

# 宁夏中部干旱带压砂地耕作方式的生态功能

王永忠<sup>1</sup>, 牛国元<sup>2</sup>, 许强<sup>3</sup>, 刘艳华<sup>2</sup>

(1. 宁夏农垦事业管理局, 宁夏 银川 750001; 2. 宁夏科技信息研究所, 宁夏 银川 750001; 3. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 压砂地利用方式在宁夏已有近百年的历史, 近几年在政府有效地组织和引导下得到了迅猛发展。压砂地利用方式经济效益显著, 然而传统的利用方式随着利用年限的延伸会使砂地老化甚至逐渐失去压砂地的生态功能, 对农田生态系统产生不利影响。通过深入分析砂田对农田蓄水能力的影响, 砂田减少土壤蒸发量的作用, 砂田的增温和减尘效果, 砂田的抑盐作用, 砂田对生态恢复的影响等生态功能及不同利用年限砂田水分、养分变化规律。提出了必须重视砂田生态系统的养分管理, 创造条件改善砂田生态系统的水分循环, 注重砂田微生态系统环境的改善, 加快砂田传统耕作方式的现代化改造等加强砂田生态系统管理的措施及建议。

**关键词:** 宁夏; 中部干旱带; 压砂地; 生态功能

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2010)03-0163-05

**中图分类号:** S181

## Impacts of Farming Manners in Gravel Land to Agro-ecosystem in the Middle Arid Zone of Ningxia Hui Autonomous Region

WANG Yong-zhong<sup>1</sup>, NIU Guo-yuan<sup>2</sup>, XU Qiang<sup>3</sup>, LIU Yan-hua<sup>2</sup>

(1. Ningxia Bureau of Land Reclamation, Yinchuan, Ningxia 750001, China;

2. Research Institute of Scientific and Technological Information of Ningxia, Yinchuan,

Ningxia 750001 China; 3. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

**Abstract:** Gravel land utilization in Ningxia Hui Autonomous Region has nearly a hundred year of history. In recent years, it is rapidly developed under the effective organization and guidance of the government. Such manner not only has significant economic benefits, but also has the ecological functions of water collection, moisture maintenance, warming, reducing dust, and controlling salt. Along with many years of farming, the traditional farming manner may cause land aging, even loss of the ecological functions of mulching land, which has a negative impact on local agro-ecosystem. The paper analyzes the land aging mechanisms based on the ecological function of the gravel land and gives some suggestions on strengthening the management of gravel land ecosystem.

**Keywords:** middle arid zone of Ningxia Autonomous Region; the middle arid zone; pressed sand; ecological function

压砂地是宁夏中部干旱带的农民为了克服恶劣自然环境, 利用河湖沉积或沟壑冲击产生的卵石、砾和粗细砂混合物, 在土壤表面铺设 10~15 cm 左右的砂石覆盖层, 以蓄水保墒, 隔热保温, 保持土壤肥力, 抑制杂草滋生, 减轻病虫害, 协调土壤水、肥、热、气状况而创立的一种抗旱种植模式。压砂地在宁夏中卫市的香山地区, 海原县的兴仁地区和中宁县的鸣沙、白马地区已有近 100 a 的利用历史, 2004 年以来迅猛发展。2006 年底, 宁夏压砂地面积已由 2003 年前几十年累计的 6 466.67 hm<sup>2</sup> 发展到 4.87 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 2007 年底发展到 6.67 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 约占西北地区的 50%。在压砂地

迅猛发展的形势下, 如何提高效益, 防止砂田老化, 延长利用年限, 使这一历经百年而终于成长为干旱地区特色优势主导产业的载体能够可持续利用, 是广大群众和干部都十分关注并积极探索的问题<sup>[1-6]</sup>。

