

中国科学院綜合考察委員会資料

編 号:

密 級:

新疆

新星区土壤次生盐渍化问题

韓炳森

中国科学院综合考察委员会农林牧资源室

1964年 1月

目 录

一、新垦区的分布概况及土壤改良条件

二、次生盐渍化的发生与演变

1. 沿新渠道两旁的次生盐渍化

2. 灌区全面的次生盐渍化

三、次生盐渍化发生的原因

四、次生盐渍化的防治途径

新疆农垦区土壤次生盐渍化問題 *

新疆地区辽阔，土地资源丰富，农业生产具有很大潜力。但是，由於新疆自然条件复杂，使广大的农垦土地较普遍地发生了不同程度的次生盐渍化，以致严重地影响农业生产。因此，在大量垦荒过程中对当地土壤改良条件进行研究，很好地讨论农垦区土壤次生盐渍化的問題。對於发展农业生产具有重大的实践意义。

一、农垦区分布概况及土壤改良条件

自解放以来，新疆大规模兴修水利，垦荒建场，发展农业生产。据不完全统计，截至1960年止，已修建水库廿多座，大型引水渠道一百多条，垦殖面积达一千九百多万亩，建立了二百多个农场。形成许多比较集中的农场群，其中著名的有乌鲁木齐垦区、玛纳斯河流域的炮台垦区、下野地垦区、石河子垦区、呼图壁垦区、奇台垦区、阿克苏垦区、伽师、巴楚垦区等。根据农业利用和土壤改良条件的特点看，这些农场主要分布在下列的一些地形部位。

1. 扇形地（包括洪积——冲积扇和冲积扇）的下部和边缘。如北疆的老柳沟农场、玛纳斯县农场、十九团农场、八一农场等；南疆的孔雀一场、胜利九场、普鲁农场和昆仑牧场等。这些农场的土壤改良条件，一般说来是比较差的，地下水位和矿化度均较高，土壤质地粘重、土壤含盐量较高。

2. 古老的冲积和洪积平原：如北疆下野地十九团农场、车排子农场、莫索湾农场等；南疆塔里木、胜利、伽师等农场群。这些农场除少数地

* 本文蒙黄自立、黄荣金、刘厚培、石玉麟、孙鸿烈等同志审阅，作了重要修正补充，特誌謝忱。

区地下水位較淺和矿化度較高之外，一般說來地下水埋藏較深，矿化度較低，土壤含盐量也較小，土壤改良条件良好。

3.湖濱三角州平原的下部：如焉耆盆地的湖光农場和五团农場。这些农場的地下水位直接受到湖水的影响（特別在洪水期）所以地下水的埋藏深度較淺。但矿化度較低。因此，在农业生产上除了控制地下水位上升之外，土壤改良並不困难。

4.干三角州平原的下部：如前进农場、团结农場、伽师公安农場、胜利十場、十二場和阿瓦提县南部近年来垦建的农場等，这些农場的土壤改良条件很差，地下水位高（1—2米），矿化度也較高（20—30克/升），地下水逕流条件差，土壤質地較粘重，土壤含盐量較高，且地表形成5—10厘米的盐結壳（含盐总量40—50%），改良困难。

5.山間谷地：如伊寧的十团农場和烏什的胜利八場等。土壤含盐量很低，盐漬化威胁很小。

从上述可知，土壤改良条件最好的是山間谷地地区，其次是古老的冲积和洪积平原、湖濱三角州，最差的是干三角州下部和扇形地下部及其边缘。

二、土壤次生盐漬化的发生与演变

土壤次生盐漬化的发生是个复杂問題，不仅由於非盐漬化土壤經過灌溉引起盐漬化，而且也包括盐漬化土壤在农过程中土壤含盐量增加在內。即凡是在人为的影响下，使土壤的含盐量增加，通可称之为土壤次生盐漬化，其实质也就是在人为的影响下灌溉地失去了水盐平衡而发生积盐的結果。新疆新垦区的土壤次生盐漬化主要是屬於后一种情况。根据土壤次生盐漬化发生学联系和空間分布，可分为沿新渠道两旁的次生盐漬化和灌区全面次生盐漬化两个阶段。

