to provide theoretical basis for rational fertilization and effectively prevent the NO_3^- -N content from exceeding standard. The results showed that difference of the contents of NO_3^- -N in groundwater from different typical planting areas was significant. The highest content of NO_3^- -N in underground water was 37.4 mg/L from flower-growing region, then 22.3 mg/L from maize-growing region, 21.9 mg/L from vegetable-growing region, and the lowest content of NO_3^- -N in underground water was 19.2 mg/L from rice-growing region. Except rice-growing region, the contents of NO_3^- -N in undergroundwater of the samples in all planting areas were exceeding standard limit; potential health risk still existed in rice-growing region. Accordingly 12.5%—87.5%, 9.4%—75.5%, 17.9%—58.9% and 21.4%—96.0% of the samples were exceeding standard limit in maize growing region, rice-growing region, vegetable-growing region and flower-growing region. The contents of NO_3^- -N in under-groundwater before the rainy season was higher than that of NO_3^- -N in under-groundwater after the rainy season at the same depth of the well.

Key words: Liao river basin; planting area; underground water; nitrate nitrogen

地下水硝态氮含量超标问题已经引起全球的普遍关注。目前,关于地下水硝态氮含量超标及控制对策等方面的研究很多^[1-10]。Spalding等^[4]对美国200 000个监测点的监测数据分析表明,地下水硝态

收稿日期:2015-01-10
基金项目:农业部农业生态环境保护项目(2110402-201258)
作者简介:牛世伟(1979-),男,辽宁昌图人,助理研究员,硕士,主要从事农业微生物、农业资源利用研究。
E-mail: niushiwei@126.com

氮含量与周围环境密切相关,尤其是集约农区,地下水硝态氮含量超标风险较高,浅层水更容易受到影响;Goss 等^[5]研究发现,加拿大安大略湖南部 1 292 个监测井有 14% 地下水硝态氮含量超标;Khan 等^[6]研究发现,巴基斯坦有 26% 的井水硝态氮含量超过 50 mg/L;闵炬等^[7]研究表明,直湖港小流域大棚菜地周边浅层地下水硝酸盐含量超标率为 35%;冯锦霞等^[8]研究发现,我国浅层地下水约有 50% 的地区硝态氮含量超标;马洪斌等^[9]研究发现,随着农田氮肥投入量的增多,土壤残留的大量氮素进入地下水中,造成地下水硝态氮含量超标;王庆锁等^[10]研究表明,长期过量施用氮肥,引起北京密云水库流域农田地下水硝态氮含量超标,甚至严重超标。氮肥施用过量或不合理,是造成水体中硝态氮含量超标的原因之一^[11-12]。

我国地下水质量标准中规定,地下水硝态氮含量极限值为 20 mg/L,超标则不宜饮用^[13]。研究表明,环渤海周围省市地下水硝态氮含量较高^[14],天津、山东等地区的地下水硝态氮含量也严重超标^[15-16]。然而,众多学者对地下水硝态氮含量研究的监测周期短,研究区域面积小,取样时期不固定,关于我国长期定位监测农业种植区域地下水硝态氮含量的研究鲜有报道。为此,以辽河流域典型种植区为研究区域,连续 8 a 对种植区监测井地下水硝态氮含量进行监测,探讨研究区域地下水硝态氮含量变化规律及超标情况,为水资源的合理利用、人们的安全饮水及有效防控种植区地下水硝态氮含量超标提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

