

旱区砂田肥力演变特征研究

许 强, 吴宏亮, 康建宏, 强 力

(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 以宁夏香山地区种植 1~17 a 砂田及撂荒砂田为研究对象, 对砂土比例、耕层土壤含水量(0~20 cm)、有机质含量、全盐量、速氮、速磷、速钾的变化进行了分析。结果表明, 连续种植可使砂田覆砂层含土量(由 9.24% 增加到 36.15%)、土砂比(由 0.09 增加到 0.57)不断提高, 含砂量(由 90.76% 降低到 63.85%)、土壤含水量(由 25.30% 降低到 13.70%)、全盐含量(由 0.21 g/kg 降低到 0.05 g/kg)、速磷(由 2.42 mg/kg 降低到 2.26 mg/kg)、速钾(由 172 mg/kg 降低到 109 mg/kg)不断降低, 而有机质、全氮、速氮则先升后降, 在连续种植 4~5 a 后达到最高(有机质: 12.5 g/kg; 全氮: 0.32 g/kg; 速氮: 15.10 mg/kg), 此后不断下降。因此砂田连续种植 4~5 a 必须人工补肥, 连续种植若干年后休闲 1~2 a 有利于砂田性能的恢复。

关键词: 砂田; 土砂比; 土壤含水量; 土壤养分

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0037-05

砂田是我国西北干旱地区经过长期生产实践形成的一种世界独有的保护性耕作方法^[1~3]。通过田面覆盖鹅卵石或混合砂石, 可起到明显的增渗、减蒸、保温、抗蚀作用, 因而可有效提高降水利用效率, 活化土壤潜在肥力, 增加作物产量, 同时还有明显的生态防护效果。经过长期发展, 在西北的甘肃、宁夏、青海等省区已形成了 23.3 万 hm^2 的规模。其中宁夏中部干旱带的中卫市环香山地区, 以种植西(甜)瓜为主的压砂地已达到 6.7 万 hm^2 , 目前已成为中国最大的压砂地产区, 取得了显著经济、生态和社会效益。压砂地一次铺成后连续种植 20~30 a, 在这个过程中由于播种、炒砂、拔除根系及风沙等综合因素, 泥土逐渐混入砂石层中, 使砂层堵塞、板结, 砂田的功效逐渐减弱。当砂石层混入土粒超过 2/3 时, 其功效几乎消失^[4], 另外在长期种植过程中, 由于传统做法基本不再补肥, 完全依靠潜在肥力的活化, 因此地力不断消耗, 生产力也逐渐下降。本研究通过对不同种植年限的砂田土壤肥力因子的分析测试, 探明砂田肥力演变特征, 为宁夏和西北砂田产业的健康发展和可持续利用提供理论与技术支持。

1 材料与方法

1.1 区域自然条件概述

调研区在宁夏中卫市环香山地区, 该地区旱耕

地总面积 10.74 万 hm^2 , 其中压砂地 6.7 万 hm^2 , 占总旱耕地面积的 62.1%, 是宁夏砂田集中分布区, 该地区海拔 1 500~2 361.6 m, 气候属大陆性气候, 干旱少雨, 风大沙多, 气候干燥, 蒸发强烈。年平均气温 6.8℃, 年平均相对湿度 50%, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 2 332.05℃, 年平均太阳总辐射量 135.44 kcal/cm^2 。年平均降雨量 247.4 mm, 且时空分布不均衡, 70% 以上的降雨集中在 7、8、9 三个月, 有效性差, 年蒸发量 2 172.3 mm, 是降水量的近 10 倍。平均风速 3.4 m/s, 地面平均温度 9.6℃, 年均日照时数 2 963.1 d, 无霜期 146 d。

1.2 测定项目与方法

本研究采用典型区调查和室内测定分析的方法, 于 2007 年 9 月在中卫市香山乡周边 50 km^2 范围内选择海拔相近, 坡向均为阳坡, 受水条件均为降水补给, 无人工施肥, 覆砂层 10~15 cm, 研究区为西瓜的 1~17 a 砂田和撂荒砂田。

在典型区内分别选择连续种植 1、2、4、5、7、10、12、15、17 a 的砂田和撂荒砂田(已连续种植 20 a 以上, 撂荒 2 a), 分别测定: (1) 覆盖层土砂混合变化: 测定土砂比、含土量、含砂量; (2) 土壤水分变化: 测定土层分别为 0~20、20~40、40~60 及 60~80 cm, 采用便携式水分速测仪测定; (3) 根层土壤养分变化: 土壤有机质用重铬酸钾容量法测定, 全氮用半微量开氏法测定, 速效氮用碱解扩散法测定, 速效磷