下面将这两个阶段分別加以討論。

1. 沿新渠道两旁的次生盐渍化:

沿新渠道两旁的次生盐渍化, 在土壤次生盐渍化发展过程中是最初的一个阶段, 它多半发生在地下水位较深排水不良的残积盐土地区。在这种情况下, 垦荒后由于引水渠道的大量漏水, 使其两旁地下水位迅速上升, 引起土壤次生盐渍化。试验证明 (图1) 新渠道开始引水的一至

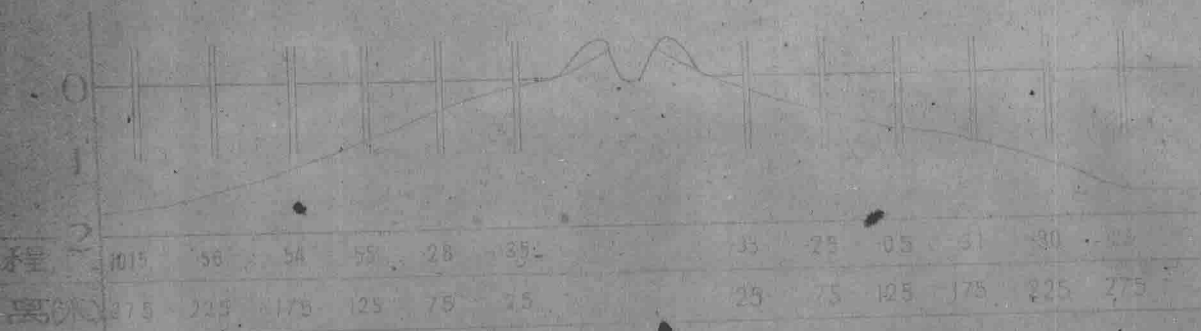


图1 新渠道开始引水后, 沿渠道两旁地下水位上升情况

两年内, 在距渠道一百五十米的范围内, 地下水位一般小于一米, 一百五十至二百五十米的范围内约在一点五米左右。这样, 当地下水的毛管顶峰达到地表时, 则在渠道两旁呈现出土壤次生盐渍化的斑点 (图2), 随着灌溉年限的延长, 则渠道两旁地下水位上升的区域不断扩大, 土壤次生盐渍化的面积也逐年发展。起初, 呈现零星斑点状, 然后逐渐扩大, 发展成为片状和带状 (沿渠道)。其发展的速度, 与土壤质地, 每年引水时间长短和渠道大小等有密切关系。一般说来, 土壤质地轻, 引水时

間長、渠道大、則速度快，反之則慢。

生产实践証明，在阿克苏和庫尔勒等垦区輕壤土为主的地区，每年約五十米左右的速度向外扩展，約在三年之后基本上达到稳定状态，保持一定的寬度。根据調查資料：总干渠小者六百至八百米，大者一千至二千米（十八团渠和胜利一至六渠），支渠在二百至三百米左右，斗渠在一百至二百米左右，农渠在五十至八十米左右。

