

致造成严重的减产失败。

从已有的研究成果和实践经验来看,在有盐碱威胁的地区,采用填方高位蓄水和分散蓄水都是不适宜的。为了减少蓄水带来的不良影响,应尽量采取集中蓄水和挖方蓄水,另外,还要注意库址的选择,水库所处的部位条件不同,对周边土壤盐碱化的影响也不相同,库址愈高,蓄水位也高,影响范围大,库址愈低,蓄水位也低,影响范围小。因此应尽量利用自然洼地、碟形洼地、河间洼地、河流交接处的封闭洼地,均可利用其有利地形修建水库,并采用挖方蓄水的办法,尽量使蓄水位低于地面以下,水库周围的地区,因受水库渗漏的影响,土壤常处于过湿状态,不利于旱作物生长。可以在水库周围开挖截渗沟或截渗井,侧渗影响范围内种植水稻。最好在稻区的外围再修建截水沟,并将淡的

沟水作为回归水再利用,如果能保证截渗沟流水通畅,则可减轻水库对周边土壤的影响。

古河道蓄水(地下水库)是一个尚待进一步探讨的问题。黄淮海平原中,目前已经查明的古河床分布是局限的,地下水库是一个土体毛管水库,它的含水层不是一个自由空间,因此它的蓄水和给水能力是有限的。另外,在引渗回灌和开采工程技术方面,都需要进行中间试验,目前,就把地下水库蓄水列入黄河以北蓄水库容,看来为时过早。

近年来,各地综合治理旱、涝、盐、碱、咸的成功事例很多,因此只要能掌握自然条件的特点,并善于利用有利条件,适应和改造不利条件,遵循科学原理,正确处理引、灌、排、蓄之间的相互关系,再辅以农业技术措施,就能防治灌区土壤次生盐碱化,南水北调必将获得成功,黄淮海平原的农业生产必会大幅度增长。

对地下水临界深度若干问题的认识

黎立群

(中国科学院南京土壤研究所)

在防治土壤盐渍化方面,地下水的临界深度不仅是拟定排水沟深度和间距的主要依据,而且也是发展井灌、井排调控地下水位,使之处于一个适当深度的重要依据,甚至是研究盐渍土发生演变和灌区土壤次生盐渍化预测预报的一个基本要素。因此,国内外从事研究土壤盐渍化发生和防治的科技工作者,都非常重视地下水临界深度问题,并进行了较多的研究和讨论,但问题还没有很好解决。

随着我国农业现代化的建设和发展,特别是针对拟议中的南水北调任务所提出的防治土壤次生盐渍化问题,我们认为在过去工作的基础上,继续深入研究地下水临界深度问题是完全必要的。

现就以下几个问题,谈谈自己的认识。

一、关于临界深度的涵义

在干旱、半干旱地区,地下水位超过一定高度,就会引起土壤表层积盐,地下水临界深度的概念,就是基于这个客观规律而提出的。M·M布舒耶夫于1914年首先提出“盐渍化土壤地下水的临界深度”这个术语。随后,B·B波雷诺夫等人发展了这个术语的概念^[1]

他认为地下水位和土壤表面之间的距离小于某一常数时,土壤表面就开始积盐,这个值就是盐渍化土壤的地下水临界深度^[2]。虽然许多研究者都提出防治土壤盐渍化,应把过高的地下水位降低到临界深度以下的必要性,但如何确定和控制地下水位在一个恰当的深度,认识是不尽相同的。

大约自六十年前直到现在,对什么是地下水临界深度有不同的理解。JI·P罗佐夫和B·A柯夫达等将土壤表层开始积盐的地下水位最大深度称为临界深度^[3,4]。在苏联和我国许多研究者,都同意这个意见,但最后所反映出来的一般公式: $H_K = H + a$ (这里的 H_K 代表临界深度, H 代表毛管水上升高度, a 代表附加值或安全超高值。 a 值是根据不同情况决定,在苏联有拟定1.5米,1.0米,0.8米,0.6米;我国有拟定为0.7米,0.5米,0.4米,0.2米等),似乎这时的地下水位深度应该不致引起土壤表层开始盐渍化。亦有人认为在人类生产活动一定生产周期中,通过各种措施控制土壤含盐量不危害作物,这时的地下水深度即为临界深度^[5]。

