

石伟业,何文寿,李惠霞,等. 粉垄耕作对土壤理化性质和水稻生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(1):232-238.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.034

# 粉垄耕作对土壤理化性质和水稻生长及产量的影响

石伟业<sup>1</sup>, 何文寿<sup>1</sup>, 李惠霞<sup>1</sup>, 何进宇<sup>2,3,4</sup>, 陈彦云<sup>5</sup>

(1. 宁夏大学农学院,宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学土木与水利工程学院,宁夏银川 750021;

3. 宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心,宁夏银川 750021;

4. 旱区现代农业水资源高效利用教育部工程研究中心,宁夏银川 750021; 5. 宁夏大学生命科学学院,宁夏银川 750021)

**摘要:**为探究不同粉垄耕作深度对土壤物理性质、养分和水稻产量的影响,探索适宜的粉垄耕作深度,在宁夏平罗县前进农场开展大田试验,以传统旋耕为对照,设置不同粉垄(FL)深度(30、40、50、60 cm)为试验处理,着重研究土壤容重、孔隙度等土壤物理性质和速效养分与有机质含量等养分指标受粉垄深度影响的规律。结果表明,粉垄耕作可显著降低土壤容重,在 0~20 cm 土层,粉垄处理较 CK 相比最多降低 7.75%,在 20~40 cm 土层最多降低 6.90%,在 40~60 cm 土层 FL60 可降低 7.59%,粉垄处理与 CK 相比可以显著增加土壤总孔隙度;粉垄处理各层次土壤含水率均高于 CK,说明粉垄耕作可以增强土壤的蓄水能力。粉垄耕作可促进水稻对速效养分和碱解氮的吸收,粉垄处理的碱解氮含量较 CK 平均降低 29.82%~43.53%,速效磷含量较 CK 平均降低 35.18%~68.09%。偏生产力均以 FL50 处理最高,分别为 52.20、128.50、278.43 kg/kg,与 CK 相比均提升 25.45%。粉垄耕作可以显著提高水稻的籽粒产量,产量表现为 FL50 最佳,平均达到 668.22 kg/666.7 m<sup>2</sup>,与 CK 相比增加 25.45%。说明粉垄耕作可以改善土壤耕层状况,改善土壤的透水透气能力及养分利用效率,为水稻的生长发育提供一个良好的土壤环境,从而实现增产增收,本研究可为宁夏北部推广粉垄耕作技术提供理论依据。

**关键词:**粉垄耕作深度;水稻;土壤环境;产量

**中图分类号:**S158;S511 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)01-0232-06

宁夏引黄灌区是全国重要的水稻生产地之一,素有“塞上江南”的美誉<sup>[1]</sup>。该地区属于干旱半干旱地区,常年降水稀少,大部分降水集中于夏季,但年均蒸发量大,导致土壤板结和盐碱化问题严重,很大程度上制约了传统水稻的生产<sup>[2]</sup>。

近年来,由于分散管理,农户对大型耕作机械使用的频率和积极性一般,多采用浅翻耕等耕作措施,但长期翻耕会导致耕层变浅,犁底层上移,土壤紧实度增加,透水透气性能差,影响作物根系发育和对养分的吸收利用,降低了作物的产量,制约了农业经济的可持续发展<sup>[3-4]</sup>。因此,通过耕作措施

改变土壤耕层的结构,调节土壤的紧实程度和三相比例,协调好土壤内部水、肥、气、热的关系,是改善土壤状况和作物生长的有效措施<sup>[5-6]</sup>。粉垄耕作不同于传统的耕作方式,通过利用专用机械垂直螺旋型钻头,按照作物种植需求将土壤旋磨粉碎并自然悬浮成垄,可以在尽可能少地打乱土层的情况下打破犁底层,一次作业即完成深松、深耕与整地<sup>[7]</sup>,简化了耕地作业的程序,为解决长期制约作物生长的问题和改善土壤耕层结构提供了一个新的思路和方法。

