

不同覆砂年限果园土壤水盐及矿质元素变化与砂田衰退关系研究

康恩祥¹, 张玉鑫¹, 蒯佳琳¹, 常涛²

(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 通过研究不同覆砂年限砂田土壤水分特征和矿质元素变化规律, 探索砂田衰退的机理。对可用砂田和废弃砂田的砂土混合层变化、土壤含水量、矿质元素及盐分含量进行了长期定位的分析测定。结果表明, 种植1、3、7、15 a 砂田砂土比由9.16降低至1.60, 而撂荒地为3.59。砂覆盖3 a后土壤平均水分含量较原生地高13.1 mg/g; 砂覆盖15 a后土壤0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 mm 土层含水量比原生地分别高2.4、3.5、4.0、4.4、4.7 mg/g。不同覆砂年限果园0~60 cm 土壤有机质、土壤全氮与碱解氮、全磷与速效磷、全钾与速效钾及全盐含量变化随覆砂年限增加均呈先增加后降低的趋势, 这与砂田功效及衰退密切相关, 也是中老砂田衰退的主要特征。

关键词: 覆砂年限; 砂田; 土壤水分; 矿质元素; 衰退

中图分类号: S158.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)12-1118-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.12.008

Study on the Relationship between Soil Water, Salt, Mineral Element Changes and Gravel-sand Mulched Field Degradation in Orchards with Different Mulching Durations

KANG Enxiang¹, ZHANG Yuxin¹, KUAI Jialin¹, CHANG Tao²

(1. Institute of Vegetables, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;

2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: This study investigated the changes in soil moisture characteristics and mineral elements in gravel-sand mulched fields with different mulching durations to explore the degradation mechanism of gravel-sand mulched fields. Long-term analysis and measurement of the mixed sand layer, soil moisture, mineral elements, and salt content in usable and abandoned gravel-sand mulched fields were conducted in a fixed location. The results showed that the sand-to-soil ratio in gravel-sand mulched fields planted for 1, 3, 7, and 15 years decreased from 9.16 to 1.60, while the ratio in abandoned gravel-sand mulched fields was 3.59. After 3 years of mulching, the average soil moisture content increased by 13.06 mg/g compared to the native land. After 15 years of mulching, soil moisture content in the 0 to 20, 20 to 40, 40 to 60, 60 to 80, and 80 to 100 mm layers was 2.4, 3.5, 4.0, 4.4, and 4.7 mg/g higher than that in the native land, respectively. In orchards with different sand-mulched durations, changes in organic matter, total nitrogen and alkali-hydrolyzable nitrogen, total phosphorus and available phosphorus, total potassium and available potassium, and total salt contents in the 0 to 60 cm soil layer followed a pattern of increasing followed by decreasing with the length of gravel-sand mulching. This trend is closely related to the effectiveness and degradation of gravel-sand mulched fields and represents a major feature of the degradation of middle-aged and old gravel-sand mulched fields.

Key words: Gravel-sand mulching duration; Gravel-sand mulched field; Field soil moisture; Mineral Element; Degradation

砂田(Gravel-Sand Mulched Field, GSMF)是地表覆盖了一层厚6~15 cm粗砂砾或卵石砂砾混合的田地, 是我国西北干旱、半干旱地区为适应干

旱少雨及盐碱不毛之地而创造的独特、传统的抗旱耕作形式, 距今已有四五百年历史^[1-2]。砂田栽培是一种具有综合效能的旱作覆盖保护性耕作技

收稿日期: 2024-08-30

基金项目: 甘肃省农业科学院中青年基金(2014GAAS14); 甘肃省农业科学院区域协同项目(2011-1-151)。

作者简介: 康恩祥(1974—), 男, 甘肃陇西人, 副研究员, 主要从事作物栽培研究工作。Email: xiaokang7722@163.com。

通信作者: 张玉鑫(1980—), 男, 甘肃张掖人, 副研究员, 主要从事作物生理生态研究工作。Email: 6571553381@qq.com。

术, 它恰当适应了当地气候、地理、土壤等自然条件, 具有明显改良和调节农田小气候的功效^[3]。采用砂田法, 粮菜瓜果可在降水量 200~300 mm 的干旱条件下获得高产。砂田作为基本农田和特色优势产品生产基地, 因其独特的富硒产品而广受青睐, 在甘肃和宁夏等地发展势头良好^[4]。近年来, 受气候干旱化趋势加剧和水资源短缺的影响, 该技术受到越来越多的重视和发展。

