

河北省滨海盐渍土在种稻改良中的 水盐动态及其调节*

尤文瑞 洪慶文 畢思明 趙鴻鈞

(中国科学院土壤研究所) (河北省水利厅勘测设计院)

我国河北省滨海盐渍地区自然条件的特点是：地势低平，地表及地下径流不畅，排水困难，地下水位高，地表及地下水含盐量大，因而土壤不易脱盐，高矿化地下水不易淡化，给盐土改良带来很大困难。早在三百多年以前，天津郊区葛沽地区农民就开始采用种植水稻的办法来利用和改良盐渍土，现在该区已大面积发展水稻，稻谷产量一般年份每亩平均可达500—700斤。种稻改良利用盐渍土，并不是因为水稻耐盐，而是利用稻田淹水的特点。在水稻生长期中，田面经常保持水层，避免地面蒸发，水分下渗可将盐分下压，并形成地下水淡水层，减少水田落干后盐分向地表累积的强度，为种植旱作创造有利条件。但是，稻田中淡水层的建立，也要求人工排水措施。当然所要求的排水标准远较冲洗种旱为低，因而适应了该区排水困难的特点。水田在长期淹灌过程中，进入大量渗水，土壤和地下水的水盐动态将因条件的不同而发生巨大的变化，如不能掌握稻田水盐运动规律，灵活采取措施，不但稻田本身土壤不能得到改良，反会使整个地区产生和加重盐渍化或沼泽化。为此，中国科学院土壤研究所自1960年开始即与河北省水利厅、国营芦台农场，在河北滨海盐渍地区合作进行研究，现将初步成果，讨论于后。

一、水盐运动规律

为了摸清盐渍土在种稻改良过程中的水盐运动规律，分别研究稻田及稻田周围地区土壤、地下水的水盐动态，以及稻田转为旱作后的水盐动态。

(一) 稻田土壤的脱盐情况

在盐土上种植水稻，要先在种稻前集中灌水冲洗，使表土（一般为20—30厘米）含盐量减至0.2—0.3%¹⁾（水稻苗期的耐盐极限），以保证秧苗成活。土壤的主要脱盐过程是在稻田保水时期，由于田面经常保持灌溉水层，土层及地下水中的盐分不会向上累积，稻田总灌水量（一般为1,000—2,000公方/亩）中的很大部分消耗于渗漏，这些下渗的淡水，淋洗土中盐分，使土壤逐渐脱盐，其脱盐程度随下渗水数量及淋洗时间的增加而增加（图1）。一般盐土经开垦种稻一年，就能使30—50厘米厚土体的含盐量减至0.2—0.3%以下。以后，随着水稻连种年限的增加，脱盐程度逐渐增加¹⁾。盐渍稻田土壤的脱盐作用，固然受下渗淡水数量的影响，但更重要的还决定于有无排盐出路。滨海盐渍地区一般地下潜流

* 工作是在王遵亲、方生、张有麟同志的指导下进行的；参加工作的还有胡树林、张金库同志；本文承蒙熊毅先生大力斧正；在工作进行中得到芦台农场及军粮城灌溉管理处的大力协助，特此一并志谢。

1) 本文中土壤及地下水含盐量除特殊注明者外均为烘干残渣。

滞缓,如无人工排水措施,盐分很难排出,灌水种稻只能起压盐作用。在有人工排水的条件

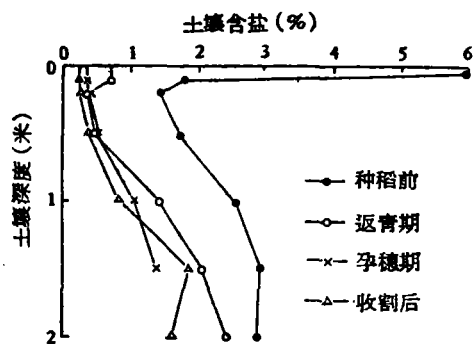


图1 军粮城丁号村南盐土开垦种稻过程中土壤含盐量变化

下,稻田土壤的脱盐程度则因排水程度而异,例如河北军粮城灌区虽然设有田间浅排水沟,但总排水出路不畅,种稻过程中0—100厘米土体脱盐比较显著,而100—200厘米则极缓,且不稳定,仍有季节性返盐现象(图2),在种稻10年以上的老稻区1米土体平均含盐量变动在0.15—0.35%之间。芦台农场的排水条件较好,土壤脱盐程度高而稳定,种稻3—5年以上的稻田,1米土体平均含盐量小于0.2%。

土壤脱盐的稳定性,直接决定于地下水

淡水层的情况,在种稻过程中,如已形成足够厚度的地下水淡水层,则土壤脱盐处于稳定状态(图3),反之,如无足够厚度的地下水淡水层,高矿化地下水中的盐分在水稻收割后,仍会向上层土体中累积,土壤脱盐不稳定(图4)。

河北滨海地区,1米土体土壤平均含盐量一般在0.4—1%,最高可达2—3%。盐土种稻后,土壤含盐量逐渐减少,其盐分的化学组成亦发生显著变化。河北滨海盐渍土含盐量超过0.4%时,一般阴离子以 Cl^- 为主,阳离子以 Na^+ 为主。随着土壤盐分的减少, Cl^- 及 Na^+ 减少最快, SO_4^{2-} 及 Mg^{++} 亦显著减少,而 HCO_3^- 与 Ca^{++} 变化较小,当土壤含盐量小于0.4%时, HCO_3^- 含量可超过

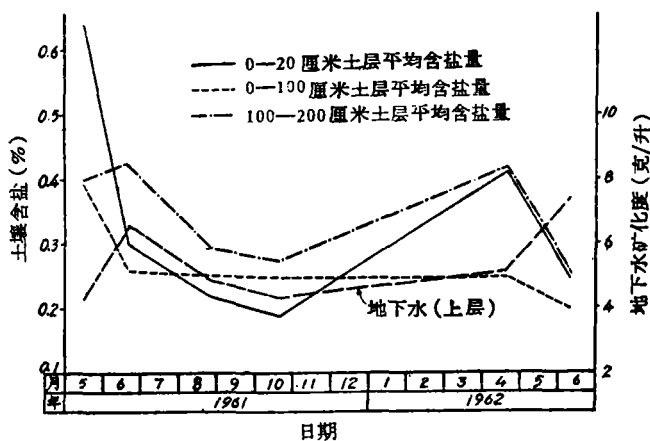


图2 军粮城7排中段稻田土壤含盐及地下水矿化度的变化

Cl^- 为主,阳离子以 Na^+ 为主。随着土壤盐分的减少, Cl^- 及 Na^+ 减少最快, SO_4^{2-} 及 Mg^{++} 亦显著减少,而 HCO_3^- 与 Ca^{++} 变化较小,当土壤含盐量小于0.4%时, HCO_3^- 含量可超过 Cl^- 及 SO_4^{2-} 。