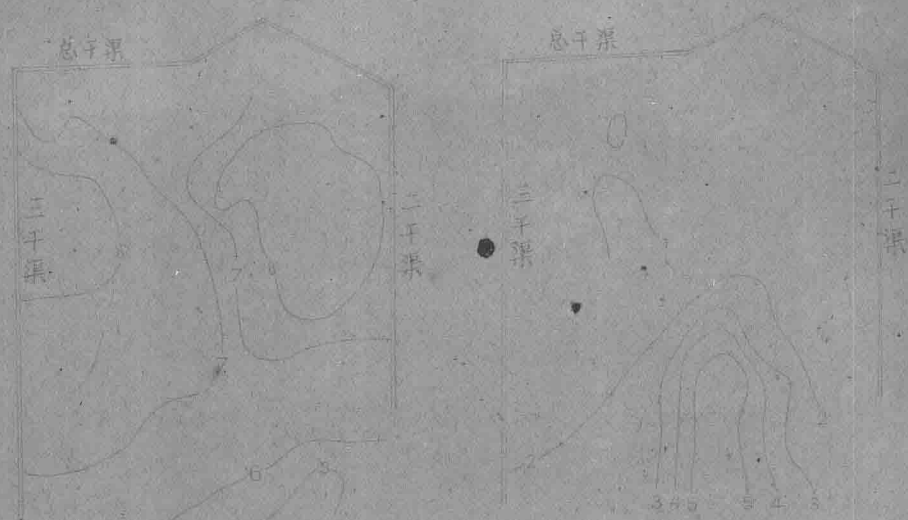
由於农田的洗盐和灌溉，而距渠道較远的田块地下水位也逐年上升，當地下水的毛管頂峰达到地表时，則引起整个灌区全面发生次生盐漬化。

2. 灌区全面的次生盐漬化：

灌区全面次生盐漬化的发展速度与垦前的水文地质条件、垦殖后的洗盐、灌溉和种水稻等对地下水的补給速度有直接关系。一般說来，垦前地下水位較淺，矿化度高，而垦殖后水利工程布置不合理，洗盐、灌

溉不當，則很快使整個灌區形成全面次生鹽漬化，反之慢些。因此，各個灌區的次生鹽漬化速度並非相同。

根據阿克蘇沙井子灌區勝利二、三兩個農場來看，垦殖后地下水位上升速度是十分迅速的（圖3），從下圖可看出，垦前地下水五至八米，垦殖后經過四年的時間，地下水位絕大部分上升至一至三米，有些地塊



甚至達到零點八米左右。水分平衡計算和地下水位的实际觀測証明，地下水位每年平均上升一米左右。因此，灌區地下水位較深的面積逐年縮小，而較淺的面積不斷擴大（表1）。由於地下水不斷地因蒸發而耗損，使地下水的礦化度和土壤溶液不斷濃縮，同時底土中被溶解的鹽類逐步累積於地表。根據三年（1959—1961年）來的調查証明，地下水的礦化度已由三至五克/升普遍上升到三十至六十克/升，甚至有些地區達到一百克/升以上。土壤溶液濃度三十至七十克/升（棉花地）

甚至有的地块达到一百克/升以上(水稻地)。土壤表层形成盐壳,含盐量达百分之二至五。这样使灌区逐渐导致全面的次生盐渍化,此时改良利用已很困难,必须进行人工排水洗盐才能根治。

表1 不同地下水位所佔面积的比例(%)

	面积 (亩)	1—2 (米)	2—3 (米)	3—4 (米)	4—5 (米)	5—6 (米)	>6 (米)
1954年	10289	0	11.24	8.55	21.08	20.97	48.16
1955年	101759	2.8	26.41	24.47	12.16	9.28	24.58
1956年	100654	23.5	36.47	18.64	10.62	5.99	4.92
1957年*	87340	17.06	36.31	17.69	14.67	9.25	1.30

*总面积逐年减少,将近13000亩,主要是地下水位过浅的观测井被破坏,所以在1957年浅水位面积的百分率(1—2米)下降,4—6米的有些升高。实际上按原数计算,仍是浅水位面积增加,深水位的面积减少。

灌区全面的次生盐渍化速度,依各地自然条件不同而有差异。一般说来,在地下逕流条件差的地区,地下水位八至九米或更深些,土质较轻,土壤含盐量也不高,大面积的连片开垦后,虽然合理用水,但在六至八年之内也能使整个灌区地下水位上升至全面次生盐渍化的程度。在地下水位较浅(二至三米或更浅)的地区,大规模连片开垦,洗盐、灌溉,经一至二年的时间即可使地下水位上升至一米之内,使灌区导致全面次生盐渍化(如焉耆盆地内的五团农场)。