收稿日期: 2008-09-16
基金项目: 国家科技支撑计划课题: “农牧交错风沙区保护性耕作技术集成研究与示范”(2006BAD15B05), “压砂地持续利用种植结构模式和轮茬作物筛选关键技术研究” (2007BAD54B02)
作者简介: 许 强(1954—), 男, 安徽霍邱人, 教授, 主要从事耕作学及农业生态学的教学与研究。E-mail: nxuwhat@163.com。

用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法测定,速效钾用火焰光度计法测定;(4)土壤盐分变化:电导法测定。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限砂田覆盖层土砂混合变化

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)、覆砂层含土量及含砂量分析表明,种植 1 a 的砂田土砂比为 0.10,含土量仅为 9.24%,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

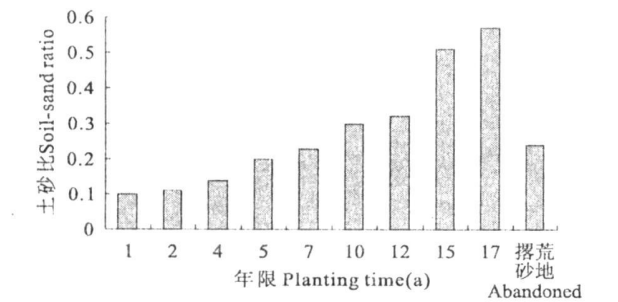


图 1 不同种植年限砂田覆砂层土砂比

Fig.1 The change of soil-sand ratio in sand covering layer in different planting time

2.2 不同种植年限砂田土层水分变化

水分是旱农生产的制约因子,砂田的重要功能之一是具有良好的保水性。通过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原生地(见表 1)。种植 1 年的砂田相对于原生地各层(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm)土壤含水量分别增加 67.59%、77.36%、73.46%、66.89%。而种植 17 年的砂田,各层水分含量相对于原生地仍然高 40.15%、53.46%、47.50%、31.47%。其它年限各层水分含量也远高于原生地。从撂荒砂田的各层土壤含水量来看也明显高出原生地 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原生地。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,如砂田 0~20、20~40、40~60、60~80 cm 土层含水量,种植 1 年的分别为 25.30%、24.73%、21.10%和 19.73%,而连续种植 17 年的分别为 13.70%、12.03%、10.67%和 9.53%,第 1 年与第 17 年相比,各层次含水量分别下降了 11.60、12.70、10.43 和 10.20 个百分点,

土量已达到 36.15%,含砂量已下降到 63.85%。撂荒砂地(已连续种植 20 a 左右,撂荒两年)土砂比和含土量下降,分别为 0.24、19.22%,比种植 17 a 的砂田分别下降了 57.89%、46.83%。下降的主要原因,可能是由于两年没有耕种,砂石中的土粒被雨水冲刷至下层所至。

从图 1、图 2 明显可以看出,随着连续种植年限的增加,砂田覆砂层土砂比、含土量呈上升趋势,含砂量有明显下降的趋势,土砂混合程度明显加大。这是砂田随着种植年限的增加生产力逐步下降的重要原因之一,也是砂田老化的特征之一。

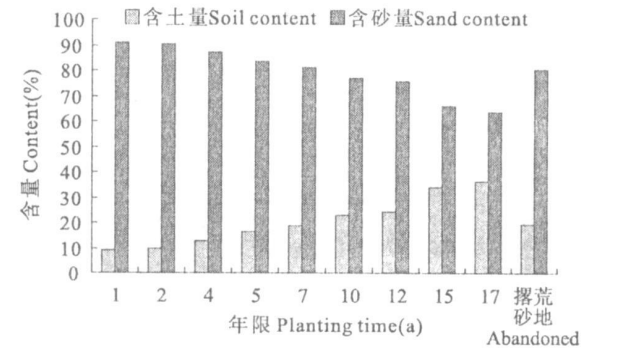


图 2 不同种植年限砂田覆砂层土、砂含量变化

Fig.2 The change of soil and dust content in sandy layer in different planting time

下降率达 45.8%、51.4%、49.4%和 51.7%,0~80 cm 土壤内平均降低 49.6%,平均每年降低 3.10%。

表 1 不同种植年限砂田土层水分含量变化(%)

Table 1 Variation of moisture content in soil layer of sandy-field in different planting time

年限(a) Year	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 Sandy-field abandoned	10.43	13.30	15.37	19.40
原生地 Original place	8.20	5.60	5.60	6.53