(二) 种稻过程中地下水淡水层的形成

种稻过程中,下渗水除淋盐下压外,还补给地下水,在高矿化水之上形成淡水层。由于稻田淹水形成地下水高水头,淡水可将高矿化水挤压到排水沟中排出去,而使淡水层厚度逐渐增加(图5)。

下渗淡水对地下水的补给是地下水淡水层形成的首要条件。在芦台农场的观测资料表明,当土壤剖面上部1—1.5米厚土

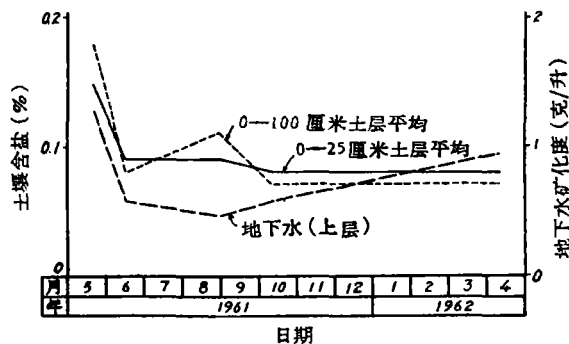


图3 芦台农场已形成地下水淡水层地区的土壤及地下水含盐量变化

层以粘质土为主时,如旱季(春、秋)地下水埋藏深度在1米以下,而地下水矿化度又小于3克/升,土壤不发生强烈的盐分累积,上层土体含盐量一般不超过0.2%,因此可以认为,如能形成足够厚度的矿化度小于3克/升的地下水淡水层,即可使土壤脱盐趋于稳定。补给地下水的下渗水的矿化度主要决定于地下水面上土体的含盐状况。在芦台及军粮城地区的粘质土上,土壤含盐量在0.3%以下时,下渗水矿化度可小于3克/升。土壤含盐量越大,越不易产生淡水下渗,因而淡水层越难形成(表1)^[2]。同一土壤在相同的排水

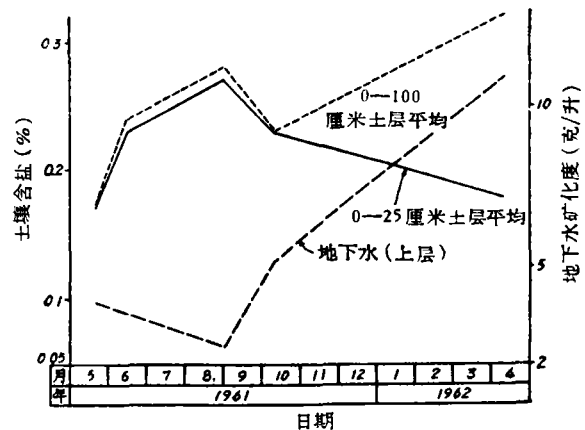


图4 芦台农场未形成地下水淡水层地区的土壤及地下水含盐量变化

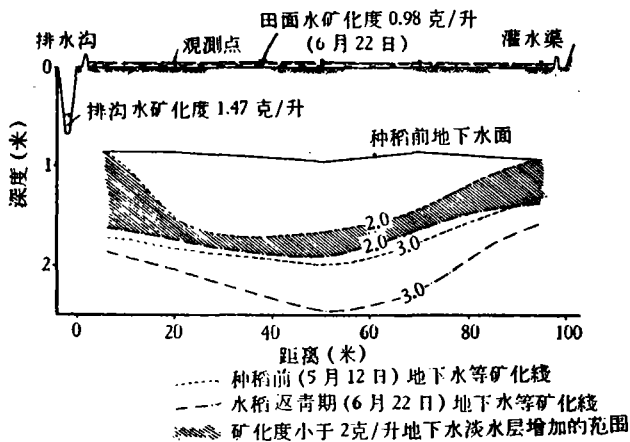


图5 芦台农场9号5支渠种稻过程中地下水断面图

层消耗于蒸发或由浅沟中排出,地下水含盐仍恢复为种稻前的状况,有时,甚至可能由于上层土体中盐分被淋入地下水中而使原上层地下水矿化度更为增高。如图7地下水断面中所示,种稻过程中,虽然上层地下水矿化度有所变化(3及5克/升等矿化线)但深层高矿化水并未排出(10、30、40克/升等矿化线几乎没有变化),因而在种稻后,表层地下水矿化度仍恢复为种稻前的状况(3、5克/升等矿化线)。如果高矿化水被排出,则淡水层厚度

表1 稻各庄农场不同类型土壤种稻4年后地下水含盐状况

土壤类型	1米土体平均含盐量(%)	不同深度地下水 Cl^- 含量(克/升)				
		1米	1.5米	2米	2.5米	3米
沼泽化轻盐土	0.75—0.85	1.019	4.742	8.747	13.660	14.690
浅色草甸轻盐土	0.7—1.5	4.707	10.188	18.303	19.376	20.024
浅色草甸盐土	1.8—2.4	6.600	12.436	13.068	17.181	17.110
重盐土	2.6—4.3	*	15.176	18.478	35.820	*

