

土壤盐渍化与地下水动态特征关系研究

杨建强, 罗先香

(长春科技大学 环境与建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 以吉林省西部地区乾安县为例, 应用人工神经网络模型和趋势面分析等数学方法, 对该区土壤盐渍化与地下水动态特征之间的关系进行了研究。结合土壤盐渍化的预测结果及其与地下水潜水埋深之间的关系曲线, 提出了防治该区土壤盐渍化的对策。

关键词: 土壤盐渍化 地下水 人工神经网络 趋势面分析

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)06-0011-04 中图分类号: S155.33

Relation Between Soil Salinization and Underground Water Dynamics

YANG Jian-qiang, LUO Xian-xiang

(Changchun University of Science and Technology, Changchun 1300260 PRC)

Abstract: Taking Qian'an county in the west plain of Jilin province as an example, the relation between soil salinization and underground water dynamics is studied deeply with artificial neural network model and tendency analysis. Combining the result of prediction of salinization, some ways for the prevention and control of soil salinization are put forward.

Keywords: soil salinization; underground water; artificial neural network; tendency analysis

土壤盐渍化是一个世界性的生态环境地质问题。根据联合国粮农组织 (FAO) 统计 (1976), 全世界 60% 的灌溉土地已不同程度地盐渍化。吉林省西部平原耕地、草地盐碱化也十分严重, 占耕地草地总面积的 57.3%^[1]。大片的盐渍土严重阻碍着农业经济的发展。

土壤次生盐渍化是由各种人为因素或自然条件变化引起的, 而不合理的灌溉制度及引排水工程不健全是导致土壤次生盐渍化的主要原因。在引水及灌溉过程中提高了灌区的潜水位, 并超过了临界深度, 使潜水不断蒸发, 盐分大量聚集地表。因而, 控制灌区潜水位及潜水矿化度是防治土壤次生盐渍化的有效措施。对于临界潜水位, 在无人为措施影响的荒地土壤上, 易于确定出准确的地下水临界深度值, 而在人为耕作及灌溉的影响下, 增加了土壤中盐分动态变化的复杂性, 因而, 很难找到地下水临界深度的确切值^[2]。在实际应用中, 应该根据不同时期的不同规划目标, 确定相应的潜水位, 以便有计划, 有步骤地控制、治理土壤的盐渍化。本文以吉林省乾安县为例, 提出并确定了地下潜水合理埋深的计算方法。

乾安县由于自然及人为因素的影响, 土壤盐碱化十分严重, 盐土面积虽然不多, 但近 10 a 来发展速度十分快, 原来的耕地和林地中已出现了成片的盐碱地, 呈带状断续分布。为了有效地控制和治理土壤盐渍化的发展, 本文运用人工神经网络及趋势面分析等数学方法求出了在不同时期、不同规划目标条件下地下潜水的合理埋深值。

1 乾安县土壤积盐模式的建立

潜水通过毛细作用向上运移至土壤表面, 在高温、大风、干燥的条件下, 迅速被蒸发, 转化

收稿日期: 1999-07-14

资助项目: 国家自然科学基金项目“吉林西部生态地质环境与农业可持续发展机制研究”(4967212)。

作者简介: 杨建强, 男, 27 岁, 新疆奎屯市人, 汉族, 博士, 主要从事水环境规划、环境信息系统等方面研究。

为水蒸气, 进入大气, 而其中的盐分则滞留在土壤中, 这就是土壤的主要积盐过程。我们可以计算出被蒸发掉的那部分潜水中所含的滞留于土中的盐分, 以此来反映土壤中的积盐量。采用如下公式^[3]:

$$S = E \cdot M \quad (1)$$

式中: S ——单位面积下潜水蒸发所产生的积盐量; E ——潜水蒸发量; M ——潜水矿化度。

假定积盐量均匀分布在土壤根系活动层(0100 cm)中, 可利用下式求土壤积盐速度 ΔS

$$\Delta S = S / W = 10^{-4} S / \gamma \quad (2)$$

式中: ΔS ——土壤积盐速度, 即土壤含盐量的年增加值; S ——0100 cm 深度内单位体积土壤中的积盐量; γ ——土壤容重。

已知土壤积盐速度 ΔS , 便可预测不同盐化程度土壤的盐渍化发展趋势。计算公式如下:

$$C_s = C_{s0} + \Delta S \cdot t \quad (3)$$

式中: C_s ——土壤含盐量; C_{s0} ——土壤初始含盐量; ΔS ——土壤积盐速度。

为求得土壤积盐量, 首先需计算出潜水的蒸发量, 采用公式如下:

$$E = \alpha \cdot P \quad (4)$$

式中: E ——潜水蒸发量; α ——潜水蒸发系数; P ——水面蒸发量。

潜水蒸发系数通过当地水均衡实验场的数据求得, 水面蒸发量采用多年平均水面蒸发量。采用公式(1)和(2), 可求出每一观测点土壤的积盐量及积盐速度。为了验证积盐模式是否准确, 选择了 2 个有代表性的地点进行检验, 已知 87 号点 1991 年土壤含盐量为 0.8%, 1981 年该点为中度盐化土, 利用积盐公式可计算出 1981 年该点土壤的积盐量为 0.431%, 计算结果与实际相吻合。另一点为 25 号点, 1981 年末盐渍化, 1991 年发展为盐渍土, 该点积盐速度为 0.0269 (% \cdot a $^{-1}$), 代入积盐公式可以得到 1981 年土壤含盐量为 0.432%, 计算结果与实际相一致。因而, 可以认为所建立的积盐模式可以反映该区土壤的积盐规律。

表 1 环境变量数据表

点号	潜水埋深/m	矿化度/(mg \cdot L $^{-1}$)	降雨量/mm	土壤岩性	植被覆盖	积盐量/(g \cdot m $^{-3}$)
2	5.75	632.2	420.6	亚沙土	无	141.42
4	3.76	1069.4	424.9	亚沙土	无	199.81
6	2.36	1939.4	429.2	亚沙土	无	409.81
7	5.07	670.4	429.2	亚沙土	有	141.66
9	2.08	2134.5	434.1	亚粘土	有	212.25
12	4.12	790.2	424.9	亚沙土	无	206.27
13	3.80	930.4	420.6	亚沙土	无	208.13
14	1.90	3210.8	420.6	亚沙土	无	718.26
17	6.25	429.8	420.6	亚粘土	有	96.15
18	4.02	879.2	429.2	亚沙土	有	185.77
a ₁	5.16	667.5	429.2	亚沙土	无	141.05
a ₂	5.92	520.5	429.2	亚沙土	有	109.99
a ₃	2.05	2450.6	420.6	亚沙土	无	548.2
a ₄	4.07	863.4	434.1	亚粘土	有	85.86
a ₅	3.11	1523.1	420.6	亚沙土	无	340.72

2 土壤盐渍化与水盐动态

导致土壤盐渍化的因素很多, 如潜水埋深、潜水矿化度、降雨量、土壤岩性及植被覆盖程度等。由于土壤积盐是一个动态过程, 各影响因素共处于一动态系统中, 该系统内任一变量发生变化, 将会导致整个系统的变化。用一般方法难以定量地研究各因素与土壤积盐量的真实关系。因而, 可以采用人工神经网络(ANN)模型研究土壤积盐量与各影响因素之间的定量关系。

应用 BP 算法建立了各种环境变量与土壤积盐量关系的人工神经网络模型。所采用的数据如表 1 所示。其中, 土壤积盐量是根据上节建立的

积盐模式求得。所选网络结构为 5—4—1, 用 1—18 号进行 100 000 次的训练学习, 误差为 0.000087, 训练结果如表 2。其中, 绝对误差为实际值与训练值之间差值的绝对值。

表 2 积盐量训练结果

点号	2	4	7	9	12	17	18
实际值	141.42	199.81	141.66	212.25	206.27	96.15	185.77
训练值	143.87	203.48	133.89	215.66	210.60	94.54	184.67
绝对误差	2.45	3.67	7.77	3.41	4.33	1.61	1.10

人工神经网络是用计算机模仿人脑神经细胞的结构和功能, 从而实现知识的并行分布处理的智能系统。对于复杂的非线性系统, 人工神经网络具有较高的建模能力及对数据的良好拟合能力, 能够解决一些传统数学方法极难求解的问题^[4]。