除了上述涵义之外,还派生出各种提法,如警戒深

度、预防深度、允许深度等¹⁾。H·R巴良鲍曾以不同水分形态、可移动程度划分为临界水位、危险水位、威胁水位(或预防水位)。他提出临界水位就是毛管上升前峰能够达到地表或者耕作层时的水位;危险水位就是依靠地下水向上补给,以维持水位以上的湿度,其含水量不少于田间持水量的70%(或者超过最大分子持水量);威胁水位或预防水位则是依靠地下水补给水位以上湿度,其含水量不超过最大分子持水量,即土层湿润是由于弱移动水所产生^[6]。B·P沃洛布耶夫将临界深度分为三级^[7]:Ⅰ,地下水埋藏深度足以产生强烈盐分积累,致使作物不能生长;Ⅱ,地下水埋藏深度致使地表返盐过程相当微弱,并可采取农业技术措施加以控制;Ⅲ,地下水位完全安全深度。这样的分级,作为土壤改良鉴定地下水的作用和制定措施的参考有一定的裨益。

И·K平斯柯依在新疆提出,地下水毛管上升高度加根系活动层(1.5米)称为自然临界深度,然而在人类的农业活动影响下,土壤的地下水自然临界深度就要减少,减少后的自然临界深度就称为地下水临界深度^[8]。同样И·H安梯波夫—卡拉塔耶夫把临界深度分为绝对临界深度和相对临界深度,他认为在灌溉条件下,若将潜水处于绝对临界埋深时,毛管—薄膜水上升的界限可达到地表;而相对临界深度是指在那个深度下,当采取合理的灌溉时,次生盐渍化只是开始有所表现²⁾。自然临界深度也好,绝对临界深度也好,都是考虑到薄膜水缓慢上升至地表而导致积盐为依据的,所以要求水位就深得多。对研究盐渍土的发生演变有一定参考价值。

由于明沟自流排水,往往受到多方面的影响,特别是排水出路、排水沟的塌坡、淤塞影响开挖排水沟的深度,同时开挖排水沟占地、土方量大、费工,因此人们总是企图尽量降低到必要的限度。有人提出容许土壤积盐,但以不危害作物为原则的临界深度^[7,9]。有的具体提出土壤含盐 $<0.1\%$ 和 $<0.3\%$ 的临界深度^[10]。无疑这是一个弱盐渍度的数值,但要控制这个积盐值可能不易。何况盐分对作物的产量和品质的影响,常常在土壤含盐量为 0.1% 时,就开始表现出来^[3],当然要真正使作物生长表现出为盐分所抑制,要比 0.1% 这个数值高。W·P凯莱在谈到盐分对土壤的影响时指出,当盐分累积之初,在土壤中就发生了非常重要的化学的和物理的变化^[11]。所以前面对地下水临界深度的一些派生提法,虽然在改良盐渍土的生产实践中有一定的意义,但为了阐明地下水与土

壤盐渍化的关系,从而对兴修水利是否会引起土壤次生盐渍化的预测预报,及对各地区已有的盐渍土加以改良,而要确定其地下水的临界深度时,可能会带来某些混乱。因此地下水临界深度应具有确切的涵义。地下水临界深度是指:在一年中地面蒸发最强烈的季节,不致引起土壤表层开始积盐的地下水埋藏深度。

二、确定临界深度的一些方法

临界深度这一术语已广泛地被采纳,问题是如何掌握土壤盐渍化发生演变与条件的关系,采用完善的测试手段获得数量指标。

早在1931年B·B波雷诺夫提出以地下水中 Cl^- : SO_4^{2-} 与土壤中 Cl^- : SO_4^{2-} 的比值来确定临界深度,当比值 <1 时,表明溶液毛管水流继续上升;比值等于1或接近1时,可以认为非常接近临界深度;比值 >1 时,表明开始脱盐的过程^[2]。虽然这个方法没有为大家所用,但他提出了土壤积盐、土壤脱盐与地下水矿化度和组成有密切关系。B·A柯夫达在调查的基础上,总结出临界深度与年平均温度成正相关的经验公式, $y = 170 + 8x \pm 15$ (厘米)^[12](y 代表临界深度、 x 代表年平均温度)这个经验公式是粗略的,作为一个普遍性的公式,其严重不足之处是考虑土壤物理性质不够,而把年平均温度作为一个决定临界深度的函数来考虑。若据此来确定临界深度值,则就会是年平均温度愈高,临界深度值也愈大,显然这与实际情况是有很大出入的。A·Г符拉吉米罗夫认为要在地下水位10米或大于10米的深度范围内的地段上,在一个地点或若干地点,在整个剖面的一定间隔深度,测定土壤水分及其水溶性盐含量,按地下水沿土壤毛管孔隙,可能上升的高度来确定临界深度^[13]。此法可了解不同条件下的土壤毛管薄膜水可能上升的最大高度,有助于确定不同条件下的临界深度值。