### 1 砂田的生态功能

覆砂层的铺设改变了砂田地表形态和地面粗糙度进而影响到降水的入渗力、田面蒸发力、土壤风蚀力以及吸热力等, 形成了砂田特殊的农田小生境。在这种小生境下农作物需求的水、热、光、温等生态因子都发生了很大变化, 进而可明显影响到农作物的生长

收稿日期: 2009-11-17

修回日期: 2010-01-27

资助项目: 2008 年宁夏软科学项目“宁夏中部干旱带压砂地西甜瓜种植及对环境的影响研究”(2008012)

作者简介: 王永忠(1955—), 男(汉族), 宁夏回族自治区彭阳县人, 博士研究生, 高级经济师, 主要研究方向为区域经济、农业、扶贫开发。

E-mail: liuyanhua\_168@163.com。

通信作者: 刘艳华(1979—), 女(汉族), 山东省泰安市人, 硕士研究生, 助理研究员, 主要研究方向为区域经济。E-mail: liuyanhua\_168@163.com。

发育。另外,砂田一次铺成,多年耕种,传统条件下不补水也不补肥,形成了砂田特殊的土壤水分运移规律和土壤养分变化规律。

### 1.1 铺砂对农田蓄水能力的影响

在宁夏中部干旱带,由于降水量极其有限,农田土壤水分含量的不足,严重制约了农作物的生存与产量的形成。在农田表面铺设砂砾层后,由于砂砾大小不一,形态各异,结构孔隙大,渗透性好,在雨季增加了渗水能力,杜绝径流,可将有限降水充分蓄积到土壤层内。加之砂砾层的阻隔作用,可明显减少土壤水分的蒸发量(图 1),使砂田土壤水分含量明显高于一般裸田。据测定,在 4—5 月份未种植农作物之前,土壤水分受外界因素影响较小的情况下,砂田不同层次土壤含水率均高于裸田(图 2)。从平均值来看,0—40 cm 土壤平均含水率砂田为 14.6%,裸田为 11.1%,砂田较裸田提高了 3.5%,相对提高 31.5%。如果以 0—40 cm 土壤重量为  $3.0 \times 10^6 \text{ kg/hm}^2$  粗略估算,砂田经过一个冬春季的土壤水分运动,可比裸田多保水  $156.75 \text{ mm/hm}^2$ ,说明砂田覆盖耕作法有明显的蓄水与保水性能,这对维持、提高雨养旱作区作物产量有重要作用。