* 该土层中取不出水。

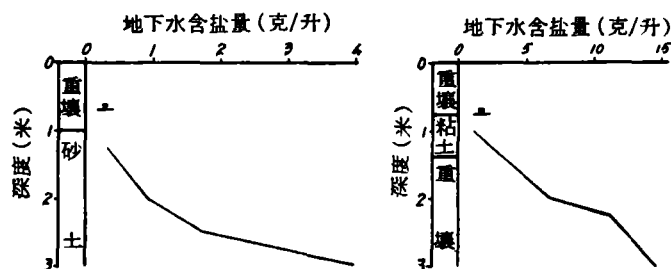
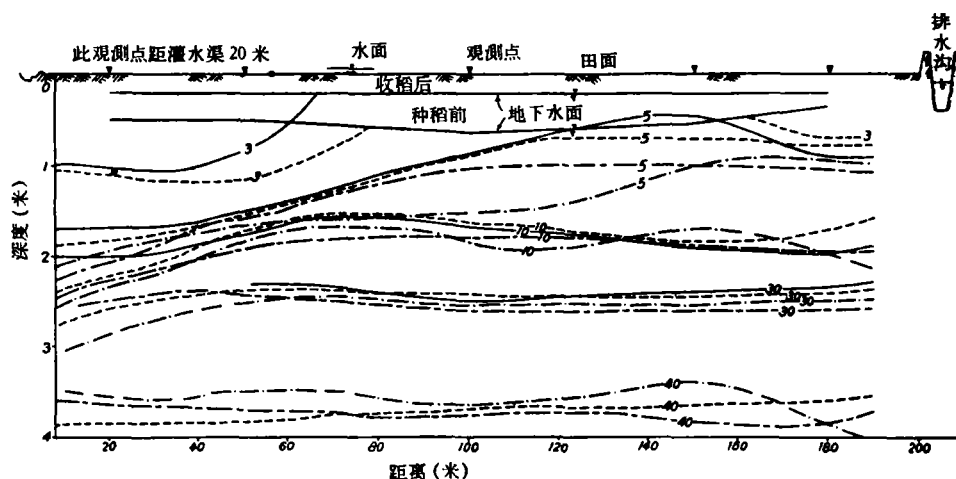


图6 相同土壤类型不同质地剖面的地下水矿化度比较

将逐渐增加(图5)。

河北滨海盐渍土地区,高矿化度地下水埋藏深度浅,受地形及水文地质条件的限制,无自然出流,其排出必须依靠人工排水,因而地下水淡水层的形成直接受人工排水条件的控制。



--- 种稻前 (5月15日) --- 水稻返青后 (6月22日)
 - - - 水稻孕穗期 (8月27日) ——— 水稻收割后 (10月20日)
 [图中曲线为地下水等矿化线, 3、5、10、30、40 为地下水矿化度(克/升)]

图7 军粮城灌区7排中段垂直末级固定渠系地下水断面(1961年)

(三) 稻田周围地区的水盐动态

稻田的下渗水抬高了稻田本身的地下水位,形成稻田的地下水峯,于是产生由稻田流向周围地区的侧向径流,使附近地下水位抬高。在侧流影响范围之外的地区,由于稻田地

下水峯的静水压力作用,地下水位亦有一定程度的抬高(图8)。由于盐是随水运行的,所以,稻田周围地下水矿化度也发生相应变化。在侧向水流所能达到的地方,其地下水矿化度受侧渗水流的矿化度所左右。在土壤含盐量很大的新垦稻田,下渗水流溶解了大量盐分,其矿化度可能比原来地下水矿化度大,但这只是短时期的现象,

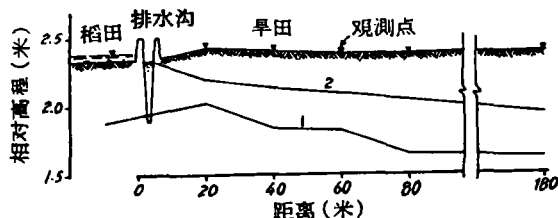


图8 稻田及其周围地区的水位变化(军粮城农场)

1. 稻田灌水前(5月中旬)地下水面线
2. 稻田灌水后(6月中旬)地下水面线

一般随种稻时间的延续,地下水侧渗水流变淡,所以在稻田保水时期侧流直接影响范围内,常常产生地下水淡化带。淡化带的宽度及厚度决定于排水条件、土壤质地、地下水峯对周围地区的水头差和土壤原始含盐状况等。在军粮城观测的结果,淡化带的宽度是 60 米。侧渗水流直接影响以外的地区,地下水未能淡化,而因蒸发浓缩,增加矿化度,形成地下水浓缩带,矿化度增加最多的地方是在淡化带与浓缩带交界处(图 9)。

地下水的水盐动态直接影响着土壤的水盐动态。在稻田侧渗水流通过的地方,土壤含盐量可能发生两种不同情况的变化,在老稻田周围,侧渗水流矿化度很低,侧渗水流对其所流经的土壤产生水平淋洗作用,使心底土含盐量降低,同时由于地下水含盐少,表土盐分累积亦不甚强烈;另一种情况是,侧渗水流矿化度虽然较原地下水为低,但并非淡水,因而不能起水平淋洗作用,反使土壤盐分增加,并且由于地下水位的抬高,加剧了地下水蒸发,使表土含盐量也增加。我们在军粮城观测到的即是这种现象(表 2)。

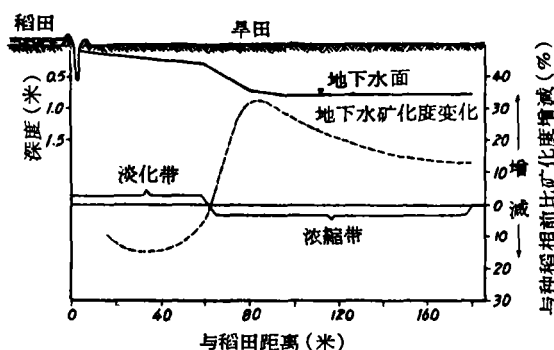


图 9 稻田灌水一个月后稻田周围地下水位及地下水矿化度的变化(军粮城农场)

表 2 军粮城农场稻田周围土壤盐分变化(含盐量%)

土层深度 (厘米)	观测日期	与稻田距离 (米)				
		20	40	60	80	180
0—20	5月中旬灌水前	0.233	0.493	0.455	0.348	0.240
	6月中旬灌水后	0.681	0.503	0.503	0.433	0.299
0—100	5月中旬灌水前	0.212	0.268	0.299	0.215	0.179
	6月中旬灌水后	0.337	0.320	0.375	0.277	0.239