土壤退化是一个错综复杂的进程, 具有时间上的动态性、空间上异质性和趋势的无序性。土壤退化涉及植物营养学、作物栽培学、生态学及资源环境科学等诸多研究领域, 而且与社会学、经济学及国家有关方针政策也密切相关。国内外学者从土壤类型、时空分布、影响因素、评价指标、退化机理、生态系统等多维度进行了大量研究^[5-7]。然而, 有关土壤退化的诸多问题及过程机理尚不明确, 国内外还没有统一的指标和定量化评价土壤退化^[8]。砂田铺砂后经过几十年的耕种, 必然会产生衰退趋势, 土壤的理化性质和生物性状变化以及衰退机理也不同于普通田地。目前关于砂田衰老退化的研究多侧重于土壤退化阶段性和砂田退化所造成的不良影响及改良措施^[9-10], 而不同年限砂覆盖下土壤水盐及矿质元素变化特征及与砂田衰退的关系研究报道相对较少^[11-12]。本研究选择不同覆砂年限及废弃砂田为研究对象, 探明不同年限砂田水盐和矿质元素变化规律, 以期研究砂田退化机制和探求解决措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本试验在甘肃省农业科学院庄浪试验站万泉镇试验田进行(35° 2' N, 106° 5' E, 海拔 1 507 m), 当地位于六盘山西麓, 属于黄土高原丘陵沟壑区, 属大陆性季风气候, 年平均气温 8.4 °C, 年均降水量 547.8 mm, 60%以上集中在 7—9 月, 降水量年际变化大, 年均日照时数 2 179 h, 无霜期 150 d 左右。

1.2 试验设计

试验于 2010—2018 年选择海拔相近、坡向一致、水肥管理统一的砂覆盖果园和撂荒压砂地进行。共设 5 个处理, 分别为连续种植 1、3、7、15 a 的压砂地和连续种植 18 a 以上且撂荒 1~2 a

的撂荒压砂地(wasted)。原生地为梯田, 不覆砂, 大田作物常规种植方式。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 砂土比测定 采集果园耕作层(0~30 cm)土砂混合均匀, 在试验室将土样分别过孔径 0.30、1.00、8.00 mm 的筛子, 分别称重, 以混合层含水量、含砂量的百分比反映, 计算砂土比。

$$\text{砂土比} = \text{含砂量} / \text{含水量}$$

1.3.2 土壤含水量测定 采用烘干称重法。每个处理按照等高线设置 5 个样点, 在每个样点处用土钻分别取 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 土层的土样装入铝盒称湿土重, 然后将样品置于烘箱, 105 °C 烘干 8 h 以上至恒重, 称重得到干土重^[13]。

$$\text{土壤含水量} = (\text{湿土重} - \text{干土重}) / \text{干土重}$$

1.3.3 土壤养分含量测定 每个处理按照等高线设置 5 个样点, 每个样方内去除表面的砂石层后, 钻取 0~60 cm 土层的土壤样品, 均匀混合成一个样品, 分成 2 份, 1 份常温保存, 1 份置于 4 °C 的便携式冰箱保存, 土壤样品带回试验室后进行下一步测定。采用重铬酸钾滴定法测定有机质, 半微量开氏法测定全氮, 碱解扩散法测定速效氮, 0.5 mol/L NaHCO₃ 法测定速效磷, 火焰光度计法测定速效钾, NaOH 熔融—钼蓝比色法测定全磷, NaOH 熔融—火焰光度计法测定土壤全钾, 电导率法测定土壤盐分^[14-15]。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2007 软件处理数据和作图, 采用 SPSS 12.0 软件的 LSD 法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆砂年限果园砂土混合层变化规律

不同覆砂年限果园砂土混合层变化分析结果见表 1。种植 1 a 的新果园, 砂土比为 9.16, 含水量仅为 9.84%, 而含砂量高达 90.16%; 覆砂 7 a 时, 砂土比下降为 5.54, 含水量为 15.30%, 含砂量达 84.70%。说明随着覆砂年限的延长, 压砂地覆砂层砂土比、含砂量呈下降趋势。连续砂覆盖 15 a 后, 砂土比低于 2.0, 砂层含水量 38.48%, 含砂量降至 61.55%。而撂荒砂地砂土比和含砂量有所增加, 砂土比为 3.58, 含砂量为 78.19%。

