

西北内陆灌区土壤次生盐渍化与地下水动态调控

郭占荣, 刘花台

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061)

摘要: 土壤次生盐渍化其成因与地下水水位抬升存在密切关系。土壤次生盐渍化防治的根本措施是调控地下水位。本文在分析灌区土壤次生盐渍化发育特点的基础上, 指出地下水临界深度不应是一成不变的, 应该采用地下水动态临界深度。文中以天山北麓平原灌区为例, 根据多年来土壤改良试验成果, 确定灌区地下水临界深度为: 解冻始 2.0—2.5 m, 春灌始 2.5—3.0 m, 春灌头水末 1.2—1.5 m, 夏灌末 2.0—2.5 m, 冬灌始 2.5—3.0 m, 冬灌末 1.3—1.5 m。
关键词: 地下水; 土壤次生盐渍化; 动态临界深度; 西北内陆盆地
中图分类号: S156.46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2002)01-0045-04

Secondary Salinification of Soil and Dynamic Control of Groundwater in Irrigation Area of Inland Basin, Northwestern China
GUO Zhan-rong, LIU Hua-tai
(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang, 050061, P. R. China)
Abstract: Secondary salinification is one of the major eco-environmental problems in northwestern China, as its origin is in connection with groundwater level closely. The basic measure for prevention of the secondary salinification is to control the groundwater level. On the basis of analyzing the developing characteristics of the secondary salinification of soil in irrigation area, the present paper reviews that the critical depth of groundwater should be fixed value with neither spatial nor temporal change. In stead, it should adopt the dynamic critical depth of groundwater. The critical depth of groundwater has its own attributions of both space and period. According to the experimental achievements for soil restoration in the last years, this paper puts forward the different values of the dynamic critical depths of groundwater in the irrigation region located in the Northern Plain of Tian Mountain, namely the beginning of thawing, 2.0—2.5 m, the beginning of spring irrigation, 2.5—3.0 m, at the end of the first spring irrigation, 1.2—1.5 m, at the end of summer irrigation, 2.0—2.5 m, at the beginning of winter irrigation, 2.5—3.0 m, and at the end of winter irrigation, 1.3—1.5 m, respectively.
Keywords: groundwater; secondary salinification of soil; dynamic critical depth of groundwater; inland basin in Northwestern China

1 土壤次生盐渍化现状

西北内陆地区土壤母质普遍含有不同程度的盐碱, 开垦荒地(包括弃耕地)首先要采取洗盐措施, 使土壤达到脱盐标准后再投入生产。但如果灌溉排水和农业措施不当, 抬高了地下水位, 大量底土中的盐分和地下水中的盐分会随潜水蒸发积聚到土壤上层和地表, 造成二次污染, 即土壤次生盐渍化, 危害作物生长甚至荒废耕地。

概括起来, 西北内陆灌区土壤次生盐渍化可以划分为两种类型, 一种是古老灌溉农业区的次生盐渍

收稿日期: 2000-04-14
基金项目: “九五”国家科技攻关项目(96—912—01—03)部分研究成果
作者简介: 郭占荣(1965—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事地下水资源评价及地下水生态环境研究。

化, 另一种是新垦灌溉农业区的土壤次生盐渍化^[1]。

20 世纪 50 年代之前, 由于古老灌溉农业区面积小, 分散在荒地中间耕种, 虽然灌溉用水量大, 但大部分面积是利用微地形上的差异, 通过局部水盐状况的调节, 使灌溉土地上的盐分向邻近的非灌溉荒地上转移, 把地势较低的未垦荒地作为干排积盐地。但也有一部分土地, 由于所处地形部位较差, 地下水位埋藏较浅, 产生程度不同的土壤次生盐渍化。

新垦荒地的位置, 一般分布在冲洪积扇扇缘、三角洲下部及边缘、现代冲积平原和山前洪积平原上, 除大河沿岸地下水淡化带外, 大部分田地母岩含盐量高, 而且有些所在部位的地下水埋藏较浅, 如冲洪积扇扇缘, 次生盐渍化普遍较古老垦区严重。