地下水位的抬高还使得土壤的含水率增加,靠近稻田的地区常有沼泽化现象,因此即使地下水淡化带内,土壤含盐量不高时,也会因土壤含水量过多而有害作物生长,由此可见,稻田对其周围的有害影响表现在两方面:一为盐渍化,二为沼泽化。

条件不同,稻田对周围地区水盐动态的影响程度和影响范围也很不同。滨海地区,潜流滞缓,在原有地下水位很高的情况下,人工排水措施、土壤质地及稻田的周长是决定影响程度及范围大小的主要因素。稻田与旱地交界处如设有排水沟,可截断稻田的侧渗水流,并可排出,因而大大减弱稻田对周围旱地的影响。但如水旱交界处无排水措施,稻田影响周围旱地的范围可达 180 米,军粮城地区就有这样的例子(表 2)。芦台农场内同为粘质土壤的地区,水旱交界处设有深 1 米的排水沟,其影响几乎全部消除(图 10)。粘重的土壤,透水性差,侧流的流速及流量均小,因而影响周围地下水位抬高的程度及范围均

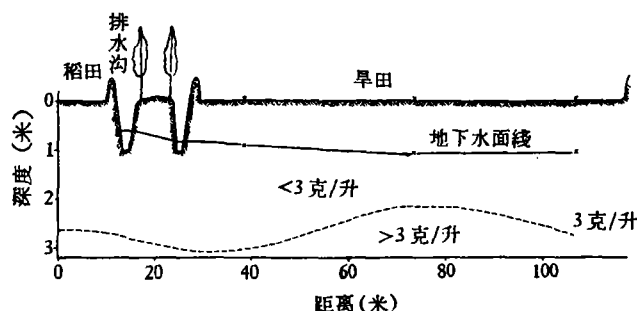
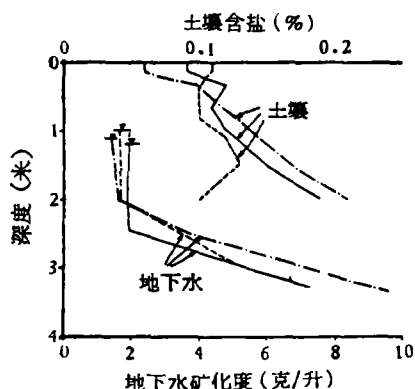


图 10 芦台农场 2 干 5 用支水旱交界处地下水断面 (1960 年 9 月 11 日)

较小。所以,种植水稻应尽量选择土质粘重地区,并应合理配置,集中种植。

(四) 稻田转为旱作后的水盐动态

水田转为旱地后,土壤及地下水的水盐动态,主要决定于种稻期间土壤脱盐程度、地下水淡水层形成的状况及在旱作时期地下水位的控制。种稻过程中,如果地下水面以上土体中含盐量平均已降至 0.2—0.3% 以下,并形成了一定厚度的地下水淡水层,则转旱后,不会有过多盐分累积。反之,极易迅速产生返盐现象。地下水位越高,矿化度越大,盐分累积越强烈。例如芦台农场 2 干 6 支渠地段中,经过种稻已形成厚 1.5 米以上的淡水层,旱季地下水位在 1—1.2 米,土壤未返盐(图 11);但在未形成淡水层的军粮城试验站附近,旱季土壤明显返盐(表 3);地下水位及矿化度均很高的小站地区,返盐更为强烈(图 12)。



--- 1960 年 6 月中旬 — 1961 年 5 月下旬
----- 1962 年 4 月中旬

图 11 芦台农场 2 干 6 支渠地段旱地土壤及地下水含盐状况

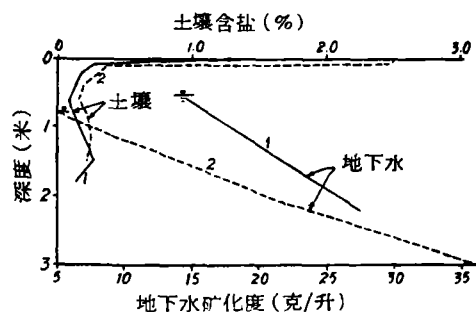


图 12 小站村南连种 88 年水稻田转入旱作后土壤及地下水盐分状况

1. 转旱后第一年 1960 年 6 月
2. 转旱后第二年 1961 年 7 月

表 3 军粮城试验站旱作期间水盐变化

项 目	日 期	1961 年				1962 年	
		5 月中旬	6 月中旬	8 月下旬	10 月下旬	4 月下旬	6 月下旬
地下水埋藏深度(米)		1.50	1.50	0.40	0.65	0.85	0.95
地下水矿化度(克/升)		6.95	11.08	3.27	5.00	6.67	5.21
20 厘米土层平均含盐(%)		0.128	0.225	0.08	0.130	0.140	0.240
100 厘米土层平均含盐(%)		0.203	0.180	0.152	0.169	0.126	0.180

种稻过程中所形成的淡水层,在转入旱作后,可因蒸发而逐渐消耗,又因灌溉及降雨而得到补给,因此在全年中,如果蒸发、蒸腾所消耗的地下水淡水层大于灌溉及雨水所补给的淡水厚度,则淡水层厚度减小,反之则增加。影响地下水蒸发及淡水渗入的因素很多,其中最主要的是土壤质地、结构及植被条件。对芦台农场粘质土小麦田的多年观测表明,从雨季后到第二年的雨季前(7月份以前),地下水淡水层消耗,而在春灌及连接而来的雨季中,地下水淡水层厚度又有所增加(图13),但多年观测资料表明地下水淡水层是逐渐消耗的。淡水层的消耗与增加直接影响到土壤剖面中的盐分动态,因此在旱作过程中必需采取措施,减少淡水层的消耗。

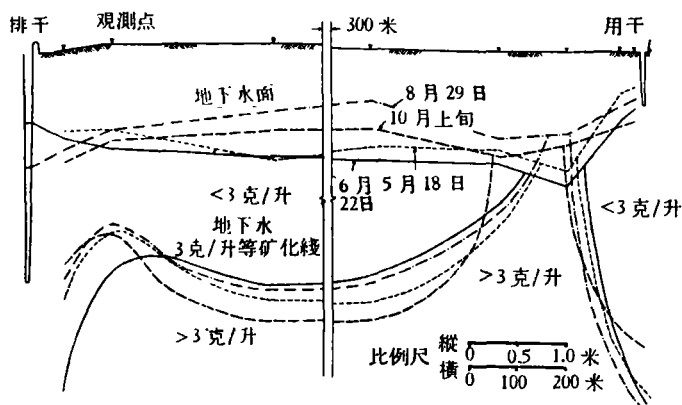


图 13 芦台农场垂直干渠(二用干)地下水断面(地下水动态年内变化, 1961 年)