2.2 不同覆砂年限果园土壤水分变化规律

由表 2 可以看出, 砂覆盖后土壤各层次的含水量均明显高于原生地, 随覆砂年限的增加呈先升高后降低的趋势, 撂荒砂地又增加。砂覆盖 1 a 后, 土壤的平均含水量比原生地增加了 8.6 mg/g, 而砂覆盖植 3 a 后土壤各层平均水分含量相对于原生地高 13.1 mg/g。砂覆盖 15 a 后, 土壤 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 mm 土层含水量比原生地高 2.4、3.5、4.0、4.4、4.7 mg/g。撂荒

地由于人为扰动较少, 土壤含水量较高。

2.3 不同覆砂年限果园土壤养分变化规律

2.3.1 有机质 不同覆砂年限果园 0~60 cm 土壤有机质变化规律如表 3、图 1 所示。果园土壤砂覆盖经多年种植后, 土壤有机质随年限增加呈先增加后降低的趋势, 各处理变化幅度为 6.20~12.49 g/kg, 多年平均含量为 9.78 g/kg。砂覆盖 15 a 果园土壤平均有机质含量较砂覆盖 3、7 a 分别降低了 4.03、2.37 g/kg, 而撂荒砂覆盖地平均有机质含量

表 1 不同覆砂年限果园砂土混合层变化

处理	<0.3 mm /(土/g)	0.3~1.0 mm /(砂/g)	1~8.0 mm /(砂/g)	>8.0 mm /(砂/g)	含土量 /%	含砂量 /%	砂土比
1 a	35.75	65.50	82.80	179.30	9.84	90.16	9.16
3 a	31.57	61.14	76.62	132.67	10.45	89.55	8.57
7 a	43.55	69.50	67.83	103.84	15.30	84.70	5.54
15 a	103.38	57.37	38.97	69.14	38.45	61.55	1.60
wasted	60.82	72.89	54.12	91.01	21.81	78.19	3.59

表 2 不同覆砂年限果园土壤含水量

处理	含水量/(mg/g)				
	0~20 mm	20~40 mm	40~60 mm	60~80 mm	80~100 mm
1 a	18.2	17.6	15.8	14.4	15.3
3 a	22.3	21.1	20.5	18.8	20.8
7 a	16.4	15.9	14.7	14.5	15.3
15 a	10.8	11.0	11.3	11.5	12.6
wasted	16.7	17.7	18.4	20.2	22.3
原生地	8.4	7.5	7.3	7.1	7.9

表 3 不同覆砂年限果园土壤养分含量

处理	土壤深度 /cm	碱解氮 /(mg/g)	速效磷 /(mg/kg)	速效钾 /(mg/kg)	全氮 /(g/kg)	全磷 /(g/kg)	全钾 /(g/kg)	有机质 /(g/kg)	pH
1 a	20	33.55	8.63	169.41	0.63	0.63	18.67	8.88	9.37
	40	18.97	1.75	110.83	0.47	0.61	17.16	5.80	8.28
	60	27.53	0.97	86.08	0.37	0.52	18.05	3.92	8.50
3 a	20	52.66	37.89	277.38	1.16	0.81	21.17	12.41	6.96
	40	36.58	5.55	240.66	0.97	0.78	20.82	13.00	7.44
	60	26.22	3.73	151.05	0.81	0.47	19.89	12.05	7.16
7 a	20	43.94	12.88	285.01	0.78	0.83	20.99	10.67	7.20
	40	33.59	21.00	236.19	0.77	0.82	21.77	10.44	7.69
	60	23.32	2.70	118.87	0.55	0.75	19.88	11.38	7.34
15 a	20	35.13	8.49	175.99	0.79	0.49	20.61	10.13	7.28
	40	37.90	4.25	139.14	0.79	0.82	18.58	9.45	7.57
	60	35.15	4.42	151.51	0.71	0.87	20.73	5.81	7.58
wasted	20	23.36	3.47	74.37	0.63	0.42	13.22	12.02	7.54
	40	22.65	3.29	70.45	0.57	0.48	12.84	11.20	7.13
	60	26.41	2.88	68.69	0.54	0.37	12.75	9.60	7.38