选用 a_1 — a_5 号进行检验, 结果如表 3。通过检验可知, 模型精度较高, 可以用来研究土壤积盐量、潜水矿化度和潜水埋深 3 组变量之间的定量关系。

设定: 当土壤为亚沙土, 无植被覆盖时, 降雨量取均值 427.76 mm, 矿化度分别为 500, 1000, 2000, 3000 mg/L 时, 在 15 m 深度内, 土壤积盐量通过 BP 模型计算, 并根据所得的数据绘制曲线, 如图 1, 2 所示。其中图

1 是选用对数曲线拟合, 图 2 是选用指数曲线拟合, 二者的拟合程度都十分高, 所以可以用该拟合曲线来反映潜水矿化度、埋深及土壤积盐量的关系。

表 3 积盐量检验结果

点号	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
实际值	141.05	109.99	548.20	85.86	340.72
计算值	143.22	108.60	522.80	84.15	347.54
绝对误差	2.17	1.39	4.60	1.71	6.82

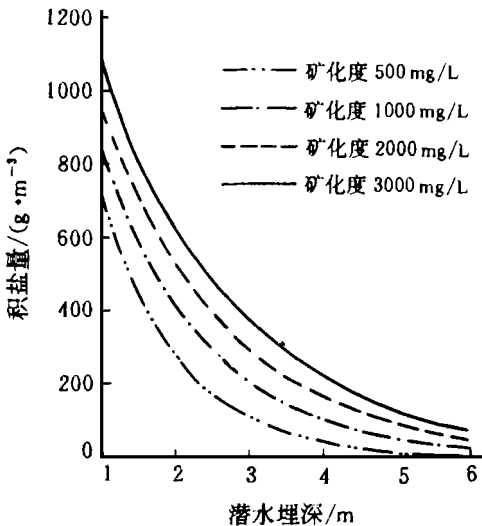


图 1 乾安县土壤积盐量与潜水埋深关系图

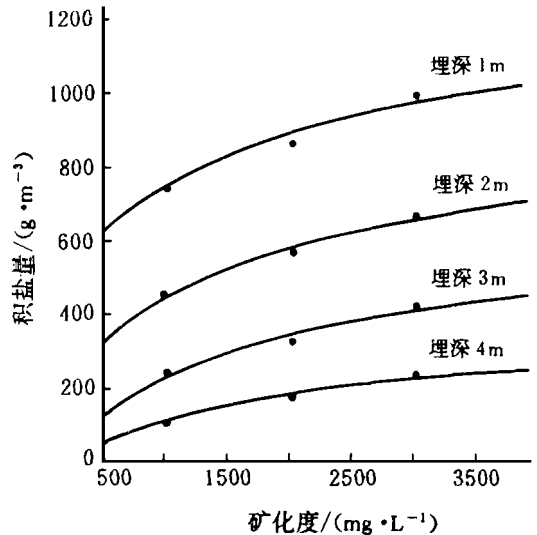


图 2 乾安县土壤积盐量与潜水矿化度关系图

由图 1 和图 2 可知, 土壤积盐量或积盐速度与潜水矿化度呈非线性关系, 积盐量随矿化度的增大而上升, 潜水埋深与积盐量呈反比关系。

由于水盐运移为一动态系统, 积盐量、积盐速度随多种因素变化而变化, 所以必须建立土壤积盐量动态模型, 随时监测、记录土壤积盐速度, 利用以上所建立的人工神经网络模型, 可以很好地解决这一问题, 并可根根据潜水矿化度及潜水埋深进行土壤积盐速度的预报工作。

3 土壤积盐量的趋势面分析

趋势面分析是一种应用较广的数学地质方法,它的主要功能是发现系统趋势和圈定局部异常。利用已计算出的各点土壤积盐量来进行趋势面分析,其目的是为了揭示全县土壤积盐量的分布特点。根据土壤当前的含盐量还可对全县土壤积盐量的发展趋势进行预测,为全县的土壤规划、分区、治理提供依据。趋势面方程次数选用 3 次拟合程度较高,其方程为:

$$Z_i = -1165.72 + 1072.96X + 348.57Y - 142.68X^2 - 314.98XY + 76.71Y^2 \\ + 5.87X^3 + 16.78X^2Y + 22.03XY^2 - 13.61Y^3$$