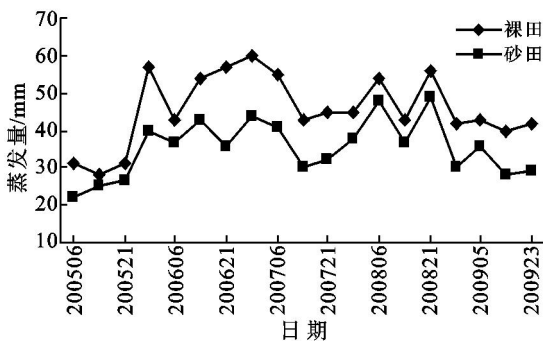


图 1 砂田、裸田蒸发量比较

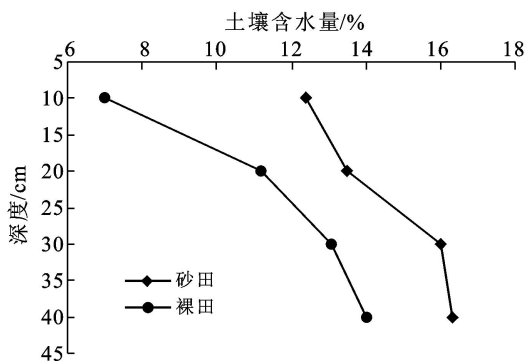


图 2 4 月份砂田与大田不同深度土壤含水量

不同层次土壤水分变化以 0—10 cm 土层内水分变化最为明显,砂田和裸田两者土壤含水量差距在 5.3%,砂田含水量相对提高了 74.4%;此后随耕层

加深,两者差距逐渐变小,如在 10—20 cm 两者差距为 2.5%,砂田相对高 22.6%;在 20—30 cm 两者差距为 3.0%,砂田相对高 22.5%;在 30—40 cm 两者差距为 2.2%,砂田相对高 15.3%。砂田土层中水分含量上高下低的梯度变化可能与所覆砂层阻碍了土壤表层与大气的直接接触,毛管水运动到土壤上层有关。上层土壤水分含量较多,有利于作物的萌发与出苗,这对于干旱地区缓解春旱十分有利。

### 1.2 砂田减少土壤蒸发量的作用

土壤层在砂砾层的保护下,避免了直接的风吹日晒,砂砾层孔隙大,切断了土壤毛管作用,使土壤水分被阻隔在砂砾层下,土壤水分的蒸发率明显减少,提高了土壤含水量。据测定,在 5—9 月期间砂田蒸发量可比裸田减少 28.7%。从两种类型田间蒸发量变化趋势来看,虽然总体变化趋势基本一致,但砂田蒸发的变化幅度明显低于裸田。说明砂田在减少蒸发的前提下,可保持土壤水分含量的相对稳定性,这种减蒸效果是砂田保水效果较好的主要原因。

### 1.3 砂田的增温效果

由于砂砾层粗糙,能较多地吸收热量;空隙度大,空气含量多,因而热容量小;白天受太阳照射后很快升温,并将热量传导到土壤中,到晚上,砂田土壤水分含量较高,热容量大,放热缓慢,能较好地保持土壤温度。同时由于砂田蒸发量较低,因水分蒸发而消耗的热量较少,因而砂田土壤温度高于裸田。据测定,砂田 0—20 cm 土壤耕层均有增温效果,平均每天可比裸田增温  $0.96 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在西瓜约 100 d 的生长期,0—20 cm 土层可增加地积温约  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这对于海拔相对较高,气候相对冷凉的宁夏中部干旱带西瓜安全生长及提前上市有重要意义。一般砂田西瓜可提前 7—10 d 成熟(图 3)。

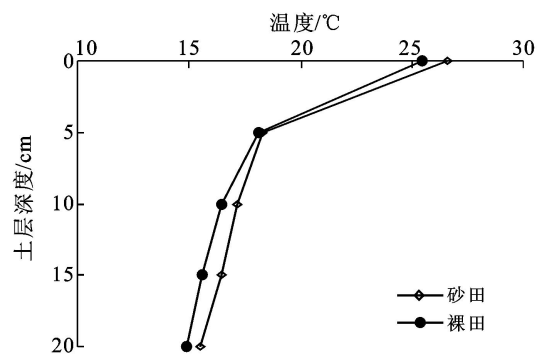


图 3 4—5 月份不同土层日平均温度变化

### 1.4 砂田的减尘效果

在宁夏中部干旱带,干旱少雨,气候干燥,植被稀疏,风大沙多,平均风速达到  $3.4 \text{ m/s}$ ,在常规耕作条

件下,冬春季节农田裸露疏松的土壤被大风吹失,给宁夏沙尘暴天气提供了丰富的沙源。覆盖砂砾之后的砂田由于地面粗糙度的增加减缓了地表风速,可有效减少大风天气的扬尘量,降低干旱区的风蚀沙害。对地表以上0.2~1.6 m高度砂田与裸田在大风天气扬尘量的采集数据分析得出:地表上0.2 m处,砂田平均集沙量为39.2 mg,大田为89.8 mg,砂田比大田减少47.7 mg,相对减少52.9%。1.5 m空间层,砂田平均集沙量为33.6 mg,大田为65.3 mg,相对减少沙尘量31.7 mg,相对减尘48.55%。在0.5, 0.8, 1 m空间层,砂田相对大田分别减尘45.5%, 38.4%, 34.1%。以地表减尘最为明显,随高度增加减尘效果递减。

