

发展节水农业与防治土壤盐渍化的关系

尤文瑞

(中国科学院南京土壤研究所)

摘要

本文从发展节水农业对调控土壤水盐动态的作用及区域水盐平衡的观点，论述了盐渍地区发展节水农业有利于防治土壤盐渍化。提出了盐渍地区发展节水农业的主要措施：1. 实施合理调控土壤水盐动态的最佳节水防盐灌溉制度；2. 采用节水防盐的灌水技术；3. 减少输配水系统的渗水损失；4. 合理利用水资源。

随着世界人口的增长，工农业生产迅速发展，水资源日趋紧张，水资源的保护和节约用水的问题，已引起世界各国的极大重视。据联合国统计资料，全球多年平均年降水深为1130毫米，陆地平均降水深为800毫米，陆地多年平均河川年径流量为47万亿立方米，我国为26380亿立方米，从总径流量看我国占世界第6位，而人平均占有的径流量则只有2700立方米，占世界第88位(1983年资料)，而且由于水资源地区上分布不均，我国北方水资源更为紧缺。据统计，全国因长期缺水而减少的灌溉面积，1986年为13万公顷，1987年增加到14.2万公顷。因此发展节水农业，提高水的有效利用率，是保证农业持续发展的重要问题。在北方干旱和半干旱地区发展节水农业与土壤盐渍化的防治密切有关。由于节水农业的发展可以节约出大量的水资源用来开垦利用盐碱荒地，合理的采用节水灌排技术及实施节水灌排制度均有利于灌溉地区水盐动态的调控，防止土壤次生盐渍化的发展。本文试就发展节水农业与土壤盐渍化防治的关系及盐渍地区如何发展节水农业论述如下：

一、发展节水农业与防治土壤盐渍化的关系

土壤盐渍化防治途径主要有三：一是排除土壤中过多的盐分；二是调节土壤盐分在剖面中的分布；三是防止盐分在土壤中的重新累积。当前，排除土壤中过多盐分行之有效并较为广泛采用的方法仍是冲洗排水。洗盐需要淡水水源，为了在有限的水源条件下，开垦利用较多的盐碱荒地，必须发展节水农业，在洗盐中如何提高单位水量的洗盐效果也是非常重要的。在干旱和半干旱气候条件下，经过改良的盐碱土和在非盐渍化的地区发展灌溉，土壤剖面中都可能重新积累盐分。由于灌溉而引起的次生盐渍化，在世界许多国家均曾发生。我国50年代末60年代初期，由于大面积发展引黄自流灌溉曾引起了灌区严重的土壤次生盐渍化发生。据估计到2000年世界灌溉面积可能发展到3亿公顷，占那时总耕地面积的20%，其中60%在半湿润地区，主要是发展水稻，40%则是在干旱和半干旱地区，因此防止发展灌溉可能引起的土壤盐渍化问题，是关系到灌溉事业发展成败的一个关键。大量研究表明：灌区土壤次生盐渍化的产生，主要是由于破坏了原有区域的水盐平衡而引起的；一方面是由于灌溉水带来的盐分，增加了土壤剖面盐分的来量，另一方面是因过多的灌溉水补给地下水，抬高了地下水位，增加了地下水通过土壤毛管水向上运行的速度和地下水蒸发量，从而增加了地下水和下层土体中盐分向表土的积累。从上述两方面的原因来看，发展节水农业，对防止灌溉次生盐渍化都是十分必要的。节水农业的实施，减少了灌溉用水量，可以大大减少由灌溉