由于临界深度问题与土壤水分研究有密切关系,因此,必须仰赖土壤水分研究方法的改进和成就。土壤表层盐分的积聚,主要取决于土壤水分向地表移动的数量和强度。A·A罗戴对水分运动的特性作如下描述^[14]:易于运动的——当含水量高于土壤最小持水量时;中度能动的——毛管联系破裂含水量至最小持水量之间的水分;难于运动的——凋萎含水量至毛管联系破裂含水量之间的水分。基于这一概念,许多人试图在土壤剖面的水分分布中找到水分移动速度变化的转折点,以某一个转折点作为确定临界深度的基础。例如“华北平原土壤”一书中指出:我们可以借助

1) 华北平原地区预防和改良盐碱地学术讨论会综合意见。

2) B·M·鲍罗夫斯基等(孙传鹏等译):盐渍土改良的数量研究法。第二章土壤改良的临界常数。(未刊稿)

自然含水量与田间持水量相近似的情况,来预测毛管强烈影响的范围,并且作为测定临界水位的根据[15]。就是自然含水量与田间持水量相似的交点,从这一点向下延伸至地下水位距离,作为毛管强烈影响范围,此法的关键在于附加一个恰当的数值。

还有以毛管联系破裂含水量作为基础。阿勃拉莫娃认为当含水量达到毛管联系破裂含水量时,悬着水整体地向蒸发面运行就停止[14]。姜溥礼认为:当土壤水分降低到破裂含水率之后,产生三个明显的特征:1. 液态运动的连续性遭到破坏;2. 水分的汽化开始强烈地进行;3. 水分蒸发强度锐减。并把土壤水分含量大于毛管联系破裂点的地方,作为毛管水强烈上升高度,而毛管水破裂点就是水分运行的转折点,因此提出作为确定临界深度的基础[16]。按照罗戴所指出的,当在毛管联系破裂含水量时,土壤中含有全部紧密结合水、以及大量的或甚至全部的松结合水[14]。前者不能溶解盐分,后者虽能溶解盐分,但运行很慢,在这种水分形态下就算能导致土壤累积盐分,也是不多的,因而此法是可取的。应当指出,毛管联系破裂含水量与最小持水量之间的关系,受土壤质地和土壤结构的影响很大,在确定时,应该以实测为依据,不要以最小持水量推算毛管联系破裂含水量。

也有采取长期定位观测的方法,根据定点、定期观测地下水位,采集土样、水样进行化学分析,并同时测定水分含量,注意土壤含盐量年内消长状况或多年均衡状况,从连续资料数据加以分析,确定临界深度值,由于结合大田(栽培管理措施)采取多点、连续观测水、盐动态,无疑对确定一个地区的地下水临界深度是很有价值的。但问题在于要做到真正的动态观测。

野外调查法是利用自然界的相关因子,在大面积中进行调查,在调查中注意土壤质地、地下水位、矿化度以及土壤含盐状况等等,把一些资料作成相关曲线,找出地下水埋深与矿化度的关系,土壤含盐量与地下水埋深的关系。此法是建立在大量资料统计的基础上,有一定的参考价值。但问题是在调查时,土壤的盐渍状况未必与当时的地下水位直接相关,即是说,调查时所观测到的土壤盐渍状况,有可能是调查前的地下水位的迟后现象,同时还可能与土壤水毛管侧向运动、饱和水层或临时滞水层的毛管上升运动、以及土壤融冻过程中土壤水分运动的影响有关。所以此法有一定缺点,但能及时提供粗略的参考数值。