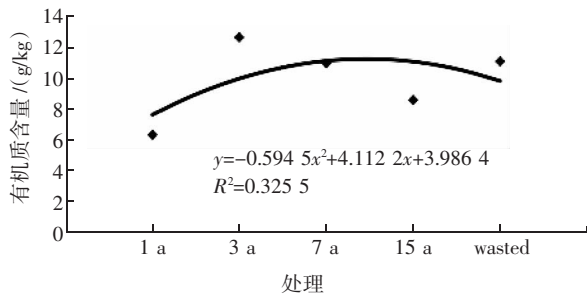


图1 不同覆砂年限果园土壤有机质含量

比砂覆盖 15 a 增加了 2.48 g/kg。

2.3.2 全氮、碱解氮 从表 3、图 2 可以看出, 不同覆砂年限果园 0~60 cm 土壤全氮与碱解氮含量呈抛物线变化规律, 不同覆砂年限果园土壤全氮含量为 0.49~0.98 g/kg, 多年平均含量为 0.70 g/kg。1~3 a 砂覆盖全氮含量呈增加趋势, 随覆盖时间的延长, 耕层全氮含量逐渐降低。与 3 a 砂覆盖土壤相比, 15 a 砂覆盖土壤平均全氮含量降低了 0.22 g/kg, 撂荒地降低了 0.40 g/kg。砂覆盖碱解氮含量为 24.14~38.49 mg/g, 多年平均含量为 31.80 mg/g。3 a 砂覆盖土壤平均碱解氮含量达 38.49 mg/g, 比砂覆盖 1 a 增加了 11.81 mg/g; 撂荒地土壤平均碱解氮含量比 3 a 砂地降低了 14.35 mg/g。

2.3.3 速效磷、速效钾 由表 3、图 3 可以看出, 长期砂覆盖后速效磷含量为 3.21~15.72 mg/kg, 多年平均含量为 8.13 mg/kg。长期砂覆盖后速效钾含

量为 71.17~223.03 mg/kg, 多年平均含量为 157.04 mg/kg。3 a 覆砂土壤速效磷含量最高, 撂荒地含量最低。

2.4 不同覆砂年限果园土壤全盐变化规律

由表 3、图 4 可以看出, 随覆砂年限增长土壤全盐含量呈先升高后降低的趋势, 砂田可有效降低土壤盐渍化程度。在砂覆盖 1、3、7 a, 土壤全盐含量随种植年限的增加呈增加的趋势, 砂覆盖 7 a 时最高, 为 0.236 g/kg, 砂覆盖 15 a 后随种植年限增加而降低。

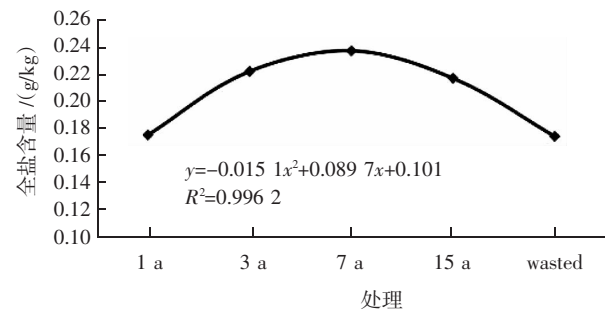


图4 不同覆砂年限果园土壤全盐含量

3 讨论与结论

随种植年限的增加, 新砂田过渡到老砂田, 砂田的土砂比、含水量、养分含量、盐分含量都发生了明显的变化, 加速了砂田的退化。砂田覆砂层土砂比和含水量随覆砂年限呈上升趋势, 研究表明

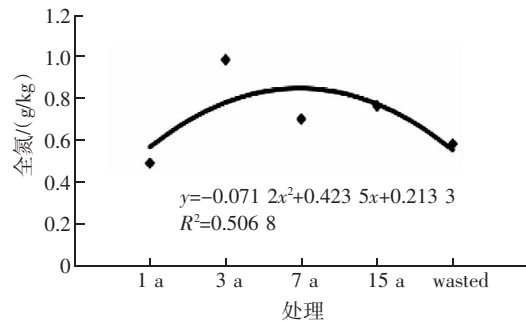
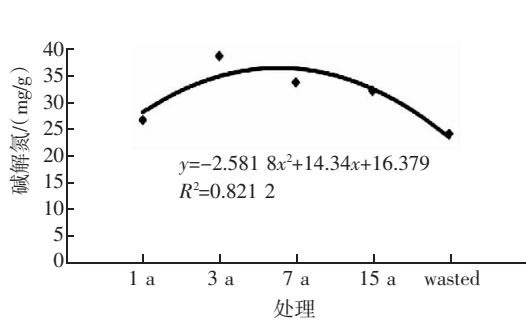