水带入土壤剖面中的盐分，又可防止因灌溉水渗漏损失而引起的地下水位的抬高，从而防止地下水和下层土体盐分向上层的累积。

土壤盐渍化的防治，对于一部分土壤剖面中盐分含量很高的盐土（如西北和滨海盐渍土区），需要采用冲洗排水的方法进行改良之外，大部分盐渍化土壤都可以通过水盐动态的合理调控得到治理。即采取各种农业和水利措施，调控土壤剖面中的盐分分布状况，使之不致过分集中于表土危害作物的生长。50年代末期我国华北平原大面积次生盐渍化之所以发生，故然是由于没有重视排水措施，而另一个重要原因则是没有重视合理灌溉，没有注意发展节水农业。长时间以来在盐渍化治理方面，比较强调排水、排盐。实际上在干旱和半干旱的地区，土体中的盐分很难排至0.5克/千克以下。我所多年来的观测实验研究表明，即使是土体中平均含盐量降低到0.5克/千克，如果不能合理的调节水盐状况，在地下水位较高的情况下，任其向表层土壤中累积，仍会形成土壤次生盐渍化。而在潜水埋深不到1.5米，矿化度超过3克/升的条件下，如能采用合理灌溉及精耕细作等措施，调控土壤水盐动态，仍能保持土壤耕作层含盐不超过2克/千克。黄淮海平原矿化度小于2克/升的浅层地下淡水区占83%，土壤剖面中，一米土体内平均含盐量大多不超过2—3克/千克。就是在气候干旱的新疆，280多万亩河灌面积中，浅层地下水小于3克/升的面积亦占70%以上。因此大多数地区都可通过水盐动态的合理调控措施来防治土壤盐渍化。采用大灌大排的办法，已经愈来愈不适应水资源日益紧张的情况及保护生态环境的要求。只有在发展节水农业的基础上，采用合理水盐调控措施，才能经济有效的防治土壤盐渍化。

合理利用水资源，是发展节水农业的一个重要方面，它的节水作用不亚于渠系防渗措施及灌溉制度、灌水技术的改进。黄淮海平原由于季风气候的特点，作物对降水的利用率仅30%左右，如果采用发展地下水库等措施，增加雨季降雨入渗，提高降水利用率到40%，则相当于增加约240亿立方米的水资源。内蒙河套灌区的试验表明：秋季贮水灌溉用井水代替引黄水，可减少引黄水量38%，约相当于把渠系利用系数提高到0.8时所减少的引黄水量。而井网建设的投资仅为渠系衬砌投资的38%。水源的合理利用，主要是通过对河流水、地下水和降水的合理调控和使用，减少水的流失和蒸发损耗，提高水的利用率。它同样是土壤盐渍化防治的重要措施之一。合理利用水资源可以经济有效的防止灌溉地区土壤次生盐渍化的发生。

盐渍地区往往是水资源最为紧缺的地区，盐渍地区必须发展节水农业，节水农业的发展有利于土壤盐渍化的防治。

二、盐渍地区节水农业的发展

1. 实施合理调控土壤水盐动态的最佳节水防盐灌溉制度：盐渍地区作物的灌溉，在尽量节约用水的前提下，既要满足作物需水，又要调节土壤剖面中的盐分状况。黄淮海平原地区，冬小麦的灌溉，可以根据不同的水源条件，采用不同的灌溉制度。例如，在水源严重短缺只允许灌一、二次水的地区，最好灌拔节水或灌浆水，而在盐渍地区，考虑到土壤剖面中盐分的季节性变化，在冬、春季小麦幼苗和返青期，往往出现表土积盐期，需要进行加大定额的灌溉。内蒙河套灌区冬季贮水灌溉，一方面是为了向土壤中贮存水分，以利于第二年春季作物生长的需要，另一个重要作用则是淋洗由于夏秋季节水分蒸发累积于上层土体中的盐分，因此这是一次重要的灌水。

对于不同盐渍地区节水防盐灌溉制度，过去研究的不多。我国西北及滨海等地区，长期

以来都在土壤耕层含盐较高的时期，采用加大灌溉定额以灌水压盐的方法，调节土壤含盐状况。但因对加大定额的数量（即灌溉淋洗需要量）缺少足够的研究，常常用水过量，深层渗漏水量过大，导致地下水位抬高，反而使土壤灌后返盐。因此应加强这方面的研究，以制定合理的节水防盐灌溉制度及灌溉定额。