2.3 不同种植年份砂田土壤有机质含量变化

砂田经多年种植,0~20 cm 耕层土壤有机质变

化呈先上升后下降趋势,变化区间在 9.1~12.5 g/kg,多年平均含量为 10.7 g/kg(图 3)。有机质含量新砂田一般都较高,以后随着种植年限增加而下降,17 a 砂田有机质相对 1 a 新砂田降低 15.0%,而撂荒砂田有机质相对于 17 a 砂田增加了 3.8%(表

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,也是砂田可持续利用中必须引起高度重视的问题之一。撂荒砂田有机质含量的增加,进一步证明了休闲恢复土壤肥力的作用。

表 2 撂荒砂田与 17 年砂田土壤养分对比
Table 2 Compare of soil nutrient on abandoned sandy-field and sandy-field soil(17 years)

类型 Type	有机质(g/kg) OM	全盐(g/kg) Total salt	全氮(g/kg) Total N	速效钾(mg/kg) Available K	碱解氮(mg/kg) Alkali-hydro. N	速效磷(mg/kg) Available P
17 年砂田 17a Sandy-field	9.1	0.06	0.255	109	8.3	2.264
撂荒砂田 Abandoned sandy-field	9.4	0.06	0.189	143	7.6	2.318
增减(%) Increase	+3.8	0	-25.8	+31.2	-8.2	+2.4

砂田氮素的严重匮乏,作物产量显著下降甚至绝收。

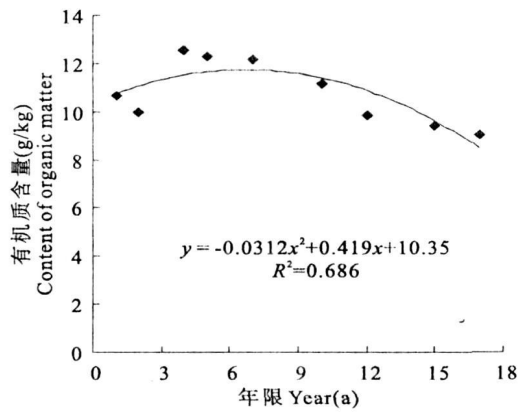


图 3 不同种植年限砂田耕层有机质的变化
Fig. 3 The change of organic nutrient in sandy layer in different planting time

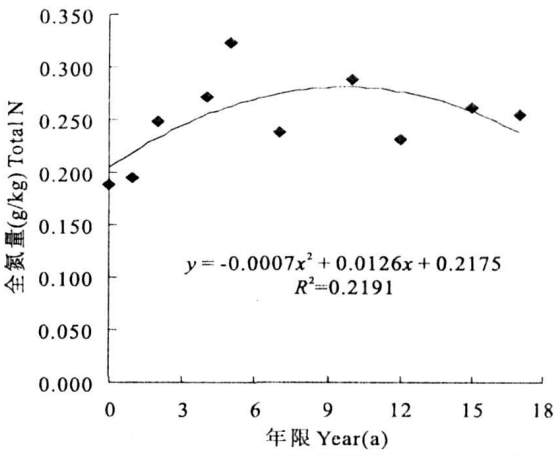


图 4 不同种植年限砂田耕层全氮含量的变化
Fig. 4 The change of all N content in sandy layer in different planting time

2.4 不同种植年份砂田耕层土壤氮的变化

经过对不同种植年限砂田全氮与碱解氮含量的测定分析表明,多年种植的砂田,氮含量呈先上升后下降趋势(如图 4、图 5),不同种植年限砂田耕层全氮含量在 0.19~0.32 g/kg 间变化。前 5 年砂田的耕层全氮含量呈增加趋势,5 a 后至 17 a 砂田的耕层全氮含量逐渐降低,17 a 砂田耕层全氮含量相对 5 a 砂田降低 21.4%,年均降低 1.94%。耕层碱解氮含量变化区间为 8.3~15.1 mg/kg。4 a 砂田碱解氮含量达 15.1 mg/kg,相对 1 a 砂田增加了 53.7%。而 17 a 砂田则比 4 a 砂田降低 45.03%,年均降低 3.75%。因此,多年种植砂田耕层氮含量将面临不足,甚至严重匮乏。前五年砂田全氮和碱解氮含量的增加,分析原因主要是砂田地温和含水量的提高,促进了有机质分解和潜在肥力有效化的必然结果。4~5 年之后全氮和碱解氮都迅速下降,则是由于长期不施肥,土壤潜在肥力分解殆尽的表现。必须合理补施氮肥才能保证作物的产量,否则将由