在辽河流域典型种植区,选择具有代表性的玉米种植区、水稻种植区、蔬菜种植区和花卉种植区,种植区域分别涉及沈阳市的沈北新区、于洪区、苏家屯区、新民市和辽中县,锦州市的北镇市和黑山县,铁岭市的开原市、铁岭县和昌图县。玉米种植区旋耕播种,一次性高氮底施较为普遍,秸秆还田面积较少,大部分只进行根茬还田,年灌溉量几乎为零,用水依靠自然降水,该区域多年平均降水量为 600 mm,施肥较浅,化肥用量为 750~900 kg/hm²;水稻种植区年灌溉量为 7 500~12 000 t/hm²,长期连作,分次施肥,化肥用量为 750~1 200 kg/hm²;蔬菜种植区年灌溉量为 6 000~12 000 t/hm²,种植品种单一,鸡粪用量为 50~120 t/hm²,复合肥用量为 3 000~4 500 kg/hm²;花卉种植区主要以玫瑰、菊花、百合等为主,年灌溉量为

4 500~9 000 t/hm²,猪粪用量为 45~60 t/hm²,复合肥用量为 2 250~3 750 kg/hm²。

1.2 水样的采集

2005—2012 年分别于每年雨季前(6 月份)和雨季后(9 月份)进行采样。每个采样点采集 2 个样品,1 个送样分析,1 个备用。采样点均为手压井,采样前至少排水 10 min,使取得的水样为该井井深的水样,采样量至少 500 mL,添加少许稀释 H₂SO₄ 酸化样品。在采样瓶标签上记录采样地点、经纬度、水井井深、水井周围种植作物类型、采样时间、采样人并编号,采样完成后放入装有冰块保温箱带回实验室冷冻保存,样品数量共计 2 839 个。

1.3 硝态氮含量的测定及其评价标准

测定时解冻样品,并用滤纸过滤杂质,然后采用紫外分光光度计在 220 nm 和 275 nm 处测定水样硝态氮含量^[17]。采用地下水质量标准(GB/T 14848—93)^[13]对地下水硝态氮含量进行分类,即硝态氮含量大于 20 mg/L 确定为超标。

2 结果与分析

2.1 辽河流域典型种植区地下水硝态氮含量变化总体特征

由图 1 可知,辽河流域不同种植区地下水硝态氮含量差异明显,其中花卉种植区最高,为 37.4 mg/L;水稻种植区最低,为 19.2 mg/L,具体表现为花卉种植区(37.4 mg/L) > 玉米种植区(22.3 mg/L) > 蔬菜种植区(21.9 mg/L) > 水稻种植区(19.2 mg/L)。水稻种植区硝态氮含量达到地下水质量标准,但稳定性较差,有超标的风险,玉米、蔬菜和花卉种植区地下水硝态氮含量分别超标 11.5%、9.5% 和 87.0%。这是由于玉米、蔬菜和花卉种植区氮肥施用量超过作物需肥量,使残留的氮肥通过淋溶进入地下水,造成硝态氮含量超标。不同种植区硝态氮含量变异系数同样存在较大差异,水稻种植区变异性最强,花卉种植区最弱,具体表现为水稻种植区 > 蔬菜种植区 > 玉米种植区 > 花卉种植区。

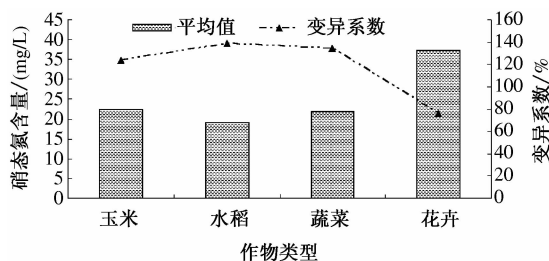
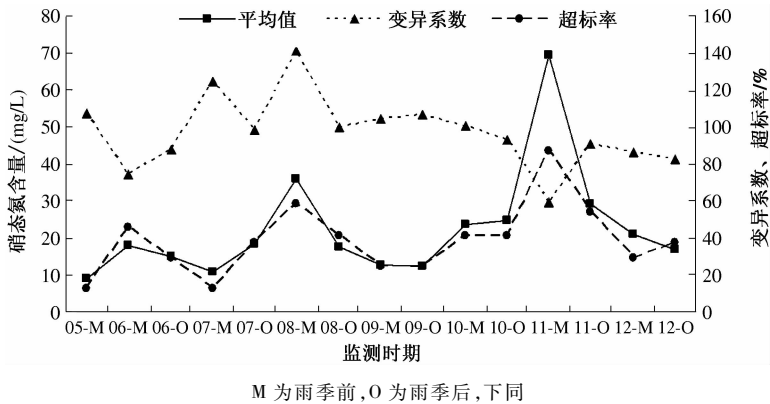