二、水盐动态的调节

如何针对上述稻田及水田转旱地后的水盐动态特点调节水盐动态,是加速土壤改良,保证水、旱作物增产的重要途径,现就水盐动态调节中的主要问题分述如下:

(一) 渠系对水盐动态的调节作用与渠系的合理布置

如前所述,人工排水措施是影响稻田水盐动态的主要因素之一,因此,研究现有各级渠系对水盐动态的调节作用,从而提出合理的渠系布置,是非常重要的。当前河北滨海盐渍土地区的稻田渠系,就其所起作用可分为三级:(1)田间灌排毛渠;(2)末级固定渠系;(3)斗、支、干渠输水集水渠系(末级的上一级渠系,芦台农场为干渠,本文资料以芦台农场为多,故称干渠为末级固定渠系上一级渠系)。

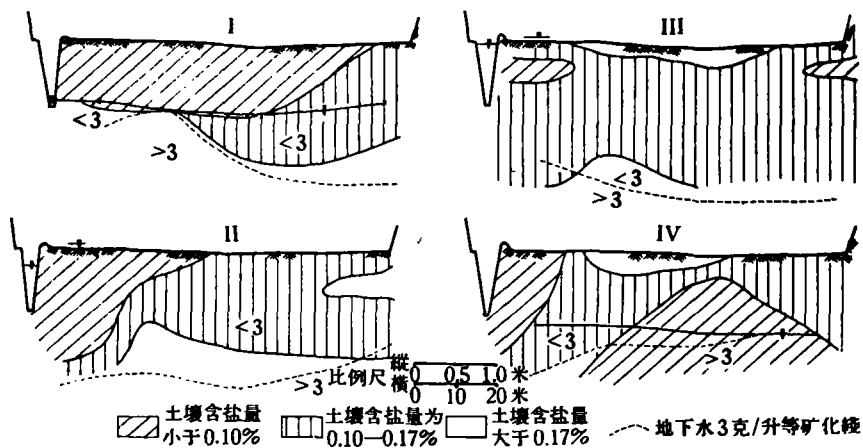
田间灌排毛渠为临时性渠系,排水毛沟(排毛)的深度一般为 30—70 厘米,多为灌排相间布置。灌排水毛沟(毛渠)的作用是将灌溉水由末级固定渠道中引入田块,满足稻田灌水的需要,排毛则起调节稻田上层土体中盐分动态的作用。首先,在种稻前的洗盐中起排除表土盐分的作用,其间距直接影响洗盐效果,从表 4 可以看出,40 厘米以上土壤脱盐随排毛间距的减小而增加^[3]。其次在稻田保水期,排毛可根据水稻生长对灌溉水层的要求进行排水或蓄水,以控制田面水层厚度,或进行田面换水。种稻年限较短的盐渍土,其上层土体还未全部脱盐,下渗淡水可溶解土体中的盐分,由排毛排出一部分。由于排毛在稻田保水期很少排空,其水面与田面水头差最大只有 30 厘米左右,对深层土体及地下水的

表 4 稻各庄农场滨海盐土不同排毛间距稻田土壤脱盐情况 (Cl%)

时 期	土 层 (厘米)	排毛间距 (米)				
		25	15	12.5	10	6
种 稻 前	0—15	1.225	2.135	1.452	1.794	2.118
	0—40	1.125	1.366	1.092	1.571	1.333
种稻前洗盐后	0—15	0.360	0.324	0.173	0.159	0.105
	0—40	0.498	0.458	0.271	0.453	0.263
水稻收割后	0—15	0.103	0.103	0.026	0.026	0.026
	0—40	0.277	0.153	0.039	0.036	0.021
洗盐前后土壤 脱盐率(%)	0—15	70.5	84.8	87.9	91.0	94.9
	0—40	55.7	66.5	75.2	71.0	80.3
种稻前后土壤 脱盐率(%)	0—15	91.5	55.1	98.1	98.4	98.7
	0—40	75.5	88.7	96.3	97.6	98.3

盐分动态无大影响,所以在上层土体已经脱盐的稻田,排毛中排水的含盐量一般与稻田田面水无大差别。另外,稻田停水时,排毛还有排除田面及表土中多余水分的作用。

目前在滨海盐渍土稻田区,末级固定排水沟多为浅沟,如军粮城、小站等地的常年稻作地区,末级固定排水沟的深度约 1 米左右,间距 100 到 400 米不等,其主要作用是承集和输送排毛的排水,并在稻田停水后撤水以降低地下水位,而非直接排出土壤盐分及高矿化地下水。实施水旱轮作的地区(如芦台农场),末级固定排水沟间距 200—400 米,深度约 1—1.5 米,其作用在稻作期与常年稻作区相同,但在旱作期则可排除渍水及控制地下水位在一定深度,以满足旱作物对排水定额的要求。稻田保水期,为了减少灌溉用水的消耗,多将末级固定排水沟堵塞,更不起排除深层高矿化水的作用。因此从观测资料(图 14)可以看出,种稻过程中近排水沟与远离排水沟的土壤剖面及地下水中的盐分动态并无明显规律。在设有末级固定浅排水沟的地段,深层高矿化水在种稻过程中几乎没有变化(图



I 种稻前(5月14日) II 水稻返青期(6月21日) III 水稻孕穗期(9月2日)
 IV 水稻收获期(10月上旬)