还应指出,有些地区地下水位虽较深,但是在两米左右的底土夹石较粘重的土层,在垦殖后由于渠道渗漏和灌溉等补给的地下水保持在此层之上,形成了一个临时性地下水位,这样在较短的时间内也可导致灌区全面次生盐渍化(主要是在北疆)。

在一个灌区内水文地质、土壤等条件大体相似的情况下,在次生盐

漬化的初期，除首先发生在渠道两旁以外，同时还往往发生在灌区的低洼处或边缘地区，然后逐渐发展到灌区的中部和上部。根据沙井子灌区調查証明，垦殖后二、三年仅在渠道两旁和某些低洼处有零星的盐斑（点状）分布，約佔总面积的百分之五至十，垦殖四至五年，盐斑在渠道两旁和某些地块成片状，約佔总面积的百分之三十至四十；垦殖六至八年，灌区全面次生盐渍化，佔总面积的百分之五十至九十。

从上述灌区土壤次生盐渍化的发生发展的相互关系上看，灌区全面的次生盐渍化是由渠道两旁次生盐渍化繼續发展的結果。因此，也可以把灌区全面次生盐渍化称之为土壤次生盐渍化发展过程中的最后阶段。

三、次生盐渍化的发生原因

灌区土壤次生盐渍化的发生是一个复杂問題。与垦殖前土壤和水文地质特点以及垦殖后一系列的农业技术措施（特别是水利）有密切关系。根据土壤改良条件的不同，大致可分为下列几种情况：

1. 地下水位和地下水的矿化度很高，在干旱炎热的气候条件下地下水和土壤溶液沿毛细管强烈的上升而蒸发，使盐份不断的聚积於地表。根据地下水位和矿化度上升的原因，大体上可分为下列两种类型：

(1) 地下水位和矿化度原来就高，河漫滩第一阶地，扇形地以及三角洲的下部和边缘等地区。这些地区在未垦殖前，大都进行着现代的积盐过程，在大規模連片开垦方式下，又沒来得及修建完善的排水系統，在垦殖后的經營过程中，使整个灌区的地下水位上升得更高，因而使灌区迅速发生全面的次生盐渍化。例如，瑪納斯县农場，焉耆五团农場（原在四十城的場地），胜利十場和伽师一带的几个农場都是由此而引起的次生盐渍化。

(2) 地下水位原来就深（五至八米或更深些），但是地下水的矿化度較高（十至三十克/升），逕流条件差。如古老的冲积平原和冲积一

洪积平原等地区。垦殖后前三至五年没有修建排水系统，虽然生产比较正常，但是高矿化度的地下水位逐步上升，三至五年后仍然导致灌区全面的次生盐渍化。

从上述可知，土壤次生盐渍化的主要原因是地下水位剧烈上升所造成的，特别是高矿化度的地下水。

地下水位上升的原因，有下列几个方面：

(1)灌溉渠道的渗漏：灌溉渠道的渗漏是严重的，在一般情况下，由渠道引取水量约有百分之五十的漏失变为地下水。根据农一师两年（1958至1959年）来，对八条大干渠（胜利一至七渠和前进一场干渠）的统计，渠道利用系数平均为零点五至零点六；从农二师灌溉所已有资料看，渠道的利用系数仅在零点三至零点四。由此可见，渠道水大量渗漏，使地下水位迅速上升。

(2)渠道的跑水与退水：渠道的跑水在南北疆各地都很普遍。这一问题发生往往是由于下级渠道高，引水不上或上水的水量不够，这就要壅上级渠道，使其达到不能容纳水量时，在最薄弱之处跑水，也有时各个用水单位白天大量用水，到夜间退水，这样也造成跑水。这种跑水往往是十分严重的，如沙井子灌区根据1960年统计，斗门以上发生跑水事故竟达四十五次，水量四十六万立方米以上，斗门以下达五十三次，水量十万多立方米，共损失水量五十六万多立方米。个别农场往往有一至二个水的流量跑达十几个小时，不仅提高了渠区地下水位，而且冲坏了排水建筑物，给农业生产带来了严重损失。