### 1.5 砂田的抑盐作用

砂田能够充分接纳雨水,增强了土壤的渗透力和淋溶作用,使土壤盐分下移,另一方面由于砂砾层切断了土壤的毛细管,土壤蒸发量减少,因而盐分在土壤上层聚积量减少,这样就有效地控制了土壤盐渍

化,农谚称“砂压碱,刮金板”,其道理就在于此。对种植1~17 a的砂田土壤含盐量的分析结果表明,种植1 a的砂田土壤含盐量为0.021%,此后随种植年限增加而逐年降低,到第17 a时降至0.005%,第17 a与第1 a相比较,土壤含盐量降低了71.4%。土壤含盐量的降低为作物生长提供了良好的生存环境,是砂田作物能够增产的原因之一。

### 1.6 砂田对生态恢复的影响

传统砂田一般经20~30 a的使用期后,由于覆砂层混入大量土壤,砂层堵塞、板结,砂田功能就会逐渐减弱。农民的传统做法,一是重新筛砂、铺砂或在原砂层上再叠一层砂(叠砂田),重新使用。另外也有撂荒不用的现象。一些生态学者曾担心这样会造成“人造戈壁”。针对这种情况的调查分析结果表明,即使老化砂田撂荒不用,其残存的蓄水保墒功能仍好于原生荒地。而土壤养分含量要高于连续种植17 a的砂田,主要原因是撂荒后地力得以自然恢复(见表1)。

表1 撂荒砂地的残存功能

项目	土壤含水量/ %				平均	土壤养分含量			
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm		有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )
撂荒砂田	10	13	15.40	19	15	9.85	7.9	2.3	143
原生荒地	8.2	5.6	5.60	6.5	6.5	—	—	—	—
17 a 砂田	11	12	10.67	9.5	11	9.10	8.3	2.3	109

## 2 不同利用年限砂田的动态变化

在传统耕作方法下,砂田一次性铺成,可连续使用20~30 a。在多年耕种过程中,由于播种、耙砂、拔除根系、风沙等综合因素,泥土逐渐混入砂石层中,使砂层堵塞、板结,砂田的功效就会逐渐减弱,当砂石层混入土粒超过2/3时,其功效几乎消失,这一过程称之为砂田的老化过程。通过对中卫市环香山地区周围50 km<sup>2</sup>范围内,海拔高度相近,坡向均为阳坡面,受水条件为降水补给,覆砂层厚度10~15 cm,种植作物为西瓜、甜瓜,种植年限为1, 2, 4, 5, 7, 10, 12, 15, 17 a及撂荒等砂田,进行不同土层水分含量变化,覆砂层土砂混合程度,耕层土壤全盐含量、有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量的变化进行调查、取样、测定研究,揭示了砂田水分、砂土混合动态及养分变化规律。

### 2.1 不同种植年限砂田覆砂层土砂混合的动态变化

通过对不同种植年限砂田的土砂比(覆砂层中土占砂石的比例)、覆砂层含土量、含砂量分析得出(表

2):覆砂1 a的砂田,土砂比为0.10,含土量仅为9.24%,而含砂量达90.76%。随种植年限增加,土砂比越来越大,砂层含土量越来越多,含砂量则越来越少。当连续种植17 a时土砂比已达到0.57,砂层含土量已达到36.15%以上,含砂量已下降至63.85%以下。而撂荒砂地(已连作种植20 a左右,撂荒2 a)土砂比和含土量又有所下降,分别为0.24%, 19.22%,比种植17 a的砂田分别下降了0.33%, 16.93%,撂荒砂田含土量下降的主要原因是由于2 a没有耕种,砂石中含土量被雨水冲刷至下层所至。这一现象表明砂田连续种植数年后,休闲1~2 a,有利于砂田性能的恢复。这给生产中农民在砂田连续种植数年后采用休闲1 a的做法提供了理论依据。