从地下水水位发展变化来看, 灌区土壤次生盐渍化的地区主要包括两种: 一种是地下水埋深原来就比

较小的地区,如在冲洪积扇扇缘、三角洲下部边缘和现代冲积平原地区;另一种是地下水埋深原本较深(7—8 m 以深)的山前冲积细土平原区,土质粘重,地下径流条件差,水循环以垂向交替作用为主,同时地下水矿化度也较高的地区。

据不完全统计,新疆全区耕地次生盐渍化面积约 82.9 万 hm^2 , 占总耕地面积的 21.9%, 其中重度盐渍化面积占总盐渍化面积的 18%, 中度盐渍化面积占 33%, 轻度盐渍化面积占 49%^①; 河西走廊有次生盐渍化耕地 7.09 万 hm^2 , 其中重度盐渍化 3.75 万 hm^2 , 中度盐渍化 2.02 万 hm^2 , 轻度盐渍化 1.32 万 hm^2 ^②; 柴达木盆地耕地次生盐渍化面积约 1.93 万 hm^2 , 占全部耕地面积的 53%, 其中重度盐渍化面积占总盐渍化面积的 19%, 中度盐渍化面积占 39%, 轻度盐渍化面积占 42%^③。总之, 西北内陆盆地土壤次生盐渍化问题是十分严重的生态环境问题之一, 成为农业和社会经济持续发展的严重障碍。

无论是古老灌区还是新垦灌区, 地下水位的抬升是导致土壤次生盐渍化的根本原因。而造成地下水位抬升的一些主要原因是: 灌溉水量过大、灌溉渠道的渗漏、平原水库的渗漏、河水灌区未开采地下水或开采地下水力度不够。由此可见, 要防止土壤次生盐渍化的发生, 或者是要治理已发生的土壤次生盐渍化, 就必须合理控制地下水埋深。

2 地下水临界深度

2.1 地下水临界深度定义的剖析

地下水临界深度是针对土壤次生盐渍化问题提出的, 是控制地下水埋深的重要指标。自从原苏联土壤学家 B. B 波勒诺夫于 1931 年提出“地下水临界深度”概念以来, 国内外许多学者对其进行了试验研究。但地下水临界深度至今仍没有一个统一的定义, 有的学者定义为“在一定的自然条件和农业技术措施条件下, 为了保证土壤不产生盐渍化和作物不受盐害所要求保持的地下水最小埋藏深度”^[2], 有的学者定义为“保证作物根层土壤不发生盐渍化所要求的地下水最小埋藏深度”^[3], 也有学者定义为“在干旱季节, 根层土壤积盐不致危害作物生长的最浅的地下水埋藏深度”^④。尽管各种定义的字面表达不完全一致, 但它们有一个共同点, 这就是“不引起土壤严重积盐、且

不危害作物生长的最小地下水埋深”。

从地下水临界深度的定义来看, 地下水位在临界深度, 土壤仍然可能处于积盐状态, 但是此时土壤的积盐很微弱, 已经对作物正常生长构不成危害。

从理论上讲, 只要潜水存在蒸发, 即使蒸发量很小, 也会有引起土壤表层积盐的可能。只有当潜水埋深达到潜水蒸发极限深度, 即潜水蒸发量趋近于零的深度, 这时潜水才不会对土壤表层积盐造成影响。根据我们在昌吉地下水均衡试验场的轻粘土潜水蒸发试验和土壤水势观测试验资料, 应用零通量面 (ZFP) 方法计算的潜水蒸发极限深度为 4.66 m, 即潜水埋深大于 4.66 m, 潜水蒸发量为零, 此时潜水不会引起土壤表层积盐。可见潜水蒸发极限深度要比地下水临界深度大。