采用测量潜水蒸发量的方法确定临界深度。地

下水沿毛管孔隙向土壤表层补给耗损于蒸发的水量,称为潜水的蒸发量。蒸发耗损的水量愈多,其积盐量也就愈多。潜水蒸发量的大小,除受气象因素影响外,直接受到地下水位高低,土壤质地及其土层结构的影响,各地的试验都表明,地下水位相同的情况下,轻质的蒸发量大,粘质的或厚层粘质的蒸发量小,积盐量与蒸发量呈正相关,而蒸发强度与潜水埋深成反相关。W. R. 嘎尔德的试验结果表明,地下水的蒸发耗损,在土层的某一深度有一个转折间段,低于这个深度,地下水因蒸发而耗损的量变化就不明显了[17]。A. A. 卡沃康等人提出蒸发临界深度的概念,当潜水处于该深度时,潜水蒸发实际上等于零¹⁾,土壤盐渍化也就不会发生。中国科学院南京土壤研究所和山东水利科所合作,曾在德州试验站,把土壤潜水蒸发装置和负压计装置结合起来,从中得到土壤水流量和土壤水分蒸发强度,以便计算土壤的积盐强度。

近年来,国外已不乏用数学的方法,建立土壤水盐运行数学模型,来确定临界深度的方法。

通过一些试验研究,认为以磨碎过筛的土体作模拟,所测得的毛管上升最大高度作为确定临界深度的基础不妥[9,10,18,19,20]。因为这样,得到的结果必然是粘土的临界深度值大于其他土壤质地。但各地田间试验和客观事实均证明,轻质土的临界深度值大于粘质土壤,因此,轻质土壤较粘质土壤更易于返盐。这个已为大家所公认的事实,可以测定土壤毛管导水系数的试验研究结果得到佐证²⁾。

在上述各种测定方法中,目前似以对土壤—地下水的水、盐动态进行连续的田间定位观测和室内模拟试验相结合的方法较好,应在测试过程中,不断改善测试手段,完善测试方法。

三、影响临界深度的因素

影响临界深度的因素很多,但主要可归为气候条件(蒸发、降雨、温度),土壤性状(特别是与土壤毛管性能有关的,如质地,结构和剖面层次状况),水文地质条件(矿化度、组成、径流通畅程度)和人为措施(主要是农业措施和水利措施)等四个方面,这些因素相互关系密切,综合地影响土壤的水盐运行规律。临界深度值不是一个常数,而是随其中一个因素的变化而改变的一个变数,也就是说,在不同的地区、不同的情况下,地下水临界深度值是不同的。但在自然和人为条件类似情况下,临界深度值应基本相同。

在不同生物气候条件下,蒸降比越大,临界深度

1) B·M·鲍罗夫斯基等(孙传璐等译):盐渍土改良的数量研究法。第二章 土壤改良的临界常数。(未刊稿)

2) 陈志雄:鲁北平原三种土壤毛管传导度的测定。盐碱土论文摘要集,中国科学院南京土壤研究所,1963。(油印本)

值也越大。不同的土壤质地,其毛管传导性不同,而夹有不同厚度粘土的层状土壤,对水分运行产生重大影响。如“华北平原土壤”一书指出:当胶泥层厚度大于10厘米时,就可以抑制土壤水分上升[15]。亦有人指出,当地下水位出现于胶泥层以下时,如果胶泥层厚度大于30厘米,其底面距地下水面又大于50厘米,土壤水,盐向上运行就受到强烈的抑制[21]。又如 A·Φ别列捷夫认为,若层状土壤质地为下粗上细时,由于上下之间孔隙直径大小的差别,在交界面上可以保持过剩的水分[14]。显然层状土壤水分运动较之均质土壤复杂得多。在同一地区,因土壤质地和剖面层次结构不同,它们的临界深度值也有很大差别。此外,层状土壤有时会存在临时饱和滞水层,如果它在土壤剖面中出现的深度不大,也能起到地下水的作用而使地表积盐。故土壤发生盐渍化有时不一定完全是由地下水直接引起的[22]。层状土壤在各地冲积平原中都有较大面积的分布,因此,在确定地下水临界深度时,必须考虑它们对水盐运行的影响。