### 2.2 不同种植年限砂田土层水分的动态变化

水分是旱地农业生产的制约因子,砂田的重要功能之一是具有良好的保水性。对不同种植年限砂田不同深度土层水分变化规律的测定表明,任何种植年限的砂田,土壤各层次的含水量均明显高于裸田(表3)。

表 2 不同种植年限砂田土砂分级与土砂比

种植年限/ a	土/g		砂/g		土砂比	含土量/ %	含砂量/ %
	0.25 mm	0.25 ~ 1 mm	1 ~ 6 mm	> 6 mm			
1	25.67	39.98	55.74	156.39	0.10	9.24	90.76
2	47.71	102.72	154.99	176.84	0.11	9.89	90.11
4	54.16	35.85	106.61	236.45	0.14	12.51	87.49
5	65.23	72.14	108.01	153.18	0.20	16.37	83.63
7	87.71	83.27	97.73	194.38	0.23	18.94	81.06
10	64.85	44.43	50.98	122.95	0.30	22.90	77.10
12	94.73	22.18	64.16	210.08	0.32	24.22	75.78
15	137.58	46.20	93.23	128.18	0.51	33.96	66.04
17	133.49	47.58	76.48	111.69	0.57	36.15	63.85
撂荒砂地	69.66	41.16	57.19	194.40	0.24	19.22	80.78

表 3 不同种植年限砂田土层水分含量变化 %

年限/a	土层深度			
	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	60—80 cm
1	25.30	24.73	21.10	19.73
2	20.93	16.80	15.53	10.60
4	18.60	15.53	14.70	16.30
5	18.20	14.65	14.27	9.13
7	16.50	14.30	13.83	12.20
10	16.20	14.10	11.10	9.93
12	15.93	12.37	11.63	10.77
15	13.93	12.43	11.97	9.74
17	13.70	12.03	10.67	9.53
撂荒砂田 裸地	10.43	13.30	15.37	19.40
	8.20	5.60	5.60	6.53

从表 3 可以看出,随着种植年限的增加,土层水分含量逐年降低。种植 1 a 的砂田相对于裸田各层次土壤含水量分别增加 67.59%,77.36%,73.46%,66.89%。种植 17 a 的砂田,各层水分含量相对于裸田仍然高出 40.15%,53.46%,47.50%,1.47%。另外,撂荒砂田的各层土壤含水量也高出裸田 2.23%,7.7%,9.77%,12.87%,这进一步证明了在干旱少雨地区,砂田蓄墒功能的重要作用,即使砂田弃耕不种,其残余蓄水功能依然好于裸田。但随着种植年限的延长,砂田各层次含水量却有逐年下降的趋势,如 0—20,20—40,40—60,60—80 cm 土层含水量,种植 1 a 的分别为 25.30%,24.73%,21.10%和 19.73%。而连续种植 17 a 的分别为 13.70%,12.03%,10.67%和 9.53%。第 1 a 与第 17 a 相比,各层含水量分别下降了 7.60%,12.70%,10.43%和 10.20%,下降率达 30.0%,51.4%,49.7%和 51.7%,0—80 cm 土壤内平均降低 45.7%,17 a 间平均每年降低 2.96%。

### 2.3 不同种植年限砂田耕层中土壤养分的动态变化

2.3.1 耕层有机质含量的变化 据测定,砂田经多年种植,0—20 cm 耕层土壤有机质变化呈抛物线下降

趋势,变化区间在 9.1~12.5 g/kg。新砂田有机质含量较高,以后随着种植年限增加而下降,17 a 砂田有机质相对新砂田降低 27.2%。砂田有机质的含量随种植年限的增加而下降,是砂田作物产量下降的重要原因之一,是砂田老化的特征之一。撂荒砂田土壤有机质含量则有所增加,相对于 17 a 砂田增加了 3.3%,这进一步证明了其休闲恢复土壤肥力的作用。加强砂田田间管理,培肥地力,增施有机肥,提高土壤有机质的含量,对砂田的可持续利用具有重要意义。