一般来说, 作物均具有一定的耐盐性, 但不同作物耐盐程度大小有差异, 不同生长期耐盐极限也有差异, 不同土壤类型同一作物的耐盐极限也不相同。根据前人大量的试验研究, 认为土壤总含盐量和氯离子含量对作物生长发育影响最大。20 世纪 50 年代至 60 年代初期, 新疆各地的灌溉和水土改良试验站的试验结果表明, 新疆灌区主要作物苗期耐盐极限是: 氯化物—硫酸盐型土壤区, 总含盐量 0.63%—1.39%, 氯离子含量 0.026%—0.18%; 硫酸盐—氯化物型土壤区, 总含盐量 1.02%—1.27%, 氯离子含量 0.057%—0.38%; 苏打盐化土壤区, 总含盐量 0.31%—0.64%, 氯离子含量 0.014%—0.073%; 碱化土壤区, 总含盐量 1.0%—1.39%, 氯离子含量 0.06%—0.1%^[1]。

此外, 地下水临界深度的定义似乎只提到了有作物生长时期的地下水埋深控制, 那么是不是没有作物生长的时期就可以让土壤随便积盐呢? 实际上, 无作物生长时期的积盐对有作物生长时期的积盐存在重要影响, 如果无作物生长时期土壤严重积盐, 势必会影响有作物生长时期的作物正常生长和生长期淋洗盐分的投入。可见, 无作物生长期也要控制地下水埋深, 地下水临界深度的定义实质上隐含了对无作物生长时期的积盐的要求。也就是说临界深度是针对全年而言的。

2.2 地下水临界深度的空间属性和时间属性

土壤是否积盐严重以致影响作物正常生长, 这是确定地下水临界深度的原则和标准。影响土壤积盐速

①中国科学院新疆生态与地理研究所等. 塔里木河流域整治及生态环境保护研究, 1999.

②黄河水文水资源科学研究所等. 河西走廊可持续发展与水资源合理利用研究, 1999.

③青海省水利水电科学研究院等. 柴达木盆地工业和城市的水资源供求关系与生态环境保护研究, 1999.

④河北省水利科学研究所. 黄淮海平原近滨海缺水盐渍区盐碱低产田综合治理与土壤盐渍化监测预报, 1989.

度的因素很多,包括气象条件、土壤质地、地下水矿化度、灌溉排水条件和农业技术措施(耕作、施肥)等。由于不同的地区这些因素不同,因而不同地区地下水临界深度也就不同。比如轻质土(砂壤、轻壤土)分布区,其毛管输水能力较粘质土强,因而蒸发量大,容易积盐,地下水临界深度的数值就较大;又如在同一蒸发强度的情况下,地下水矿化度高的地区,积盐速度快,因而也应有较大的地下水临界深度;再如蒸发度大、降水少的地区,其地下水临界深度应该较蒸发度小、降水多的地区的临界深度大。总之,不同地区由于条件不同,地下水临界深度也不同,这就是地下水临界深度的空间属性。

新疆在多年土壤改良试验研究中,对不同类型土壤的地下水临界深度进行了试验。表 1 是新疆南疆平原地区和北疆平原地区的地下水临界深度,这些临界深度是在试验基础上经过多年实践检验认为比较合适的深度,某种程度上可以说是一种经验值。由于南疆蒸发强度较北疆大,故南疆地下水临界深度较北疆大。当然,表 1 中临界深度是在非灌溉期(不包括冻结期)获得的,代表的是非灌溉期的地下水临界深度。

众所周知,在一年当中,气象条件和下垫面条件是不不断变化的,气象条件的变化包括气温的变化、蒸发度的变化、风速的变化等,下垫面的变化包括作物覆盖有否、田间灌溉有否、土壤表层冻土层形成有否、地表积雪有否等。显然,随着气象条件和下垫面条件的变化,地下水临界深度也应该是变化的,这就是临界深度的时间属性。而过去临界深度的这一特性并未引起人们的注意和重视。作者认为地下水临界深度不能一成不变,应该针对不同时段土壤积盐的特点,分阶段确定临界深度,即主张采用“地下水动态临界深度”。在年内采用地下水动态临界深度,这就意味着在年内不同阶段要控制不同地下水埋深,增大了地下水的调控力度。采用地下水动态临界深度,一方面可以避免非灌溉期严重积盐,保持土地可持续发展,另一方面可以联合利用地表水和地下水,相互调剂余缺,对水资源持续利用和生态环境保护都是有利的。