图 14 芦台农场 2 号干 1 支渠垂直末级固定渠系种稻过程中土壤及地下水的盐分变化

7)。末级固定浅排水沟的主要作用是配合排毛调节上层土体(一般为1—1.5米土层)的水盐动态,无论在种稻或旱作期,都不能起排除高矿化地下水和建立地下水淡水层的作用(图15)。在滨海稻田区,根据我们的观测资料证明,干渠对地下水的动态起直接的调节作用。从芦台农场垂直干渠的地下水断面(图16及图13)可以看出:(1)地下水位直接受灌水干渠(用干)渗水与排水干沟(排干)水位的影响;(2)用干下渗淡水可下压原有的高矿化水,并在其附近形成淡水透镜体,将附近土体中盐分淋至较远处的地下水中;(3)排干直接排除高矿化地下水,在其影响所及的范围内形成地下水淡水层,影响不及之处的高矿化水不能排出而形成高矿化水峯。排干对高矿化水的直接排出作用,还可由表5所列排干排水的矿化度高于末级固定排水沟排水的矿化度这一事实得到证明。

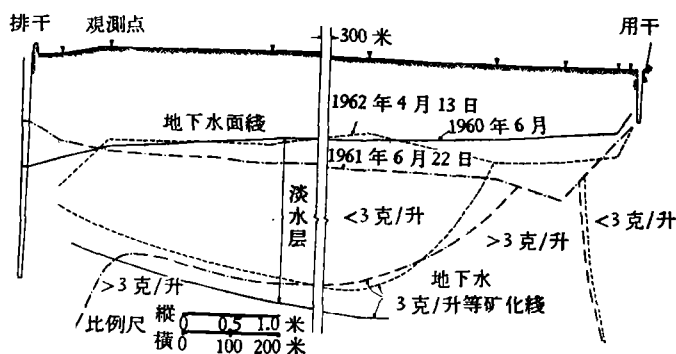


图16 芦台农场垂直干渠(2用干)地下水断面(地下水动态多年变化, 1960—1962年)

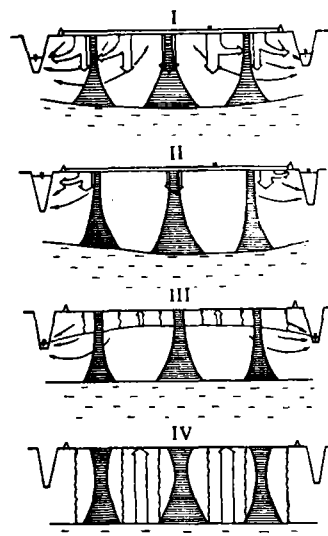


图15 浅排水沟调节水盐动态作用示意图

排干能够排除高矿化地下水的原因主要在于它的实际排水深度较大。芦台农场的排干水位,最高时也能保证低于田面1米左右,因而在种稻情况下,可使高矿化水压入排干。

表5 芦台农场灌排渠系及稻田田面水含盐量(克/升)比较

项 目	取 样 日 期	含 盐 量 (克/升) 比 较	
		1961年 6月22日	1961年 9月2日
灌水干渠水		0.41	0.22
稻田田面水		0.43	0.25
末级固定排水沟水(二干十支)		0.69	0.61
排水干沟水(二排干)		1.07	0.82

根据稻田水盐动态的研究,如通过种稻改良盐渍土,渠系对水盐动态的调节应满足如下几点要求:(1)种稻前排除表土盐分,保证水稻幼苗成活;(2)种稻过程中能使土体脱盐深度不断增加,并排除高矿化度地下水,促进地下水淡水层的形成;(3)保证稻、旱作物所要求的土壤水分状况;(4)水稻停水后及时

降低地下水位,满足机械收割的要求。根据各级渠系作用的分析,如欲满足上述要求,首先需要设置灌排毛渠,其间距应根据土壤含盐状况及透水性而定。总结各地经验,在粘质土地区可采用表6所列数值,灌排毛渠断面则应根据引、排水量计算确定。

根据前述,稻田地下水淡水层的形成主要决定于渗入地下水的淡水数量及高矿化地下水的排出状况。但浅而密的排毛及末级固定浅排水沟不能排除深层高矿化水,故无助于淡水层的形成。排干虽然能直接排出高矿化水,但间距过大(一般为1,000—1,500米)不能控制整个灌溉地段。如缩小间距,又将降低机械作业效率,增加耗油率。如增加排干的排水深度以扩大其影响范围,在滨海的自然条件下亦很困难。因此,为了排除排干影响不及地区的高矿化水,必需增加末级固定排水沟的排水深度,其布置形式最好是深而稀,但深而稀的排水沟又不符合水田要求——排水迅速而不可过多,我们建议采用深浅相结合的末级固定排水沟布置形式。如图17所示,在稻前洗盐时期,主要靠排毛及末级固定浅沟控制上层土体盐分的排出;稻田保水时期,可根据稻田灌溉的要求在末级固定浅排水沟内排水或蓄水,但不需排空;以减少淡水的损失,深沟中则应保持一定的排水深度,以便排出深层高矿化水,有利于淡水层的建立。在水稻成熟期,可利用深浅沟同时排水,以便及时降低地下水位。在水旱轮作的旱作期,也应深浅沟同时排水,以便控制地下水位,排除渍水,保证旱作物正常生长。在芦台农场的观测结果,当排干实际排水深度变动在1—2米时,其影响范围可达800—1,000米,如将末级固定排水沟加深至1.5—2.0米(滨海地区的末级固定排水明沟如超过这一深度,有塌坡的问题),实际排水深度可达1—1.5米,其影响范围可达400—600米。因此末级固定深沟的间距可800—1,200米,浅沟深度可在1.0—1.5米,间距可200—400米。以上只是初步的建议,还有待今后通过实践进一步验证。

表6 河北滨海不同盐渍土适宜的排毛间距

盐 渍 度	主要植被	1米土体平均含盐(%)	排毛间距(米)
重盐土	光板地	>2.0	10—15
盐土	黄 鬃	1.0—2.0	15—25
重盐渍土	马 鞭	0.5—1.0	25—50
轻、中盐渍土	芦 草	0.1—0.4	50—100