矿化的地下水是土壤盐渍化的主要根源,其矿化度的高低与土壤盐渍化的关系极其密切,在地下水位相差不多的情况下,凡是地下水矿化度高的,都容易表露出土壤盐渍化的特征。矿化度高、低之间的差别,不仅直接影响土壤的积盐量,而且也影响毛管水的上升高度产生影响,所以在相同的情况下,矿化度不同,其临界深度值也应不同。

B.A 柯夫达等提出地下水临界矿化度的概念,并认为只有到达临界矿化度时,地下水临界深度才有重要的意义[12]。但是在干旱、半干旱地区,即使低矿化度的地下水(少于2克/升),藉毛管上升作用而不断通过地表蒸发时,土壤发生盐渍化是屡见不鲜。另外,如地下水位深于其临界深度,即使高矿化地下水,也

不一定引起土壤表层盐渍化,其例更多,所以“临界矿化度”这个概念是有商榷余地的。

土壤盐渍化的过程是复杂的,早年 B.B 波雷诺夫提出,在考虑临界深度时,应该注意上升水流和下渗水流的差值[2]。H·И布龙尼茨基曾认为,修建排水设施任务,不在于机械地降低地下水位,而在于表土层中形成下降水流[23]。所以在灌排条件下,通过合理灌溉和排水,加强下渗水流,以达到调节和控制水、盐向上运行,从而达到降低临界深度的要求是有可能的。一般说来,当下降水流与上升水流相当时,土壤处于盐分平衡;下降水流大于上升水流时,土壤处于脱盐;当下降水流少于上升水流时,土壤就处于积盐状态。例如在有良好排水条件下,冲洗盐碱地、或种稻改良盐碱地,就是人为地创造下降水流,控制上升水流。其前提是排水,否则下降水流就有限度,不能达到预期的效果。

地下水位从高水位下降,主要有两个途径:一个是通过排水(包括明排、竖井排)下降;另一个是通过蒸发蒸腾下降。这两种途径不是截然分开的。主要视排水条件好坏而定,排水条件好的以前者为主,排水条件差的就以后者为主。然而,高水位期持续的时间,或水位下降过程的延续时间长短,与土壤的积盐量有密切的关系,高水位期持续时间长、蒸发量大,积盐多。相反,持续时间短相应的积盐量就少。由此可见,人们利用已知临界深度值,就可以有意识地对土壤水盐运动进行控制和调节,当处于高水位时,可因时因地制宜,利用竖井排,明沟排或扬水排等相结合的排水措施,加速降低水位,控制在临界深度以下。如果配合其他措施,重视增加地面覆盖、中耕松土、改善土壤结构,增加耕层有机质的含量和厚度,以及适时灌溉等,以达到削弱土壤水及潜水蒸发强度,就会对降低临界深度数值起到积极的作用。

参 考 文 献

- [1] Егоров В. В., Почвообразование и условия проведения оросительных мелiorаций в дельтах Арало—Каспийской низменности, стр. 234, 1959.
- [2] Поляков Б. Б., Избранный Труды, стр. 549—562, Изд. АН СССР, Москва, 1956.
- [3] Л·Р·罗佐夫(傅子桢译),土壤改良土壤学,122页,农业出版社,1959.
- [4] В·А·柯夫达(席承蕃等译),盐渍土的发生与演变,380页,科学出版社,1957.
- [5] 新疆军区生产建设兵团司令部,改良利用盐渍土的排水问题.新疆农业科学,9期,352—354页,1962.
- [6] Балябо Н. К., Повышение плодородия почв орошаемой хлопковой зоны СССР, стр. 131—138, СЕЛЬХОЗГИЗ, Москва, 1951.
- [7] В·Р·沃洛布耶夫(贾大林译),盐渍土的冲洗和排水.利用排水设施防治灌溉土壤盐渍化(倪兴业、陶炳炎选编),50—62页,中国工业出版社,1964.
- [8] И·К·平斯何依(罗仁译),盐渍土的土壤改良措施,9—11页,科学出版社,1959.
- [9] 谭孝源,盐渍化耕地地下水临界深度的探讨.新疆农业科学,8期,302页,1962.