图 1 辽河流域典型种植区地下水硝态氮含量变化总体特征

2.2 玉米种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 2 可知,玉米种植区地下水硝态氮含量呈波浪式上升趋势,共有 3 个峰值,最大峰值在 2011 年雨季前,为 69.4 mg/L,其次为 2008 年雨季前、2006 年雨季前。各监测时期地下水硝态氮含量变异系数较为平稳,在 2005 年雨季前、2007 年雨季前和 2008 年雨季前产生 3 个峰值,分别为 107.5%、

124.5% 和 141.4%;在 2011 年雨季前产生 1 个低谷,变异系数为 59.6%;其他监测时期变异系数大多在 82.3% ~ 107.0%。不同监测时期地下水硝态氮含量超标率为 12.5% ~ 87.5%,变化趋势与硝态氮含量相似,共有 3 个峰值,最大峰值在 2011 年雨季前,为 87.5%,其次为 2008 年雨季前、2006 年雨季前。



M 为雨季前,O 为雨季后,下同
图 2 玉米种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 3 可知,从玉米种植区地下水硝态氮含量总体平均值来看,雨季前≤30 m 井深(27.7 mg/L) > 雨季前 30 ~ 100 m 井深(24.3 mg/L) > 雨季后≤30 m 井深(19.2 mg/L) > 雨季后 30 ~ 100 m 井深(19.0 mg/L),前两者均超标,后两者均未超标,表明相同井深范围雨季前的地下水硝态氮含量大于雨季后,暗示地下水硝态氮含量受降雨的影响较大;另外,总体上同一监测时期地下水硝态氮含量随着井

深的增加而降低,这与杜连凤等^[18]对京郊地区种植区域硝酸盐污染现状调查的结论一致。

2.3 水稻种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 4 可知,水稻种植区地下水硝态氮含量以 2011 年雨季前最高,为 38.5 mg/L,其他时期硝态氮含量变化幅度不是很大,介于 6.9 ~ 29.8 mg/L。而各监测时期变异系数除 2007 年雨季前(231.9%)外总体较为平稳。除 2007 年雨季前外,地下水硝态氮含量超标率变化趋势与硝态氮含量相似,最高峰值为 2011 年雨季前的 75.5%,第二峰值为 2008 年雨季前的 58.3%。

由图 5 可知,对于同一井深,水稻种植区地下水硝态氮含量总体表现为雨季前 > 雨季后,其中以雨季前 30 ~ 100 m 井深(25.2 mg/L)最大,表现为超标;其次为雨季前≤30 m 井深(19.0 mg/L),未超标,但有超标的风险;雨季前 > 100 m 井深(3.7 mg/L)