3 地下水动态临界深度的确定

从内陆灌区实际情况出发,作者认为具体应该分别考虑解冻始-春灌始、春灌始-春灌头水末、春灌头水末-夏灌末、夏灌末-冬灌始、冬灌始-冬灌末、冬灌末-解冻始这六个时段的地下水临界深度。下面以天山北麓平原河水灌区为例,具体说明各个阶段地下水临界深度是如何确定的。

3.1 解冻始-春灌始的临界深度

进入解冻期,冻结层开始融化,正值气温回升很快、风速较大的时期,土壤水分蒸发十分强烈,土壤水分运动状态很快由蒸发-入渗型变成蒸发型,土壤表层迅速积盐。所以,解冻始采用北疆非灌溉期临界深度(见表 1),要将地下水临界深度控制在 2.0—2.5 m(表 2)。这个时期地下水临界深度要控制在 2.0—2.5 m,一方面是为了减少和阻止地下水补充土壤水分的蒸发损耗,减轻积盐程度,另一方面是为了腾出地下库容,为下一阶段春灌淋洗压盐作好准备,以便春灌期间用较多的水淋洗盐分,将盐分淋洗到土壤剖面深部或地下水中。该时期要求增加地下水的开采,通常这一时期是一年中地表径流较少的时期,多开采地下水正好补充了地表水的不足。开采的地下水除了供给当地用水外,多余部分可以输往下游地区,以便缓解下游兵团所在地和天然植被区的水资源供需矛盾。

3.2 春灌始-春灌头水末的临界深度

为了提高脱盐效率,使盐分较充分地淋洗到土壤剖面深部或地下水中,春灌始要求将地下水临界深度在解冻始基础上进一步加大,控制在 2.5—3.0 m(表 2)。所以,这一时期应进一步加大地下水开采。

3.3 春灌头水末-夏灌末的临界深度

春灌末已进入作物生长期,因为作物生长期灌水次数较多,通常有 4—5 次,而且降水次数也较多,脱盐过程大于积盐过程,即使在相邻两次灌水之间有短暂的积盐过程,也不会超过作物耐盐度而对作物构成危害。根据新疆灌区多年实践经验,春灌末乃至整个生育期,地下水临界深度控制在 1.2—1.5m 是比较适宜的,不仅满足作物需水量的要求,而且土壤含盐量

表 1 新疆南疆平原区和北疆平原区的地下水临界深度(m)

Table 1 Critical depths of groundwater in the Southern Plain and the Northern Plain of Tian Mountain(m)								
土壤质地	粉砂壤土		中壤土		粘质土		平均	
地下水矿化度/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	<5	5—30	<5	5—30	<5	5—30	<5	5—30
南疆	2.6	3.0—3.4	2.3	2.9—3.0	2	2.2—2.6	2.3	2.8
北疆	2.3	2.7—3.1	2	2.3—2.7	1.8	2.0—2.4	2	2.5

引自《塔里木河流域整治及生态环境保护研究》报告,中国科学院新疆生态与地理研究所,1999.

表 2 天山北麓平原河水灌区不同时段地下水临界深度阈值
Table 2 Dynamic critical depths of groundwater in the irrigation area located in the Northern Plain of Tian Mountain

动态时间	时间	地下水临界深度/m
解冻始	3月下旬	2.0—2.5
春灌始	4月底	2.5—3.0
春灌头水末	5月上旬	1.2—1.5
夏灌末	8月底	2.0—2.5
冬灌始	10月底	2.5—3.0
冬灌末	11月底	1.3—1.5

也不会超过作物耐盐极限(表 2)。与西北内陆气候接近的宁夏银川和内蒙河套灌区的长期做法也是将作物生长期地下水临界深度控制在 1.2—1.5m^[4]。

3.4 夏灌末－冬灌始的临界深度

夏灌末进入秋收季节,这时田间由作物覆盖变成土地裸露,同时没有了灌溉,降水也变得更稀少,土壤水分蒸发开始变得较强烈且连续蒸发时间较长,基本上一直处于积盐状态,表层土壤会迅速大量积盐。为了最大限度减轻积盐程度,夏灌末地下水临界深度采用北疆非灌溉期临界深度(见表 1),控制在 2.0—2.5 m(表 2)。