(3)不合理的灌溉、洗盐和种水稻：用水不当仍然是引起地下水位迅速上升的重要因素之一。在无排水设备的条件下，由于连年洗盐、灌溉和种水稻等，而引起地下水位迅速上升，加速了灌区土壤次生盐渍化的速度。如前面已提到的焉耆五团农场就是如此。

(4)平原水庫的滲漏：平原水庫滲漏往往影响周圍几公里以內的地下水位，根据新疆自治区水利厅对八一和猛进两座平原水庫的观测資料，全年滲漏水量佔总調节水量的百分之五左右，影响范围达两公里左右。因此，这两座水庫建成后两年左右的时间，使八一农場和猛进农場部分地区的地下水位迅速上升，土壤发生次生盐漬化。

2.除了矿化度高的地下水位上升所引起的土壤次生盐漬化之外，还有以下几种因素也可以导致某些地区土壤次生盐漬化。

(1)用矿化度較高的水灌溉：已改良好的土壤（基本上作物能够正常生育）；但是由於用了含盐的水进行灌溉，使土壤盐分加重，引起作物死亡。根据1961年塔里木試驗站資料：用一至二点五克/升的矿化水灌溉后，0—10厘米土层含盐量增高百分之零点一五至零点三六，氯离子增加百分之零点三至零点八六，使小麦生育受到严重的影响。在1957年夏季哈拉玉尔滾河，在洪水季节矿化度为八至十克/升，其中氯离子含量二点五至三克/升，农場用此水灌溉，致使作物死亡。因此，必須禁用含盐量高的水灌溉。

(2)排水系統缺乏完整的规划：处於河流上游部位的农場往往将排水沟中高矿化水排入河中与河水混合，而为处於河流下游的农場所引用。如孔雀一場和二場将排水沟的水排入孔雀河，使水的矿化度由一点八克/升增加至三克/升左右，处於孔雀河下游的塔里木一場引用此水灌溉小麦，使其遭到严重的死亡。

从上述可以看出，土壤次生盐漬化主要原因，是地下水逕流条件差，开垦后又缺乏合理规划，渠系布置乱而又不健全，且灌溉、洗盐不合理，以及平原水庫位置，和水稻田块布置不當等，造成水盐失去平衡，使地下水位和矿化度迅速上升，这样在耕作粗放（地面高低不平）的情况下，土壤迅速发生盐漬化。

四、土壤次生盐渍化防治途径

防治土壤次生盐渍化必须采用水利和农业等一套完整的综合性技术措施。从总结现有经验和目前客观存在问题出发，我们对新垦区土地开发利用方面提出以下的意见。

1. 新垦地的选择开垦方式：

由于次生盐渍化土壤在新垦地中佔有很大的比重，在土地选择上、开垦利用方式上以及所采取的措施上都应该谨慎从事，必须充分估计到地区的土壤改良条件（特别是水文地质条件），在垦殖后进行洗盐、灌溉、种植等农业措施所可能引起的变化和土壤次生盐渍化的特性及其程度，以免在土地开垦后带来次生盐渍化的后果。

(1) 在一些地下水位较浅（2—3米）、开垦后土壤易于发生次生盐渍化的地区，应采取：①在大面积开荒造田同时，全面有计划地修建排水系统；②在全面修建排水系统目前尚有困难的条件下，可以采用“干排”方式进行开垦。前者，土地能连片开垦，土地利用系数较高（60—70%），能免除土壤次生盐渍化的威胁，这是大规模经营的一种方式；后者，土地利用系数较低（20—30—40%），为过渡性的土地开垦利用方式。目前有許多农场可采用两者结合的方式，即在沒有建立健全的排水系统之前，不要大面积连片开垦，而采用“干排”的方式，将已开垦的土地经营好，并同时修建排水系统，以便逐步过渡到耕地连片。

(2) 在地下水位较深（5—8米或更深些）垦殖后发生土壤次生盐渍化的地区，絕大部分是地下水位上升所引起的。因此，在垦殖后的农业利用中，防止地下水位迅速上升对防止土壤次生盐渍化具有重大的生产实践意义。