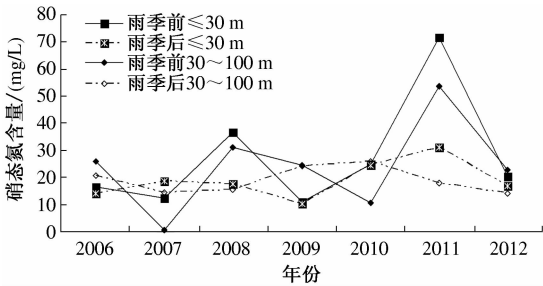


图 3 玉米种植区不同井深地下水硝态氮含量变化特征

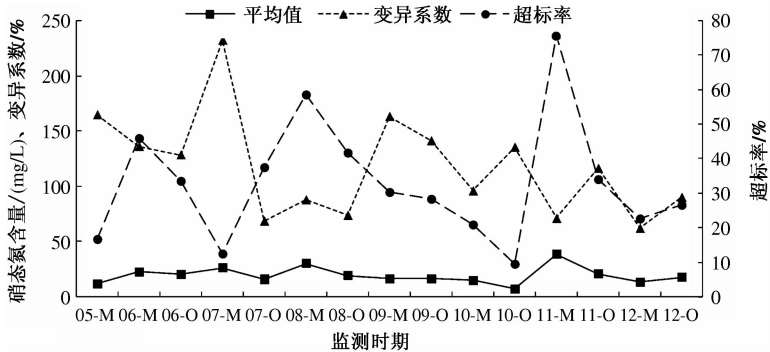


图 4 水稻种植区地下水硝态氮含量变化特征

及雨季后 $\leq 30\text{ m}$ 井深(10.1 mg/L)、30~100 m 井深(16.3 mg/L)和 $>100\text{ m}$ 井深(3.3 mg/L)地下水硝态氮含量总体均未超标。

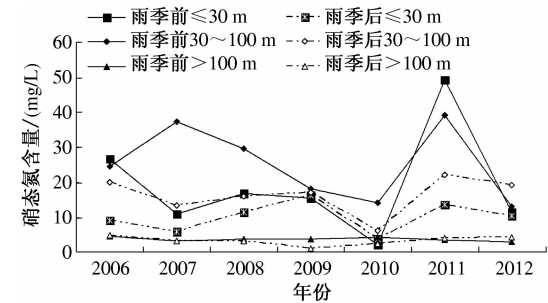


图 5 水稻种植区不同井深地下水硝态氮含量变化特征

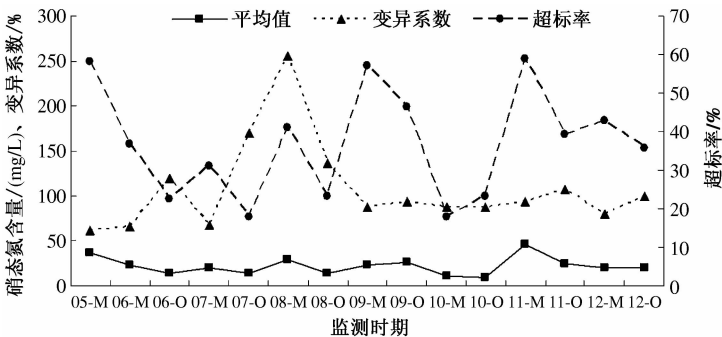


图 6 蔬菜种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 7 可知,对于同一井深,蔬菜种植区地下水硝态氮含量总体表现为雨季前 $>$ 雨季后,其中以雨季前 30 m~100 m 井深(24.0 mg/L)最大,其次为雨季前 $\leq 30\text{ m}$ 井深(23.1 mg/L),两者总体均超标;雨季后 $\leq 30\text{ m}$ 井深(18.4 mg/L)和 30~100 m 井深(14.5 mg/L)地下水硝态氮含量总体均未超标。