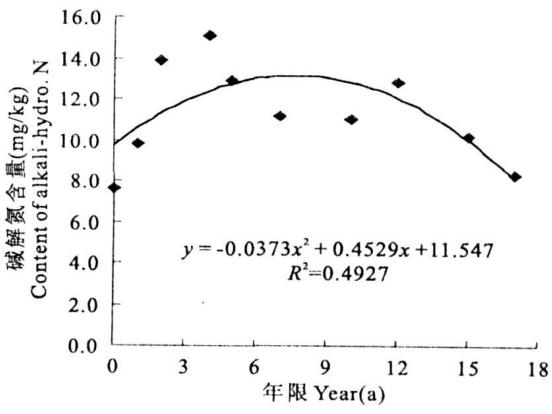


图 5 不同种植年限砂田耕层碱解氮的变化
Fig. 5 The change of alkali-hydro. N in sandy layer in different planting time

2.5 不同种植年份砂田耕层土壤速效磷的变化

不同种植年限砂田耕层速效磷含量(图 6)结果

分析表明,速效磷含量在 2.26~2.42 mg/kg 间变化,新砂田速效磷含量最高,以后迅速下降,2 a 砂田磷含量为 2.42 mg/kg,17 a 为 2.26 mg/kg,降低 6.7%,年均降低 0.45%。撂荒砂田速效磷含量为 2.32 mg/kg,相对 17 a 砂田速效磷增加了 2.4%。

2.6 不同种植年份砂田耕层土壤速效钾的变化

不同种植年限砂田耕层速效钾含量(图 7)变化表明,其变化区间为 109~172 mg/kg。4 a 砂田耕层含量最高,17 a 砂田与 4 a 砂田相比,速效钾含量降低了 36.63%,年均降低 3.05%。撂荒砂田耕层速效钾含量为 143 mg/kg,相对 17 a 砂田增加了 31.2%(表 2)。

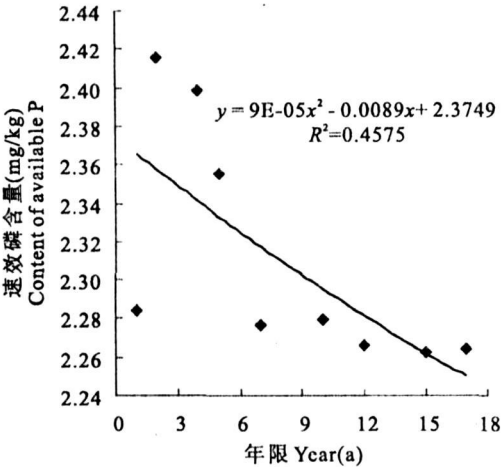


图 6 不同种植年限砂田耕层速效磷的变化
Fig. 6 The change of available P in sandy layer in different planting time

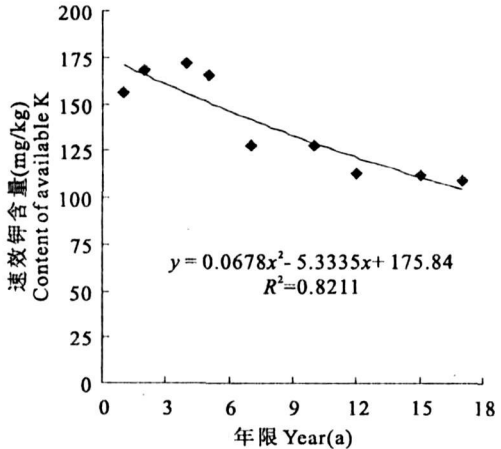


图 7 不同种植年限砂田耕层速效钾的变化
Fig. 7 The change of available K in sandy layer in different planting time

2.7 不同种植年份砂田耕层土壤全盐含量变化

图 8 表明,砂田耕层全盐含量呈下降趋势,全盐量变化区间在 0.05~0.21 g/kg。1 a 砂田全盐含量高达 0.21 g/kg,是 17 a 砂田的 3.5 倍,17 a 砂田的

土壤全盐含量相对第一年降低了 70.7%。因此,砂田可有效地降低土地盐渍化,验证了诸多研究者提出的砂田具有降低土壤盐渍化作用的观点。

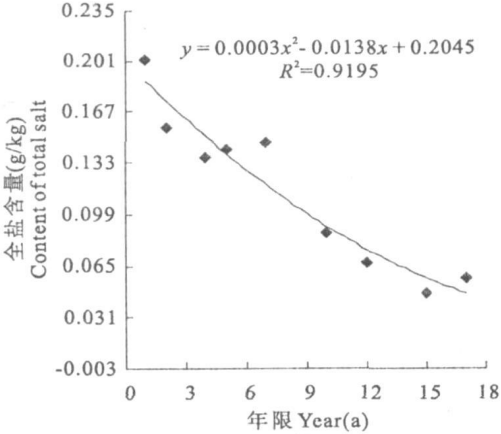


图 8 不同种植年限砂田耕层全盐含量的变化
Fig. 8 The change of total salt in sandy layer in different planting time