对这一类地区，在开垦的时候可以採用較高的土地利用系数，同时

在正确运用綜合性的水利和农业技术措施的情况下，还可以暫緩修建排水工程的时间，甚或可以不修建排水工程；但是必須經常对灌区的地下水动态进行观测，一旦发现地下水位即将达到警戒深度之前，仍需修建排水系統。

2. 减少地下水的补給

土壤次生盐漬化往往是高矿度的地下水位上升所引起，而灌区内高矿化度的地下水来源又是由于引水、灌溉、洗盐等技术措施不合理的結果所造成。因此，在灌区内有效地防止地表水滲漏是极为重要的。

(1) 提高灌溉渠系的有效利用系数，可以延緩灌区土壤次生盐漬化的速度，根据 $\Phi \cdot \Pi$ · 季达指出，如果灌渠的有效利用系数由零点七增加到零点八时，地下水位的上升速度可延緩一点五至两倍。为了提高渠系的有效利用系数，需要採用：不允許在灌渠道上（特別是总干渠）有多余的引水口，並在引水口上一定要安装閘門，使閘門不漏水；禁止向田块內和灌区內的天然低洼地退水，只能沿渠道向合理规划的容洩区（灌区以外的天然洼地）退水。在用水季节里，用水单位应当有計劃日夜連灌，水管单位应当根据用水計劃供水，在非用水季节停止供水。在修建灌区系統时，各級渠道必須有一定的縱坡降，以免下級渠道引水不上被迫壅上級渠道，使其水流漫过渠堤而发生跑水。

(2) 沿灌区两旁和水庫周圍种植树木，这样可以使渠道和水庫滲漏的水，通过树木的蒸騰而排出。根据新疆綜合考察队植物組推算，每亩地的树木（三十三棵）一年蒸騰水量达到三百至六百甚至一千立方米。

3. 排水系統的修建

对已經发生全面土壤次生盐漬化的灌区，应当立即开挖排水沟，进行排水洗盐，降低地下水位。

目前在排水沟的布置方式、深度和間距以及排水沟开挖的順序上還

存在着一些爭論和問題，我們認為：

(1)排水系統的布置方式：在地面縱坡降（小於一千八百四十分之一）允許的情況下，應當採用排、灌相間（垂直等高綫）的布置方式，這種方式優於排、灌並列（平行等高綫）的布置方式。試驗證明：採用排、灌相間布置時，由於農渠滲漏而形成一個淡水區域，其寬度50—80米（隨着土壤質地等條件的不同而有差異），這樣就加寬了農排的間距，從而提高了土地利用系數，並且排水溝兩側同時還可排出高礦化度的地下水；而排灌並列布置只有一側排出高礦化度地下水，另一側則排農渠滲漏的淡水，因此這種布置方式的排鹽系數要比排灌相間布置的低20%左右。同時由於排灌並列，農渠水的滲漏，引起了排水溝边坡的嚴重塌方，對於排水溝的養護上也增加了巨大的困難。

(2)排水溝的深度和間距的確定：一般說來兩者是有密切聯系，相互制約的，即深度與間距呈正相關。但並不等於任何排水工程都能起到應有的作用。因此，必須結合當地自然條件和集約化的經營方式來確定合理的排水溝深度和間距，這樣才能達到改良土壤的目的。

根據四年來（1968—1961年）的試驗證明：在土壤質地較輕的地區，設計深度（農排）三點五米，其間距最大為四百米和三百米；在土壤質地較粘重的地區，深度二點五米和三點五米，最大有效間距分別為三百和四百至五百米。

隨着排水溝間距的減小，其深度可以變淺些。但有一定的限度，一般排水溝的深度應以當地現有經營水平和自然條件為轉移，以不導致土壤積鹽而影響作物正常生育為標準。我們分別在荒地和耕地上測定了土壤毛管上升高度，其結果在荒地上，土質較重的為三至四點三米，土質較輕的為二點二至二點六米；在耕地上，壤土為主的一點五至一點七米，輕壤為主的二點二至二點七米。如果根系活動層以零點七米計算，則臨