同解冻始一样,夏灌末地下水临界深度控制在 2.0—2.5 m,一方面是为了减少和阻止地下水补充土壤水分的蒸发损耗,减轻积盐程度,另一方面是为了腾出地下库容,为冬灌淋洗压盐作好准备,以便冬灌期间用较多的水淋洗盐分,将盐分淋洗到土壤剖面深部或地下水中。所以,夏灌末也要求多开采利用地下水,将多余的地下水输往下游地区供天然植被利用。

3.5 冬灌始－冬灌末的临界深度

同春灌始一样,为了提高脱盐效率,使盐分较充分地淋洗到土壤剖面深部或地下水中,冬灌始要求地下水临界深度大于夏灌末,该时段临界深度控制在 2.5—3.0 m(表 2),要求该时段进一步加大地下水开采力度。

3.6 冬灌末－解冻始的临界深度

冬灌末进入一年的冻结期,该时期气温低,蒸发强度小,并且冻结层和积雪阻碍了土壤水分蒸发,因而土壤表层积盐十分微弱。所以,从理论上讲,该时期地下水位只要不超过地表就可以,但地下水埋深太小,会形成土壤表层大量积蓄水分,表层土壤含水量大大增加,造成冻融期土壤表层积盐严重,为了减轻冻融期土壤积盐程度和春灌淋洗压盐的压力,地下水临界深度应该适当加大为好。根据当地多年实践经验,冻结期地下水临界深度控制在 1.3—1.5 m 比较适宜(表 2)。

需要指出的是,以上确定的各个阶段的临界深度,是各阶段要求控制的最小的地下水埋深,当然大于该埋深也是可以的,并不是到每一阶段就要严格将地下水埋深控制在所要求的临界深度。

此外,还需要指出,土壤次生盐渍化防治是一项系统工程,不单是地下水埋深的调控,它还涉及与地表水的联合利用、农业结构的调整、田间管理等,所以,在重视地下水动态调控的前提下,结合农业结构调整、田间管理等措施,采取综合治理,土壤次生盐渍化防治会取得更好效果。

4 结论

(1)土壤次生盐渍化是西北内陆平原区主要生态环境问题之一,其根本成因是由于地下水位的抬升,以致地下水位埋深小于临界深度。

(2)不引起土壤严重积盐、且不危害作物生长是确定地下水临界深度的基本原则和标准。地下水临界深度具有空间属性和时间属性。

(3)年内地下水临界深度应该采用动态临界深度。根据天山北麓平原灌区气候、耕作和灌溉的特点,确定该地区地下水动态临界深度是:解冻始 2.0—2.5 m,春灌始 2.5—3.0 m,春灌头水末 1.2—1.5 m,夏灌末 2.0—2.5 m,冬灌始 2.5—3.0 m,冬灌末 1.3—1.5 m。

(4)土壤次生盐渍化的防治,其根本措施是控制地下水埋深。在西北内陆平原河水灌区,利用地表水灌溉的同时,注意加强地下水的开采对于控制地下水埋深是至关重要的,也就是说要把地表水和地下水看作一个系统甚至将整个流域看作一个系统来联合利用地表水和地下水,从而达到合理配置水资源和保护生态环境的双重目的。

(5)在小范围内调控地下水埋深可以在一定程度上取得防治土壤次生盐渍化的良好效果。但是,因受区域地下水埋深的影响,在小范围调控地下水埋深做起来有一定难度,如果能从区域上合理调控利用地表水和地下水,再结合调整农业结构、加强田间管理等措施,采取区域综合治理,将会取得更好效果。

参考文献:

[1] 新疆维吾尔自治区水利厅. 新疆灌溉[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1993.
[2] 郭元裕. 农田水利学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.
[3] 张明柱. 土壤学与农作学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1994.
[4] 方 生,陈秀玲. 防治灌区土壤盐碱化与水资源开发利用[J]. 河北水利科技,1997,18(2).