图2 不同覆砂年限果园土壤碱解氮、全氮含量

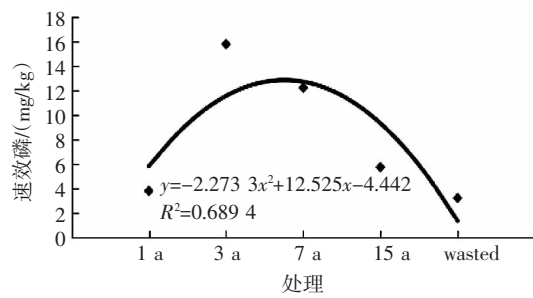
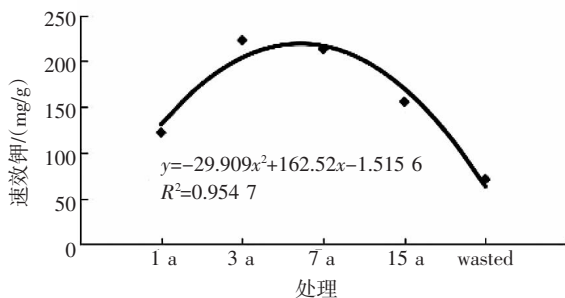


图3 不同覆砂年限果园土壤速效磷、速效钾含量

连续种植 1~17 a 砂田的土砂比由 0.1 增加至 0.8, 含土量由 9.4% 增加至 36.2%^[16]。胡景田^[17]通过对连续种植 1、3、5、10、15、25 a 的砂田与土田对比发现, 砂田土壤中砂粒含量年均增加 14.6%~19.0%, 土壤含砂量随砂田种植年限的增加呈逐渐增加趋势。许强等^[18]研究表明, 砂田连续种植 36 a 后, 覆砂层含土量从 9.2% 增加到 36.2%, 土砂比从 0.1 增加到 0.6, 含砂量从 90.8% 降低到 63.9%。杜延珍^[19]研究发现, 当砂石层混入土粒超过 2/3 时, 砂田特殊功效几乎丧失。本研究发现, 种植 1、3、7、15 a 砂田砂土比由 9.16 降低至 1.60, 而撂荒地增加至 3.59, 可能是由于撂荒地长期没有耕种, 减少了人畜的践踏和生态扰动, 加之砂石中含土量被降水冲刷至底部土壤所致。说明压砂地连续种植数年后休闲 1~2 a, 砂地性能有一定的恢复。

新铺设砂田与中老砂田相比, 不同深度土壤含水量不同, 且随着种植年限的增加缓慢下降。白晓宁^[20]研究发现覆砂 2、10、17、36 a 年砂田 0~70 cm 各土层含水量随种植年限的增加变化较大, 不同覆砂年限与 36 a 相比均有所下降, 平均土壤含水量下降了 5.0%, 土壤保水蓄水性能随覆砂年限的延长而下降。许强等^[21]通过比较 1 a 砂田不同时期土壤含水量变化, 发现砂田土壤含水量均高于裸田, 砂田不同深度土壤水分含量呈上高下低的规律; 4—5 月份 0~40 cm 砂田土壤平均含水量为 14.6%, 裸田为 11.1%。谭军利等^[22]研究发现, 与不覆砂相比, 不同覆砂厚度均能大幅度保蓄土壤水分, 抑制土壤盐分表聚。本研究发现, 砂田近地表含水量较低, 砂覆盖植 3 a 后土壤各层平均水分含量较原生地高 13.06%, 可能是因为 3 a 砂覆盖后, 砂砾石的增温保墒抑蒸功效初步显现。撂荒地人为扰动较少, 土壤含水量较高, 接近地表的土壤由于砂土的混合使得土壤的毛细管得以修复, 砂砾石的覆盖使水分上传功能减弱, 故地表土壤含水量较低; 而深层土壤的水分蒸发较慢, 含水量较高。砂覆盖 15 a 后, 土壤 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 mm 土层含水量比原生地高 2.4、3.5、4.0、4.4、4.7 mg/g。本研究结果进一步表明, 在干旱、半干旱丘陵沟壑区, 砂覆盖能抑蒸蓄墒, 即便是撂荒废弃砂田, 其功