界深度在土質輕的地区不小於二點五米，土質粘重的地區最低也不下於三米。故农排的深度就必須挖至二點五至三米以下。即是在土質較輕的地區不能小於二點五米，土質粘重的地區不能小於三米。

(3)排水系統的修建順序，最好首先修建总干排，然後依次逐級進行开挖。同時各級排水溝的挖掘都需從下端開始，這樣不僅提高了工作效率，而且各級排水溝都能同時起着排水作用。為了使排水系統正常工作及早收到效果，對於排水溝修建的技術和渠道的管理應給予足夠重視。

4. 採用合理的灌溉定額，尽可能使灌溉水全部保持在作物根系活動層的土體內（零點七米），在充分保證作物需水的原則下，不應有多餘的水量滲漏補給地下水。為此在灌溉以前土地必須平整，這樣才能為減少灌溉定額打下良好的基礎。

禁止大水漫灌和串灌，實行小畦灌、溝灌或隔溝灌。生產實踐證明：瑪納斯河西岸大渠灌區，由於採用了小畦和溝灌，平均每畝地用水總定額從1956年的六百四十五立方米降為1959年的二百六十八立方米，僅為原用水量的41%。可見因地制宜的將目前的每次灌溉定額一百至二百立方米/畝逐漸降低到五十至六十立方米/畝是完全可以實現的。

在已鹽漬化的土壤上進行灌溉時，可以適當地加大灌溉定額，經驗證明：對於防止土壤返鹽、增進土壤分水、稀釋土壤溶液、減輕了鹽份對作物的危害起着重要作用。根據1960年在塔里木地區試驗證明，在不同條件下，以每次八十立方米/畝的定額經過灌溉後，0—10厘米的土層內其土壤溶液的濃度由七點五克/升降至三點七克/升，氯離子由一點九克/升降至零點五克/升左右。從而不難理解使土壤溶液的滲漏壓降低，為作物根系吸收水份創造了有利的條件。但是同時我們還必須指出，在土壤含鹽量較高的情況下，沒有進行很好的沖洗以前，指

望依靠灌溉的途徑来把它改良好，在新疆地区还值得进一步研究。

根据1961年在塔里木和沙井子地区实验証明，小麦播种前一米深的土层内，土壤含盐量为百分之一左右，在生育期内经过3—4次的灌溉，收获后发现土壤中的含盐量依然在百分之一左右。因此我们认为在盐渍化的土壤上进行灌溉的作用，是调节土壤中的水盐状况，抑制土壤中的盐份迅速回升，而不是使土壤真正的脱盐。

採用合理的冲洗定额，在冲洗之前应当很好的平整土地，以使用最小的水量达到較高的冲洗效果。試驗証明：分次定额应以第一次水量一百至一百廿立方米/亩，第二次水量八十至一百立方米/亩，以后各次水量以六十至八十立方米/亩效果最为好。

种水稻洗盐和修建平原水库，应选择适当的部位，以免大量渗漏抬高地下水位。

此外在一些灌排系統矛盾的区域，应当全面进行规划，以免下游农场用上游农场排出的矿化水灌溉农田。这一问题的解决尚需要进行很多細致的勘察和研究工作。

5. 农业技术措施

农业技术措施除了最大限度的减少土壤水份蒸发，防止盐份上升之外，还可以改善土壤不良的物理化学性状，从而提高了土壤肥力。保证高而稳定的产量。

(1)合理耕作，可有效地預防了土壤返盐。根据新疆农科所在炮台灌区調查資料証明：在30厘米土层内不中耕与中耕相比較，其中耕松土一次土壤含盐量少百分之零点七，中耕松土两次的少百分之一。可見中耕松土防止土壤返盐是十分显著的。

耕作及时与否，对土壤返盐也有很大的影响。試驗証明：在土壤(0—100厘米)含盐量百分之零点五五，氯离子百分之零点零二六情