2.3.2 耕层土壤氮磷钾含量的变化 对不同种植年限砂田土壤氮磷钾含量的数据测定分析表明,全氮随利用年限呈抛物线变化趋势。5 a 以前耕层全氮含量增加,年均增加 8.0%。5 a 后呈波动性降低,17 a 砂地相对 5 a 砂地降低 21.3%,年均降低 1.8%。碱解氮也随利用年限呈抛物线变化趋势。4 a 砂田最高,达到 15.1 mg/kg,相对于 1 a 砂田增加 50.1%。而 17 a 砂田则比 1 a 砂田降低 81.9%,年均降低 6.3%,这种变化与有机质分解有关。速效磷以 2 a 砂田含量最高,达到 2.416 mg/kg,此后逐年下降,17 a 砂田相对于 2 a 的砂田降低 6.7%,年均降低 0.4%。撂荒砂田相对于 17 a 砂地回升 2.4%。速效钾以 4 a 砂田含量最高,达到 172 g/kg,比 17 a 砂田高 57.8%。此后呈下降趋势,年均下降 4.4%。撂荒砂田相对于 17 a 砂田回升 31.2%。

以上趋势表明,砂田长期不施肥或很少施肥的情况下,主要靠土壤潜在肥力活化供给作物生长所需,这种效应一般可以维持 4~5 a,这就是砂田在前 5 a 不施肥也能正常利用的重要原因。其后,肥力开始全面衰退,砂田产量随利用年限增加而下降,是砂田老化的特征之一。撂荒之后,土壤养分和水分一样有回升的趋向,也证明了休闲恢复土壤肥力的作用。

## 3 加强砂田生态系统管理的措施

在传统条件下,砂田的利用过程就是砂田生态系

统衰退的过程。因此,通过人工措施加强对砂田生态系统的管理,是宁夏中部干旱带砂田产业健康发展与砂田可持续利用的重要环节。

### 3.1 必须重视砂田生态系统的养分管理

压砂后由于温度、水分条件的改善,土壤微生物活跃,分解能力加强,因此,在压砂后的前几年,土壤肥力分解迅速,有效养分增加,使西瓜可以在宁夏中部干旱带原本比较贫瘠的土壤中获得一定的产量与收益。但经过几年连续种植后,土壤潜在肥力严重消耗,如不重视及时与及早补充养分,砂田生态系统的物质循环将随着收获物的大量输出而失衡,西瓜的产量和商品率必然迅速下降。因此,加强砂田生态系统的养分管理是砂田可持续利用的关键。

在养分补施上,为了维护压砂西瓜的绿色品牌,必须坚持以有机肥为主。但西瓜是需肥量极大,对养分敏感的作物,有机肥肥效缓慢,当年利用率较低,因此,在不影响绿色产品的前提下,适量搭配化肥,可有效提高西瓜产量和商品率。

### 3.2 创造条件改善砂田生态系统的水分循环

宁夏压砂地主要分布在年降水量250~300 mm的干旱地区,且大部分砂田无人工补水条件,虽然压砂后可将有限降水较充分地蓄积到农田中去,但降水量毕竟有限。据研究,西瓜在正常生长条件下一年的蒸腾与蒸发量可达800~1 000 mm,目前250~300 mm降水量即使全部可利用,也只能满足西瓜正常生长的31.25%~33.3%的需求。因此,通过人工创造补水条件,即使只是在西瓜生长的关键时期补水1~2次,也可以使西瓜产量增长50%以上,且商品率显著提高。