3 结论与讨论

砂田是以砂石覆盖和免耕为核心的世界独特的保护性耕作方法,长期以来在我国西北干旱、半干旱地区,特别是在年降水量 200~300 mm,国际上认为不适宜农耕的地区使农业生产成为现实,经过近 300 a 的实践与发展,至今仍在生产中发挥作用,表现出了强大的生命力,前人的研究^[4~9]揭示了砂田具有蓄水、保墒、增温、活化土壤潜在养分等众多生态功能,本研究进一步深入研究了砂田肥力演变的特征,长期耕种造成砂土混合,生态功能下降,潜在养分消耗殆尽,这是砂田连续种植生产力逐步下降,最后不得不重新造田,甚至弃耕的基本原因。

研究结果表明,土壤有效养分含量随种植年限增加所表现出来先升后降的变化趋势提醒我们砂田潜在肥力由于地温升高和水分条件的改善所带来的活化过程是有限的,一定年限后,潜在肥力消耗殆尽,必然造成土壤肥力下降,这是砂田可持续利用中必须高度重视的问题之一。本研究表明砂田有效养分含量在连续种植 4~5 年之前是增加的,4~5 年之后就进入连续下降过程,因此,作者认为 4~5 年后必须人工补肥。

砂田在连续种植过程中,由于耕种、松砂、收获等作用过程,逐渐使砂土混合,蓄水、保墒、增温等功能逐步下降,但弃耕之后,混入覆盖层中的土壤随降水冲洗又有所减少,测试结果也表明,土壤部分养分、土壤含水量等也有所回升,这一点提示我们砂田在连续种植若干年后,休闲 1~2 a 有利于其性能的

恢复。另外,弃耕砂田的土壤水分含量优于原生地,也证明了弃耕砂田的残余蓄水功能可使其土壤水分环境仍好于原生地,因此不会形成所谓的“人造戈壁”现象。

参 考 文 献:

[1] 李风歧,张 波.陇中砂田之探讨[J].农业考古,1984,(2):130.

[2] 辛秀先.论甘肃砂田的形成及其起源[J].甘肃农业科技,1993,(5):5—7.

[3] 吕忠恕,陈邦瑜.甘肃砂田的研究[J].农业学报,1955,6(3):299—312.

[4] 杜延珍.砂田在干旱地区的水土保持作用[J].中国水土保持,1993,(4):35—39.

[5] 杨来胜.砂田及其不同覆盖方式的水热效应对白兰瓜生长发育影响的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2004:1—5.

[6] 杨国强,张明玺,杨敬青.砂田在干旱山区农业持续发展中的作用与效益[J].中国水土保持,1995,(5):31—33.

[7] 雒焕析.白银地区砂田的防旱作用及其耕作[J].干旱地区农业研究,1991,(1):37—45.

[8] 杨国强,杨敬青.砂田在干旱山区农业持续发展中的作用与效益[J].中国水土保持,1995,(5):31—33.

[9] 刘谦和,李志强.砂田土壤的水蒸发特征和温度变化[J].甘肃农业科技,1993,(8):26—28.

Study on evolution characteristics of sandy-field in arid region

XU Qiang, WU Hong-liang, KANG Jian-hong, QIANG Li

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: The testing of the mixed (ratio) of sand and soil,the water content of topsoil,the organic matter content,the total salt content, N, P & K of sandy-field planted for 1~17 years and abandoned sandy-field at Xiangshan Mountain area of Ningxia indicated that the loess content of the sandy-field (from 9.24% to 36.15%)and the ratio of soil-sand (from 0.09 to 0.57) improved gradually, while the sand content of the sandy-field(from 90.76% to 63.85%), the water content of topsoil(from 25.30% to 13.70%), the total salt content(from 0.21 g/kg to 0.05 g/kg), available P(from 2.42 mg/kg to 2.26 mg/kg)& K(from 172 mg/kg to 109 mg/kg) decreased gradually. The organic matter, total nitrogen, available N increased first and decreased afterwards, reached its peak (the organic matter: 12.5 g/kg, total nitrogen: 0.32 g/kg, available N: 15.1 mg/kg) at 4~5 years and then began to decrease. It is suggested that the sandy-field must be artificially fertilized after 4~5 years and leave in fallow for 1~2 years, which may be beneficial to improve the sandy-field performance.

Key words: sandy-field; soil-sand ratio; soil water content; soil nutrient