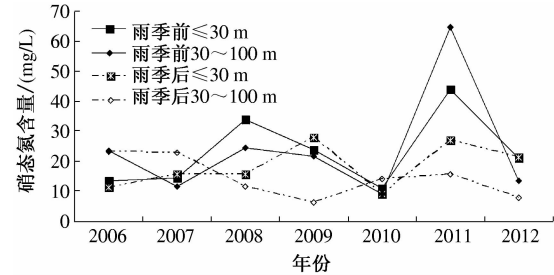


图 7 蔬菜种植区不同井深地下水硝态氮含量变化特征

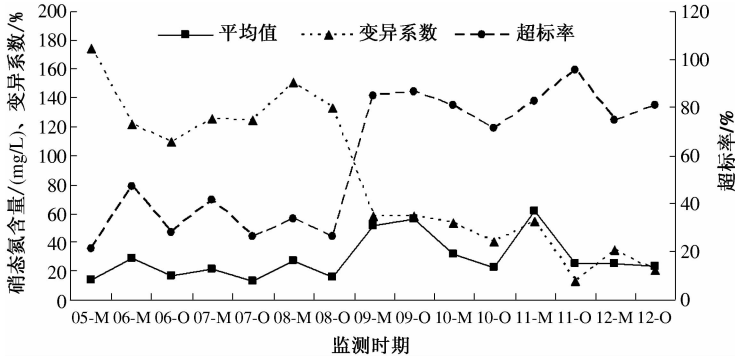


图 8 花卉种植区地下水硝态氮含量变化特征

2.4 蔬菜种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 6 可知,蔬菜种植区硝态氮含量以 2011 年雨季前最高,为 45.43 mg/L,其次为 2005 年雨季前(37.2 mg/L),其他时期变化幅度不是很大,介于 9.7~28.8 mg/L。除 2008 年雨季前外,其他时期变异系数相对平稳,介于 61.9%~170.1%;最高峰值出现在 2008 年雨季前,为 255.1%。硝态氮平均含量与超标率曲线走势大体一致,但各时期期间的变化幅度较大,超标率介于 17.9%~58.9%,超标率 3 个高峰值相当,分别为 2011 年雨季前的 58.9%,2005 年雨季前的 58.3%,2009 年雨季前的 57.1%。

2.5 花卉种植区地下水硝态氮含量变化特征

由图 8 可知,花卉种植区地下水硝态氮含量呈波浪式上升趋势,最高峰值在 2011 年雨季前,为 62.3 mg/L;其次为 2009 年雨季后(55.9 mg/L)、2009 年雨季前(52.1 mg/L),其余时期变化幅度不是很大,介于 13.2~31.9 mg/L。不同监测时期地下水硝态氮含量超标率为 21.4%~96.0%,变化趋势与硝态氮含量相似,共有 3 个峰值,最大峰值在 2011 年雨季后,为 96.0%,其次为 2009 年雨季后、2006 年雨季前。各监测时期变异系数总体呈现逐渐降低趋势,2005 年雨季前最高,为 174.5%;2006 年雨季前至 2008 年雨季后变异系数较平稳,介于 109.7%~151.2%,之后骤然下降;2009 年雨季前至 2011 年雨季前相对较为平稳,介于 58.1%~54.2%;

到 2011 年雨季后出现最低点,为 12.9%。

由图 9 可知,≤30 m 和 30~100 m 井深地下水硝态氮含量曲线图走势基本一致,总体均表现为降低—升高—降低—升高—降低;对于同一井深,花卉种植区地下水硝态氮含量总体表现为雨季前>雨季后,其中以雨季前 30~100 m 井深(45.3 mg/L)最大,其次为雨季前≤30 m 井深(34.0 mg/L),两者均超标;雨季后≤30 m 井深(24.0 mg/L)和 30~100 m 井深(28.3 mg/L)地下水硝态氮含量总体也均超标。