稀的排水沟又不符合水田要求——排水迅速而不可过多,我们建议采用深浅相结合的末级固定排水沟布置形式。如图17所示,在稻前洗盐时期,主要靠排毛及末级固定浅沟控制上层土体盐分的排出;稻田保水时期,可根据稻田灌溉的要求在末级固定浅排水沟内排水或蓄水,但不需排空;以减少淡水的损失,深沟中则应保持一定的排水深度,以便排出深层高矿化水,有利于淡水层的建立。在水稻成熟期,可利用深浅沟同时排水,以便及时降低地下水位。在水旱轮作的旱作期,也应深浅沟同时排水,以便控制地下水位,排除渍水,保证旱作物正常生长。在芦台农场的观测结果,当排干实际排水深度变动在1—2米时,其影响范围可达800—1,000米,如将末级固定排水沟加深至1.5—2.0米(滨海地区的末级固定排水明沟如超过这一深度,有塌坡的问题),实际排水深度可达1—1.5米,其影响范围可达400—600米。因此末级固定深沟的间距可800—1,200米,浅沟深度可在1.0—1.5米,间距可200—400米。以上只是初步的建议,还有待今后通过实践进一步验证。

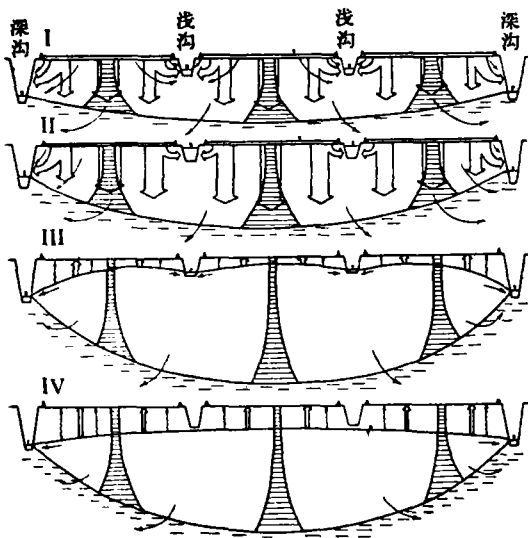


图17 深浅沟相结合的末级固定排水沟对水盐动态调节的示意图(图例同图15)

今后通过实践进一步验证。

盐渍土稻作地区的渠系布置,还应根据地区的作物配置情况来确定。水稻连作地区,在水稻收割后到第二年种稻前,是地下水淡水层的消耗时期,淡水层厚度只要求比这一时期因蒸发而消耗的淡水层厚度稍大,不致土壤强烈返盐即可。所以末级固定渠系可全部采用浅沟,而其上一级渠系,应在不影响机械作业效率的原则下,尽量采用较小的间距,使高矿化地下水通过这一级排水沟逐渐排出。水旱轮作地区,应采取前述深浅沟结合的布置形式。水旱田应以深沟为界,以保持旱田不受浸渍。根据观测,“两河一路”的布署(图10),是防止浸渍的较好形式。种稻脱盐后转为常年旱作的地区,要建立较大厚度的淡水层,排水沟的深度应较水旱轮作地区大。

(二) 旱作过程中水盐动态的调节与旱作年限的确定

种植水稻可使土壤脱盐并建立地下水淡水层, 为种植旱作创造条件。盐渍土经种稻转入旱作后, 水盐动态的调节主要在于防止土壤返盐及保持适宜的土壤水分状况, 以保证旱作正常生长。旱作期间地下水中盐分可借毛管蒸发向表土累积, 如种稻过程中所建立的淡水层被耗尽, 就会大量返盐。因此, 改旱后, 必需尽量减少淡水层的消耗, 在旱季, 应通过深沟排水, 控制地下水位。根据在芦台农场的初步观测, 粘质土上, 春秋季节地下水位如控制在 1.2 米以下, 消耗的淡水层厚度只有 30—50 厘米(以含水土层厚度计算)。在军粮城菜园地和高粱地上的水盐动态观测结果是, 在相同的土壤及排水条件下, 菜地由于经常中耕、灌溉, 削弱了地下水的蒸发和盐分的累积, 因而不论在春季或秋季, 与高粱地相比, 其淡水层厚度均较大, 而盐分累积均较少^[1]。因此在旱作期间, 水盐动态的调节, 除了依靠排水沟排水, 控制地下水位外, 还应采取秋耕、中耕、灌溉等措施以保持土壤水分, 减少地下水淡水层消耗, 防止土壤返盐。

水旱轮作中, 旱作作物年限的确定是计划生产中的重要问题, 通过水、旱田水盐动态的研究, 我们认为, 开垦盐渍土时需要种植多少年水稻才能转入旱作, 应视淡水层建立的速度而定; 旱作连种的年限则应根据地下水淡水层消耗的速度而定。地下水淡水层建立与消耗的速度, 随各地土壤、人工排水措施、种植作物的种类及农业措施等条件而有很大差异, 应根据当地地下水蒸发的观测资料来确定。如芦台农场二用干六支渠小麦田的地下水观测结果(图 16)表明, 一年中地下水消耗约为 30—50 厘米, 则种稻期间所建立的淡水层厚度最少应大于 50 厘米才能转旱。在当前芦台农场的排水条件下, 中度盐化的粘质土壤, 种 2—3 年水稻后可转旱。

滨海盐渍地区种植水稻, 是改良利用盐渍土的一项良好措施。但是, 连续种植水稻, 对土壤的理化性态会产生一些不良影响, 如由于土壤长时间处于嫌气状态, 有机物质难以分解为有效性养分, 土壤容易板结, 灌溉水的经常渗漏和排泄会淋失一些有效养分。因此, 一般盐渍土在开垦头 1—3 年产量增加, 如再连续种稻, 产量不仅不增, 有时反而下降。要想使连续种稻得到稳定的产量, 除要保证水稻所需水量外, 还需大量施用有机肥料和化学肥料, 这不是没有困难的。所以在这些地区实行水旱轮作是有好处的。在连续种稻几年后, 土壤得到脱盐和建立了地下水淡水层后, 就可转为旱作, 改变土壤的水分及通气状况。同时, 在旱作过程中通过耕耙可以改善土壤物理性状。如土壤结构得到改善, 地下水的蒸发也可以减少, 不致全部耗损种稻过程中所建立的淡水层, 再加上降雨和灌溉, 土壤中的淡水层厚度可趋于稳定, 即令连种旱作, 也不致使土壤中盐分累积地面, 危害作物生长。水旱轮作还有利于消除杂草, 便利劳动力的调配和发展多种经营。另外, 由于水旱轮作的实施, 大大减少灌溉引水量, 可利用多余的水以改良其他盐渍土。