2. 采用节水防盐的灌水技术：目前国内外对田间灌水技术均进行了大量的研究。先进的节水灌溉技术，大都是从减少灌水的深层渗漏损失，减少灌水的不均匀性，降低水分的蒸发损耗等方面出发，达到节水的目的，因而多同时有利于土壤盐分动态的调节。但也有一些灌水技术，可以节水但不利于防盐。因此需根据土壤水盐动态特征，采用不同的节水灌溉技术，以达到既能节水又能防盐的目的。目前我国95%以上的灌溉面积仍是采用常规的地面灌溉方法，世界大部份国家也仍以地面灌溉为主。研究改进地面灌水技术仍是当前十分重要的课题。我国近年来发展利用膜上灌水技术，在地膜栽培的基础上，在不增加投入的前提下，把原来的膜侧沟内水流改为膜上水流，这样可节水70%以上。膜上灌溉减少了灌水的深层渗漏，从而防止由于大水漫灌而引起的地下水位的抬高，又由于有地膜的覆盖，减少了土壤水分蒸发，因而可以减少盐分向上层土体的积累。美国近十多年来推广采用水平地块灌水法，代替沟畦灌溉，每个地块面积为2至16公顷，应用激光控制平整地块，使任何方向地面高差不大于2.5厘米，灌溉水的有效利用率可达70~90%。这种方法是建立在土地高度平整的基础上的。平整土地也是综合防治土壤盐渍化措施中的重要环节，特别是对消除耕地中的盐斑，防止次生盐渍化的发生有极为重要的作用。我国大部麦田采用畦灌法，田畦田长度和宽度均过大，灌水极不均匀，灌溉渗漏损失较多。改长畦为短畦、宽畦为窄畦，采用适当的单宽流量，可节水30—50%。由于增加了灌水的均匀性，减少灌溉水的渗漏损失，同样有利于土壤盐渍化的防治。

喷灌、滴灌和渗灌已在一些发达国家较多的采用。节水效果十分显著，但由于所需投资较多，技术要求较高，在我国发展还较慢。新疆农五师曾进行喷灌改良盐土的试验，采用大定额连续喷灌进行盐碱土的冲洗，可以提高水的利用率3~5倍，每立方水的排盐量较地面灌水冲洗提高8倍左右，同时还可节省工程占地7—8%。但也有的试验研究认为，在干旱地区喷灌的蒸发飘逸损失较大，可达用水量的20%，在盐渍地区地面高低不平的情况下采用喷灌易于发生盐分向高地的集聚，产生盐斑，或产生类似小雨勾盐的现象。滴灌可以大量节水，而且适用于盐渍地区的咸水灌溉。它可以经常保持作物根层有足够的水分，并且调节根层土壤溶液浓度在作物耐盐度以下；但长期采用咸水滴灌的地区，需注意土壤盐分含量的变化，适时采用淡水或利用降水淋盐，以防止过多盐分在耕层的集聚。渗灌是通过埋置于一定深度土层中的渗水设备补给土壤水分，节水效果也很好。但在盐渍地区如果下层土体中含盐较高，盐分可能随渗水向表土累积，危害作物生长。喷灌、滴灌、渗灌节水效能高，但需投资较大，又对土壤水盐动态有其特殊的影响，因此在盐渍地区应通过进一步试验研究，谨慎采用。

3. 减少输配水系统的渗水损失：据国内外资料，未经衬砌的土制渠道，输水损失达40~50%，高者达60%。减少输配水损失，是一项重要的节水措施，在盐渍地区也是预防土壤次生盐渍化的重要措施。从水盐平衡角度来看，渠系的渗水带来大量水盐，增加区域水盐平衡中盐分的来量，必然会促使灌区盐渍化的发展。而渠道两侧由于渗漏水补给抬高了地下水位，直接导致渠道两侧土壤次生盐渍化的发生。田间灌溉水的深层渗漏在一定条件下还可能起到淋洗土壤盐分的作用，而渠系的渗水损失则只能促使土壤改良条件的恶化。减少渠系输