根据上述方程计算出的数值绘制土壤积盐量趋势面图(图 3),从图 3 可以看出,西北角才字乡、道字乡土壤积盐量最大,达 550 g/m³ 以上,呈条状分布。其次为东北部,450500 g/m³,西南和东南部,积盐量低于 100 g/m³。这一规律与地貌类型相一致,全区西南高,东北、西北部较低。这反映了在低洼、泡子周围的土壤中盐分易聚集的特点。

根据公式(1),(2),(3)可以计算出土壤的积盐速率,从而对土壤盐渍化的发展趋势进行预测(表 4)。从表 4 中可以看出,以 1994 年土壤积盐量为基准,预测到 2000 年盐土的规模有所扩大,2010 年盐土几乎遍及整个西北部,大布苏乡 1025 a 大部分土壤将盐化,泡子周围的盐土明显扩展;土壤含盐量将超过 0.8%;乾安镇和赞字乡土壤的积盐速率最低,盐渍化速率较为缓慢,当然,如果及时采取有效的防治措施,土壤的盐渍化趋势可以得到制止。

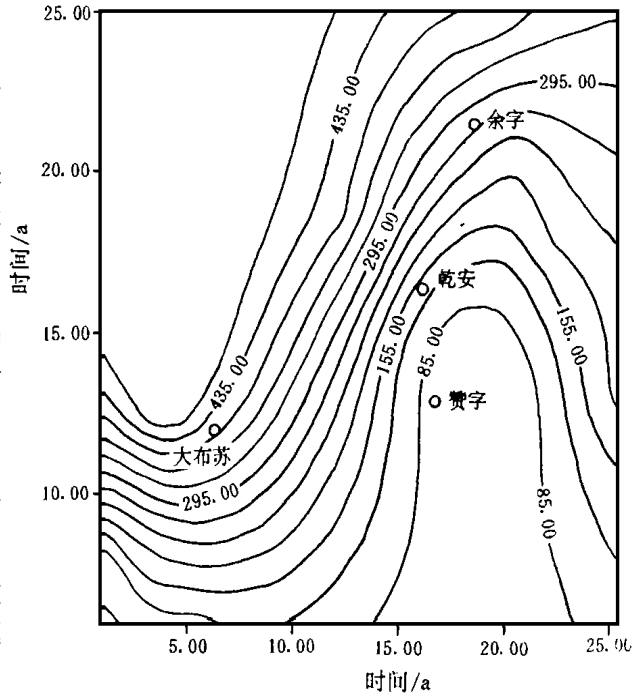


图 3 乾安县土壤积盐量等值线图

4 土壤盐渍化的防治

盐渍化土壤形成的主要原因在于潜水和土壤水被强烈蒸发,因此通过控制潜水位可以达到预防和治理土壤盐渍化的目的。我们可以利用潜水的矿化度、埋藏深度、土壤岩性与土壤积盐量的关系曲线确定各地段潜水的“临界深度”,作为灌溉、排水的科学依据。根据图 3 可将全县分为 3 个区进行讨论。I 区主要在西北部的大布苏、道字乡一带,积盐速度很快,20 a 左右将会有 1/51/4 的土

表 4 土壤盐渍化趋势预测表

乡镇名称	基准积盐量/ (g·m ⁻³)	含盐量/ %	发展为盐土 时间/a
大布苏乡	590380	0.30.6	1025
才字乡	250400	0.20.5	1530
暑字乡	400500	0.20.5	1520
余字乡	250400	0.120.5	20左右
乾安镇	100150	0.2左右	80.4
赞字乡	080	0.05左右	140.4
道字乡	400600	0.60.8	10

壤变为盐土,因而,应立即采取措施,若想在 10 a 内将盐土范围控制在目前水平,即含盐量增加不超过 0.1%,矿化度保持在 1000 mg/L 左右,积盐量应控制在 140 g/m^3 以下,潜水位应控制在 3.54 m 以下。II 区主要是东北部的让字、余字、大遐乡一带,土壤积盐速度虽然较快,但土壤含盐量较低,若想让其在 20 a 内不发展为中度盐化土,土壤积盐量应控制在 280 g/m^3 以下,地下水水位应控制在 2.38 m 以下。而对于 III 区,即东南、南部,近 100 a 内不会有大的积盐量,加之其土壤本身含盐量十分低,所以潜水位暂时可保持在目前的 23 m。