但是, 在北方半干旱气候的盐渍土地区种植水稻, 应该看作是改良盐渍土的手段而不能认为是目的, 要因地制宜的采用合理措施, 进行合理的稻田配置。滨海盐渍土地区, 大部可采用种稻改良实施水旱轮作的办法, 但在地势较高, 土壤质地较轻, 而排水条件较好的地区, 也可进行冲洗排盐, 直接种植旱作。当然在地势低洼, 土质粘重, 而排水困难, 或靠近城市而肥源充足, 又可利用城市污水进行灌溉的地区, 仍可进行常年稻作。实行水旱轮作的地区仍可因具体条件而决定为长期水旱轮作, 或在一定时期水旱轮作后转为常年旱作。

摘 要

1. 种稻改良盐渍土的实质在于灌溉淡水下渗可淋洗土壤中盐分, 并形成地下水淡水层。淡水下渗数量及高矿化地下水的排除是影响土壤脱盐及地下水淡水层形成的主要因素。

2. 目前河北滨海地区所设的末级固定浅排水沟只能影响上层土体的水盐运动, 不能调节高矿化地下水; 排水干沟虽然可起调节地下水运动的作用, 但因间距过大不能控制整个灌溉地段, 因而建议末级固定排水沟采用深浅沟相结合的布置形式, 以利于保存淡水和排出高矿化地下水, 而建立淡水层。

3. 水田转为旱作后, 水盐动态的调节主要是减少淡水层的消耗, 防止土壤返盐, 主要措施有: 末级固定渠系的深沟进行排水, 控制地下水位在一定深度; 进行秋耕、中耕、灌溉减少地下水蒸发。

4. 稻田周围地区水盐动态的变化主要是由于稻田下渗水的侧渗及稻田高水头的静水压力作用, 引起周围地下水抬高, 从而导致沼泽化和盐渍化的加重。所以, 必需合理的配置稻田, 并于水旱交界处设“两河一路”形式的排水沟。

5. 种植水稻可以在较低标准的人工排水条件下使土壤脱盐并建立地下水淡水层, 为转入旱作创造条件。水田改为旱作可消除长期淹水对土壤产生的不良影响, 提高肥力。水旱轮作可使地下水淡水层厚度逐渐稳定, 而使土壤达到稳定脱盐。排水种稻实施水旱轮作是改良利用滨海盐渍土的有效途径。但应根据地形、水文地质、土壤及水源条件, 区分为常年稻作、水旱轮作及水旱轮作后改为常年旱作三种情况, 其所采用的水盐调节措施亦应有所不同。

参 考 文 献

- [1] 尤文瑞、洪庆文: 华北平原滨海地区排水种稻改良盐渍土的初步研究。土壤, 3 期, 31—40 页, 1962。
- [2] 国营河北省栾各庄农场农业科学研究所: 滨海盐渍土改良利用的研究。油印资料, 1963 年。
- [3] 河北省唐山专员公署滦河下游灌溉管理局: 河北省滦河下游栾各庄农场灌区滨海光板盐碱地改良经验。油印资料, 1959 年。

ВОДНО-СОЛЕВАЯ ДИНАМИКА ПРИМОРСКИХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРОВИНЦИИ ХЭБЭЙ В ПРОЦЕССЕ МЕЛИОРА- ТИВНОГО РИСОВЕДЕНИЯ И ЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Ю Вэнь-жуй Хун Чин-вен

(Почвенный институт АН Китая)

Би Сы-мин Чжо Хун-цзюнь

(Геодезическо-проектный институт при Управлении водного хозяйства пров. Хэбэй)

(Резюме)

1. Сущность мелиорации засоленных почв посредством рисоведения заключается в вымывании почвенных солей фильтрующимися пресными оросительными водами и образо-

вании пресной подушки грунтовых вод. Главными факторами, влияющими на рассоление почв и образование пресной подушки грунтовых вод, являются количество фильтрованных пресных вод и отвод высокоминерализованных грунтовых вод.

2. Существующие в приморских районах провинции Хэбэй постоянные мелкие дрены последнего порядка могут оказывать влияние лишь на водно-солевое движение верхнего горизонта почв и не в состоянии регулировать высокоминерализованные грунтовые воды. Магистральные дренажные каналы хотя способны регулировать движение грунтовых вод, но вследствие слишком большого расстояния между каналами они не могут контролировать целый орошаемый участок. В связи с этим при заложении постоянной сети дренажа последнего порядка рекомендуется сочетать мелкие дрены с глубоким в целях сохранить пресные воды, отводить высокоминерализованные грунтовые воды и создать пресную подушку грунтовых вод.

3. Главной целью регулирования водно-солевой динамики после перехода рисовых полей в богарные является уменьшение расхода пресных вод и предотвращение от реставрация солей в почвах. Основные мероприятия для этого следующие: дренирование постоянной системой глубоких дренаж последнего порядка; регулирование грунтовых вод на определенную глубину; зяблевая вспашка, культивация и орошение с целью уменьшения испарения грунтовых вод.

4. Изменение водно-солевых режимов на примыкающих к рисовым полям участках заключаются в поднятии уровня грунтовых вод вследствие бокового тока фильтрационных вод и статического напора водного слоя в рисовых полях. Оно приводит к усилению процессов заболачивания и засоления. Поэтому необходимо рационально расположить рисовые поля и создать по границам орошаемых и богарных участков дренажные системы в виде "две реки по одному пути".

5. Рисоведение позволяет рассолять почвы и образовать пресную подушку грунтовых вод при сравнительно невысоком требовании к искусственному дренированию и создать условия для перехода в богарное земледелие. Рисовый севооборот благоприятен для создания устойчивой мощной пресной подушки грунтовых вод, тем самым приводит к стабильному рассолению почв и повышению ее плодородия. Рисоведение с дренированием и рисовый севооборот представляет собой эффективный прием для мелиорации и использования приморских засоленных почв. Но на практике по условиям рельефа, гидрогеологии, почв и водоисточников следует выделить его на три типа с соответствующими мероприятиями регулирования водно-солевой динамики: 1) непрерывное рисоведение; 2) рисовый севооборот; 3) богарное земледелие после рисового севооборота.