水损失的方法：一是渠道衬砌；二是采用管道输水。渠道衬砌的方法很多，如混凝土、沥青、灰土、砌石和塑料薄膜等。在我国北方盐渍土地区，则应考虑采用防冻和防止盐分腐蚀的材料和结构。采用“U”形混凝土渠槽和塑料薄膜加混凝土盖板，防冻胀效果较好，并可机械化施工，便于在地广人稀的盐渍土地区采用。利用管道输水可以提高灌水的利用率30%以上，而且可减少渠道建筑物和占用耕地，又便于管理。河南省温县井灌区利用地下管道输水，河北省沧州地区和黑龙江省等地利用塑料软管输水，输水损失量仅约3%。单井提水的利用率由原来的35%提高到90%以上，这些方法均可在盐渍地区推广。

4. 合理利用水资源：盐渍地区水资源的利用，既要考虑节水又要有利防盐，因此要正确的处理好如下几方面的关系：

(1) 蓄与排的关系：我国北方(包括华北、西北、东北)盐渍地区，地表水资源的年内和年际变化都很大。为了充分利用水资源，必须把多水季节或年份的径流蓄存起来，以备缺水时用。蓄水方式有山区水库、平原水库(包括坑塘等)和地下水库(利用地下土层蓄水)。山区修建水库，一般综合效益较大，对平原地区土壤盐渍化的防治有益无害；但是在平原地区仍有大量径流需要调节利用，为华北地区海滦河的入海水量中，平原产流约占1/3。如何调节利用平原径流则与土壤盐渍化密切相关。从水资源利用的观点来看。最好将暂时用不完的水尽可能的蓄存起来，但从土壤盐渍化的防治、从水盐平衡角度考虑，则需保持一定水量的排出，以维持盐分平衡。利用坑塘和修建平原水库蓄水，必须注意防止由于水库渗漏而引起水库周边和整个蓄水地区地下水位抬高而引起的土壤盐渍化问题。必须吸取50年代末期，大搞平原蓄水引起土壤次生盐渍化的教训。利用平原水库蓄水，水库周边地区如果搞好截渗沟，可以在一定程度上控制水库周边水位的抬高，但从整个平原来看水并未排出。平原水库蓄水面积大，蓄水深度浅，渗漏、蒸发损失比例大，对地下水位的影响不容忽视。由于气候干旱，加上大量开采利用地下水，近些年来地下水位有所下降，地下水毛管蒸发减弱，土壤盐渍化有所减轻，但大部分地区土壤心、底土仍含有一定数量的盐分，一旦地下水位上升，毛管蒸发加速，下层土体中盐分仍会很快向表土集聚形成次生盐渍化。因此必须密切注意地下水位的控制，对平原蓄水持谨慎态度。

有些专家提出用发展地下水库的方法，增强调蓄径流的能力。在平原地区大力开展井灌，在雨季来临之前，尽量抽吸浅层地下水进行灌溉，使地下水位下降形成地下库容，以蓄存雨季降水或引渗河水。这种办法，由于旱季利用井灌降低了地下水位，因而减少了地下水的蒸发，减少了旱季盐分向表土的累积，雨季又增强了降水的入渗，加强了降雨的淋盐作用，因此，既能充分利用水资源，又有利于土壤盐渍化的防治。但平原地区浅层土体一般比较致密，渗透系数、给水度均较小。旱季地下水位的变化及其产生的库容，以及雨季的入渗水量、旱季能利用的水量，都还是需要进一步研究的问题。

(2)引用河水与利用当地地下水的关系：我国北方平原大部分河灌地区，浅层地下水矿化度均小于3克/升，可用为发展灌溉。层地下水灌溉之间的关系，不仅是合理利用水资源的重要问题，也是防治土壤盐渍化的关键。多年来的生产实践表明：渠灌地区土壤次生盐渍化的防治，始终是一个难以解决的问题。以内蒙河套灌区为例，每年引黄水量达40亿立方米，不仅抬高地下水位，而且引入灌区盐分159万吨，要保持灌区的水盐平衡，需要增加排水排盐量，不仅要增加排水工程而且要考虑排水出路的问题。如果开发利用当地地下水发展井灌，则可大大减少水盐的引入，并可利用竖井抽水，调控地下水位。但是由于浅层地下水的补给主要靠降水的入渗，有些地区由于开采过量使地下水位大幅度下降。给井灌带来困难。