目前,宁夏 $6.67 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>的压砂地,国家支持建设的补水设施仅占30%左右,且供水有限。在关键补水时期,供不应求的现象十分严重。在2008年上半年连续6个月基本没有降雨的条件下,在一些无补水设施的压砂瓜种植区域,西瓜减产损失严重。这种情况证明,虽然压砂地可在一些原本不能从事农耕的区域使农耕成为现实,但现实恶劣的自然条件下,还是脆弱的,尤其是水分供应条件极其有限条件下,千方百计开辟水源,扩大补水设施覆盖面,扩大压砂地生态系统的水循环,提高抗御自然灾害的能力,是压砂地可持续利用的重要方面。

### 3.3 注重砂田微生态系统环境的改善

宁夏压砂地已选择了以种植西、甜瓜为主的利用模式,但单一作物的长期连续种植必然会引起砂田微生态环境的恶化,产生众多连作障碍,如土壤养分的单一消耗,作物根系分泌物的自毒现象,病虫害的加重,土壤微生物系统及土壤酶活性的降低,生物单一性与食物链网简化所引起的害虫与天敌的数量变

化等等,都有可能对砂田生态系统带来严重危害,甚至毁灭性打击。针对宁夏砂田现状,微生态系统环境改善要侧重两个方面:

(1) 砂田作物的轮作倒茬。目前宁夏砂田主栽作物为西瓜,研究证明它是不适宜长期连作的作物。在实践中农民创造了“错行,错穴轮作法”可适当减轻连作障碍,延长西瓜种植年限。但长期下去,也是不能避免连作障碍的。因此,在连续种植几年西瓜后,应该轮作倒茬,如在有补水条件下的西瓜与辣椒、西瓜与小南瓜等作物的轮作。在无补水条件的西瓜与向日葵,西瓜与芝麻,西瓜与绿豆等作物的轮作。在老化砂地还可以引种大麦、小麦、蓖麻等作物。另外,农民实践与研究结果也表明,砂田在连续种植若干年后,休闲1~2 a有利于压砂地性能的恢复和地力的恢复。砂田作物的轮作不但可以减轻连作障碍,而且也有利于预防单一作物种植带来的自然风险和市场风险。

(2) 现代农业技术的应用。在传统耕作条件下,连作障碍明显,但现代农业科技的发展,新型农业技术的应用,给克服连作障碍,延长单一作物种植年限提供了可能。如在搞清土传病菌的基础上,使用土壤消毒剂杀灭病菌。采用育苗移栽可明显提高植株的抗病能力。微量元素的补给可增强植株的抗逆性等。

### 3.4 加快砂田传统耕作方式的现代化改造

传统砂田主要以手工作业为主,劳动强度大,工作效率低,必须进行传统农业现代化的改造,才能使其有可持续利用的强大生命力。

(1) 加强砂田作业机械的研制与开发。如铺砂机械,松砂机械,播种、施肥机械,砂土分离机械,补水机械等。

(2) 加强现代栽培技术的研究与应用。如适宜补肥、补水量与技术的研究,适宜密度的研究,间套种技术的研究,新型适生作物的筛选,病虫害防治技术的研究等。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 崔永庆. 压砂地高效益可持续利用的几点建议[C]//宁夏参事文集,2006-2007:201.
- [2] 杨利年,马学峰,刘秀珍,等. 压砂地西瓜不同覆盖方式的气象效应[J]. 宁夏农林科技,2005(5):30.
- [3] 马学峰,陈洁,马海轮. 试论宁夏香山地区压砂地栽培的可持续发展[J]. 宁夏农林科技,2006(2):48.
- [4] 闰立宏. 宁夏压砂地建设的几个技术要点[J]. 宁夏农林科技,2007(3):80-81.
- [5] 王芳,李友宏,赵天成,等. 关于宁夏压砂西甜瓜持续发展的思考[J]. 宁夏农林科技,2005(5):60-62.
- [6] 蒋儒龄. 宁夏中部干旱带农业实践[M]. 宁夏人民出版社,2008.