- [10] 王吉智, 宁夏银川地区灌排措施在防治盐渍土中的重大意义。土壤, 9 期, 1—3 页, 1959。
- [11] W.P. 凯莱(黄震华译), 盐碱土。16 页, 科学出版社, 1959。
- [12] Ковда В. А., Вопросы происхождения засоленных почв и их мелиорации. Труды Почвенного Института, Том 44, стр. 55, 1954。
- [13] Владимирев А. Г., Мелиоративная гидрогеология. стр. 74—76, ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ, Москва, 1960。
- [14] А. А. 罗戴(袁剑舫译), 土壤和土质的水分性质, 47—78 页, 科学出版社, 1958。
- [15] 中国科学院土壤及水土保持研究所, 水利电力部北京勘测设计院土壤调查总队 华北平原土壤。332 页, 科学出版社, 1961。
- [16] 姜溥礼, 土壤积盐与地下水关系的分析。水利学报, 3 期, 5—8 页, 1964。
- [17] Gardner W.R, Soil Sci. 85, 244—249, 1958。
- [18] 李凤岭, 土质毛管水强烈上升高度确定方法的商榷。土壤通报, 3 期, 38 页, 1962。
- [19] 黄荣翰等, 盐碱地改良。63—67 页, 中国工业出版社, 1962。
- [20] 金泉秀等, 关于含盐地下水临界深度的研究。新疆农业科学, 9 期, 359 页。1962。
- [21] 刘有昌, 鲁北平原地下水安全深度的探讨, 土壤通报, 4 期, 13—20 页, 1962。
- [22] 黎立群, 在防治土壤盐渍化调查中应注意的几个问题。土壤, 9 期, 55—57 页。1961。
- [23] Н. И. 布龙尼茨基, 饥饿草原老区的水平和垂直排水措施。利用排水设施防治灌溉土壤盐渍化(暨兴业、陶炳炎选编), 297 页, 中国工业出版社, 1964。

黑土的肥力特性及其演变*

王明珠 赵其国 熊国炎 陆长青

(中国科学院南京土壤研究所)

黑土是黑龙江省的主要农业土壤。广泛分布于该省中部, 大兴安岭东南侧及小兴安岭两侧的山前丘陵漫岗。松嫩河流上游谷地, 三江低平原的西缘也有其分布。总面积 1.18 亿亩, 约占全省农用土壤的二分之一**。目前, 除北部尚有近千万亩正在开发外。大部已耕垦数十年至百余年。盛产麦、豆、玉米等, 素有“北大仓”之称。研究其肥力特性及垦后的肥力变化, 对合理利用培肥与建设高产稳产基本农田有着重要的意义。

一、黑土发生特点与肥力分析

黑土发育于温带季风气候条件下, 母质主要为第四纪陆相沉积复盖的黄土性粘土。由于夏季温暖多雨, 水分溶积, 草甸植被生长密茂, 每年产生有机物达 2000—3500 斤/亩。冬季漫长, 季节性冻层长期影响, 微生物活动微弱, 当年的植物残体至翌年夏秋, 才经腐解而累积于土层中, 部分并随水渗到土体内, 形成

深厚的腐殖质层和水稳性团粒结构, 构成黑土的肥沃性。

1、养分储量丰富, 根据大、小兴安岭开垦地区的黑土分析, 表层有机质高达 6—15%, 有机质含量 >2% 的黑土层在 30 厘米以上, 向下逐渐递减。由此推测, 南部老垦区黑土由于生草过程时间长而作用强烈。一般黑土层更厚, 有机质含量更高。黑土层中的养分元素, 全氮多在 0.3—0.7% 之间, 全磷 0.16—0.32%, 且以有机形态磷为主, 对有机质有明显的相关性(图 1), 两者的相关系数 $r = 0.92$, 自由度 = 40, $r_{0.05} = 0.304$, 相关系数是显著的; 钾主要与母质有关, 黄土的全钾量约 2%, 微量元素随有机质增加而相应富集。

2、结构性能好, 由于有机质多, 草甸植被根系穿插, 使粘壤到粉粘质黄土上发育的黑土, 表层具有良好的团粒结构。从表 1 可见 >0.25 毫米的水稳性团

* 本文系作者参加 1973—1978 年黑龙江省荒地考察时, 搜集的资料编写而成。有关分析结果除注明外, 均系我所土壤地理研究室的分析室、微形态室提供。

** 赵其国等: 黑龙江省土壤资源, 1979。(待刊稿)