在有条件的地区，最好采用井渠相结合的灌溉方式。利用渠灌渗水，适当补给地下水，这样不仅可以充分利用水资源，也有利于盐渍化的防治。中国科学院南京土壤研究所在河南省黄河漫润盐渍区的研究表明，在引黄渠灌区，由于大量引黄种稻，使地下水位抬高，引起土壤次生盐渍化。而在井灌区，通过数学模拟计算预报，虽然不会有盐渍化发生，但如进一步增加地下水的开采量，则可能使地下水位下降。而在井渠结合的地区，地下水位基本处于稳恒状况，也不会有盐渍化发生。

(3)保护水资源与防治土壤盐渍化的关系：我国水源污染的问题已十分严重，它已成为水源危机的重要原因之一。从广义来说水资源的保护也是节水。在盐渍地区为了改良盐土和防治土壤次生盐渍化，需要维持区域的水盐平衡，进行排水排盐。除了距海较近的滨海盐渍土区之外，多数盐渍区均将水盐排入河流，导致河水盐分的增加。例如，新疆阿克苏河、塔里木河流域，1960年以前开荒较少，据阿拉水文站观测，5—12月份河水矿化度0.33—1.28克/升，5月份矿化度最高为1.28克/升，以后，阿拉水文站以上地区垦荒近450万亩，大量水盐排入河流，致使5、6月份河水矿化度增到2.56—5.46克/升。黄河银川河段，只有350万亩灌区的排水排入黄河，致使5—6月份河水含盐增加20—40%。如何防止由于进行土壤盐渍化的防治而引起的河流污染，应引起充分重视。目前主要有两方面的措施：其一是采用井渠结合和其它调控水盐动态的综合防治盐渍化的措施，尽量减少水盐的引入和排出；其二是将水盐排入适当的容泄区(洼地或水池)，通过蒸发浓缩处理作为工业原料。在美、澳等国的内陆盐渍土地区已有多处试验采用这种方法，取得了较好的效果。

我国人口已达11亿多，为了进一步发展农业生产，必须重视发展节水农业，并进行盐渍化的防治。节水农业的发展必将促进土壤盐渍化的防治，盐渍化的防治又可为节水农业的进一步发展创造良好条件。

参 考 文 献

- [1]李惠芳，2000年世界灌溉展望，灌溉排水，第1期，1—21页，1983。
- [2]方汝林，论我国西北、华北、东北平原农田灌溉合理用水问题，灌溉排水，第4期，1—9页，1982。
- [3]吕善秀，河北省部分地区节水灌溉技术调查，灌溉排水，第1期，19—24页，1985。
- [4]Sandra postel，粮食生产中水的有效利用，灌溉排水，第3期，5—12页，1987。
- [5]董其林，节水与我国的灌溉农业，农田水利与小水电，第5期，1—4页，1989。
- [6]河北省灌溉中心试验站等，冬小麦的节水灌溉制度，农田水利与小水电，第9期，5—7页，1987。
- [7]陈耀峰，干旱条件下节水灌溉的田间措施，农田水利与小水电，第3期，9—10页，1990。
- [8]徐首先等，一种新的灌水技术—膜上灌，农田水利与小水电，第5期，1—6页，1988。
- [9]毛履杰，节水增产的灌水技术，农田水利与小水电，第5期，10—12页，1988。
- [10]傅琳，新疆节水灌溉刍议，农田水利与小水电，第3期，5—6页，1988。
- [11]井渠结合防次研究组，引黄人民胜利渠灌区井渠结合现状调查及评价，农田水利与小水电，第5期，18—21页，1987。
- [12]柳跃先，喷灌改良盐碱土试验，农田水利与小水电，第11期，12—13页，1988。
- [13]中国赴苏联灌排技术和土壤改良代表团，苏联的灌排技术和土壤改良经验(下)，第11期4—8页，1987。