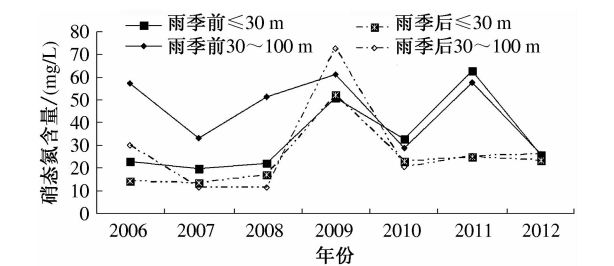


图 9 花卉种植区不同井深地下水硝态氮含量变化特征

3 结论

辽河流域典型种植区属于集约化种植类型。本研究表明,该地区地下水硝态氮含量除水稻种植区外都存在不同程度的超标问题,花卉种植区受到的影响最大,其次为玉米种植区和蔬菜种植区,但水稻种植区也有超标的风险。另外,研究区地下水硝态氮含量凸显出较强的季节间波动变化,其差异性表现不完全一致,总体看来,雨季前高于雨季后,这可能是由于季节性降雨带来的影响。除此之外,影响地下水硝态氮含量的因素较多,如地形地貌、水文、地质、降水等自然因素,灌溉、施肥、种植类型等人为因素,特别是集约型种植农业,受人为因素影响较大^[19-20]。因此,探索科学合理的施肥方法,适当调整农业种植结构,科学有效地轮作,是防控农业种植区域地下水硝态氮含量超标的有效途径。

参考文献:

[1] 刘宏斌,李志宏,张云贵,等.北京平原农区地下水硝态氮污染状况及其影响因素研究[J].土壤学报,2006,43(3):405-413.

[2] Overgaard K. Trends in nitrate pollution of groundwater in Denmark[J]. Nordic Hydrology,1989,15(4/5):177-184.

[3] Thorburn P J, Biggs J S, Weier K L, et al. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal northeastern Australia[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2003,94(1):49-58.

[4] Spalding R F, Exner M E. Occurrence of nitrate in ground-

water—A review[J]. Journal of Environmental Quality, 1993,22(3):392-402.

[5] Goss M J, Barry D A J, Rudolph D L. Contamination in Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture:1. Results from drinking water wells[J]. Journal of Contaminant Hydrology,1998,32(3/4):267-293.

[6] Khan M S, Ahmad S R, Rahman Z, et al. Estimation and distribution of nitrate contamination in groundwater of Wah town, its causes and management[J]. Pakistan Journal of Nutrition,2012,11(4):332-335.

[7] 闵炬,陆扣萍,陆玉芳,等.太湖地区大棚菜地土壤养分与地下水水质调查[J].土壤,2012,44(2):213-217.

[8] 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.

[9] 马洪斌,李晓欣,胡春胜.中国地下水硝态氮污染现状研究[J].土壤通报,2012,43(6):1532-1536.

[10] 王庆锁,孙东宝,郝卫平,等.密云水库流域地下水硝态氮的分布及其影响因素[J].土壤学报,2011,48(1):141-150.

[11] Rass D J, Rithie J T, Peterson W R. Nitrogen management impacts on yield and nitrate leaching in inbred maize systems[J]. Environ Qual, 1999, 28(6):1365-1371.

[12] 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.

[13] 李梅玲,张锡根,阎葆瑞,等.GB/T 14848—93 地下水质量标准[S].北京:中国标准出版社,1994.

[14] 赵同科,张成军,杜连凤,等.环渤海七省(市)地下水硝酸盐含量调查[J].农业环境科学学报,2007,26(2):779-783.

[15] 王正祥,高贤彪,李明悦,等.天津市水体硝酸盐污染调查与空间分布研究[J].农业环境科学学报,2009,28(3):592-596.

[16] 董章杭,李季,孙丽梅.集约化蔬菜种植区化肥施用对地下水硝酸盐污染影响的研究——以“中国蔬菜之乡”山东省寿光市为例[J].农业环境科学学报,2005,24(6):1139-1144.

[17] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.

[18] 杜连凤,赵同科,张成军,等.京郊地区3种典型农田系统硝酸盐污染现状调查[J].中国农业科学,2009,42(8):2837-2843.

[19] 张丽娟,巨晓棠,刘辰琛,等.北方设施蔬菜种植区地下水硝酸盐来源分析——以山东省惠民县为例[J].中国农业科学,2010,43(21):4427-4436.

[20] 李立东,寇长林,郭战玲,等.地下水硝酸盐脆弱性评价指标权重确定方法的比较研究[J].河南农业科学,2013,42(7):46-51.