能仍优于原生田地。

土壤有效养分含量随种植年限增加, 先升后降的变化规律寓意砂田潜在肥力由于地温升高和水分含量增加所带来的积极作用是有限的, 一定种植后, 潜在肥力基本消失, 造成土壤肥力下降^[23-25]。本研究中, 不同覆砂年限果园 0~60 cm 土壤有机质、土壤全氮与碱解氮、全磷及速效磷、全钾及速效钾、全盐含量变化均呈抛物线变化趋势, 即先增加后降低。3 a 砂覆盖土壤全氮和碱解氮含量增加, 可能是砂覆盖后地温和土壤含水量的增加, 加速了有机质的分解, 提高了肥料利用率。之后全氮和碱解氮都迅速下降, 则是由于长期不施肥或少施肥, 土壤肥力下降, 砂田耕地质量变差。砂层砂土比、含砂量下降, 土砂混合程度加大, 土壤水分、矿质元素、全盐含量表现先增后降的规律, 这是砂田衰退的主要特征。

参考文献:

- [1] 陈年来, 刘东顺, 王晓巍, 等. 甘肃砂田的研究与发展[J]. 中国瓜菜, 2008(2): 29-31.
- [2] 杨来胜, 席正英, 李玲, 等. 砂田的发展及其应用研究(综述)[J]. 甘肃农业, 2005(7): 72.
- [3] 马忠明, 杜少平, 薛亮. 砂田西瓜甜瓜生产现状、存在的问题及其对策[J]. 中国瓜菜, 2010, 23(3): 60-63.
- [4] 李丁仁, 鲁长才, 周旋, 等. 宁夏压砂地生产现状与可持续发展建议[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(1): 1-3; 42.
- [5] 张辉, 宋琳, 陈晓琳, 等. 土壤退化的原因与修复作用研究[J]. 海洋科学, 2020, 44(8): 147-161.
- [6] 郝爱华, 薛娴, 彭飞, 等. 青藏高原典型草地植被退化与土壤退化研究[J]. 生态学报, 2020, 40(3): 964-975.
- [7] KHALEDIAN Y, KIANI F, EBRAHIMI S, et al. Assessment and monitoring of soil degradation during land use change using multivariate analysis[J]. Land Degradation & Development, 2017, 28(1): 128-141.
- [8] 石杰. 利用紫花苜蓿和根际有益微生物修复库区低肥力土壤的可行性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [9] 谢忠奎. 黄土高原荒漠草原区典型生态系统人工干预的水分效应研究[D]. 兰州: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 2006.
- [10] LI X Y, GONG J D, GAO Q Z, et al. Rainfall interception loss by pebble mulch in the semiarid region of China

- [J]. *Journal of Hydrology*, 2000, 228(3-4): 165-173.
- [11] 王 平, 谢成俊, 陈 娟. 不同种植年限砂田水盐变化与砂田退化初探[J]. *水土保持通报*, 2012, 32(2): 251-254.
- [12] 马忠明, 杜少平, 薛 亮. 覆砂年限对砂田砂层质量、土壤水热状况及西瓜生长的影响[J]. *中国沙漠*, 2013, 33(5): 1433-1439.
- [13] 杜敏晴, 伍仁军, 杨民烽, 等. 烘干称重法与 TDR 法观测土壤湿度的比较研究[J]. *水土保持应用技术*, 2018(4): 7-9.
- [14] 鲍士旦. *土壤农化分析*[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 罗国安, 沙达提·阿布拉提. 基于 Fuzzy 法的木垒县农业土壤肥力评价[J]. *寒旱农业科学*, 2024, 3(7): 666-671.
- [16] 强 力. 砂田生态效益及主栽作物西瓜的水肥耦合效应研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2008.
- [17] 胡景田. 宁夏中部干旱区压砂利用对土壤质量的影响研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2010.
- [18] 许 强, 吴宏亮, 康建宏, 等. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(1): 37-41.
- [19] 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): 40-43; 66.
- [20] 白晓宁. 香山压砂瓜节水补灌技术应用研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2010.
- [21] 许 强, 强 力, 吴宏亮, 等. 砂田水热及减尘效应研究[J]. *宁夏大学学报(自然科学版)*, 2009, 30(2): 180-182.
- [22] 谭军利, 王西娜, 金慧娟, 等. 微咸水灌溉下砂层级配及覆砂厚度对土壤水盐运移的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2020, 39(9): 7-13.
- [23] 王亚军, 谢忠奎, 张志山, 等. 甘肃砂田西瓜覆膜补灌效应研究[J]. *中国沙漠*, 2003(3): 94-99.
- [24] 丁秀玲, 许 强. 不同覆盖方式下的西瓜地养分对比研究[J]. *北方园艺*, 2010(18): 23-26.
- [25] 贾振江, 刘学智, 李王成, 等. 旱区连作砂田土壤质量和土地生产力演变与调控研究进展[J]. *生态学报*, 2024, 44(5): 2136-2148.