参 考 文 献

- [1] 汤洁,林年丰. 中国干旱半干旱区农业生态地质环境系统工程研究[J]. 长春地质学院学报, 1996, 26(1): 54—58.
- [2] 尤文瑞. 临界潜水蒸发量初探[J]. 土壤通报, 1994, 25(5): 201—205.
- [3] 林年丰,汤洁. 新疆塔里木盆地西部平原生态环境地质综合研究[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1992. 217—223.
- [4] 焦李成. 神经网络系统理论[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1992. 2—8.

在黄土丘陵沟壑区结合打坝修建蓄水池井

典型的丘陵沟壑区干旱少雨,防旱、抗旱、救灾成了党政领导和农民的经常性工作。虽然近年来的抽水灌溉,加强了沟边河边农田的抗旱力度,却又出现了沟水、河水断流现象,每年都有 1~2 个月的干枯,严重缺水。如果结合打坝修建蓄水池井,坝有多高井就多深,只要抽出池井水,就可浇灌坝地上的田地,放出池井水可浇灌低于坝地的田地,这样就能有效地加强抗旱力度,保证农业的增收。

池井从外部形状看,好像一个圆形水池,从内部深度看,好像一个水井,因而把它叫作蓄水池井,其深度随着坝地升高而不断加深,口径随着耕地需水量和水源的增多而增大。池井的主要用途是在 7—9 月蓄集由山上冲到坝里的洪水澄清水,于次年春旱缺雨时供给农田和蓄禽之用。

1 池井的修建

土坝打好后,经过 1~2 a 淤漫,待水渗干后,在坝内距坝梁 30~50 m 处的坝地上(或旧坝地上)修建池井,井底铺一层砖石以减少渗漏,井壁修 1~2 层厚砖石墙,并用水泥沙浆勾缝,缝隙必须灌满以加固井壁减少渗漏,在井壁上方(来水的方向)高于下 1 年淤土厚度的 0.5 m 左右处留进水口,下方埋设地下管道通出坝外,以供坝内排出多余的水或提供下游用水,并在坝外出口处安设自来水管式的笼头,以便随时启用。以后随着坝梁的加高,池井与坝梁同时加高,并在进水口上面高于下年淤土厚度 0.5 m 左右处留进水口,再堵死低于新进水口的旧进水口,如此往复池井逐渐加深,蓄水量随之加大。这样把水蓄在山上,可扩大下游农田灌水面积,池井所在坝地和周围坡地、梯田也可抽水浇灌。如果同一条沟内有几个坝,坝内都修池井,下面的坝地可引出一坝内池井中的水,安装喷灌、漫灌或滴灌设施,进行喷、漫、滴灌,既节约用水,又发挥了雨水资源的最大增产作用,在修建池井中又不挖方填方,少用砖石,沙和水泥等材料,达到了节约开支的目的。

2 池井蓄水的损耗等问题:

(1) 渗漏。可在井底和井壁涂沫防渗隔材料(修建地下室常用)。

(2) 蒸发。据 1971—1988 年的气象资料记载,年平均蒸发量为 1826.9 mm,去掉暴雨季节(7—9 月)蒸发量 559.4 mm,蓄水期年降雨量 155.5 mm,每要蒸发池井水 1.112 m 需设法减少。

(3) 池井的稳固性。因井壁井底均为砖石灰沙浆结构,池井壁是圆形的。水和土都是对称均匀一致的由外向内压,不会出现倒塌事故。

作者简介:秦官第,男,73 岁,农艺师,陕西省南郑县人。1949 年黄埔军校毕业,1951 年分配到绥德专区农业工作站,从事农业工作 43 年,在丘陵沟壑区生活了 49 年,深感当地人民生活艰苦,长期以来幻想着改善生产条件,提高劳动效率,加速发展山区经济,改善人民生活。