通过综述现有研究成果发现,一方面,前人研究多局限于不同耕作措施对土壤理化性质和作物生长的影响,对同一耕作措施下不同耕作深度对其影响的试验研究较少;另一方面,粉垄耕作技术目前已在小麦<sup>[8]</sup>、玉米<sup>[9]</sup>和马铃薯<sup>[10]</sup>等作物上产生了较多研究成果,但涉及传统淹灌水稻的研究较少。本研究通过应用粉垄耕作技术在宁夏北部地区常年稻田开展试验,以传统旋耕为对照,设置不同粉垄耕作深度,重点探讨粉垄耕作前、水稻收获后土壤重要的物理性质、土壤养分以及水稻的生长特性

收稿日期:2022-03-08

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划重大项目(编号:2019BBF02006-1);宁夏高等学校一流学科建设项目(编号:NXYLKX2021A03);宁夏大学大学生创新创业训练计划(编号:G2021107490024);宁夏大学博士科研启动基金。

作者简介:石伟业(1997—),男,内蒙古阿拉善人,硕士研究生,研究方向为土壤养分与耕作。E-mail:swy2722576955@163.com。

通信作者:何进宇,宁夏银川人,博士,副教授,研究方向为农业水资源高效利用。E-mail:hejinyu2017@163.com。

和产量的变化,分析粉垄耕作对土壤理化性质的影响以及粉垄耕作深度与水稻生长的关系,为干旱半干旱地区推广粉垄耕作技术和改善农业土壤环境提供科学依据和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料与概况

试验地位于宁夏平罗县前进农场(38°42'N、106°20'E,海拔 1 105 m),该地区年均降水 173 mm,多集中于 7、8 月,日照充足,年均蒸发量 1 755 mm。试验地常年稻作,往年常用耕作方式为传统旋耕,土壤为潮灌淤土。供试水稻品种为长粒优,生育期 130 d 左右。试验地土壤初始理化性质如表 1 所示。

表 1 试验区土壤初始理化性质

土层深度 (cm)	含水率 (%)	容重 (g/cm <sup>2</sup> )	孔隙度 (%)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)	pH 值	水溶性盐含量 (g/kg)
0~20	18.34	1.52	42.66	101.11	51.28	258.28	33.01	8.62	0.83
20~40	17.43	1.55	41.52	82.91	27.49	287.25	20.91	8.67	0.81
40~60	16.67	1.56	40.97	80.11	14.16	313.58	15.68	8.64	0.78

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤容重和孔隙度 在试验地耕作前和收获后,各处理使用环刀取样法分别测定 0~20、20~40、40~60 cm 等 3 个层次的土壤容重和孔隙度。同时使用铝盒采集每个层次的土样。

1.3.2 土壤含水率 在试验地耕作前和收获后,采用铝盒烘干法分别测定 0~20、20~40、40~60 cm 等 3 个层次土壤的含水率。

1.3.3 土壤养分 在试验地耕作前和收获后,按五点取样法分别采集 0~20、20~40、40~60 cm 等 3 个层次的土壤,土样混合后按四分法留 1 kg,经风干、除杂、研磨后用于养分测定。土壤碱解氮、速效磷、速效钾和有机质含量分别使用碱解扩散法、0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提-钼锑抗比色法、乙酸铵浸提-火焰光度法和重铬酸钾容量法-硫酸氧化法进行测定。

1.3.4 水稻根系活力 播种 50 d 后,在每个小区选取 10 株具有代表性且长势一致的健壮植株,剪下根系冲洗干净,放入装有冰袋的保温样品收纳箱内,迅速带回实验室,取白根的根尖部位,使用 TTC 法测定根系活力<sup>[11]</sup>。

1.3.5 水稻的生长特性及产量 试验水稻成熟后,每个处理小区内分 3 个不同位置各采 3 组样品,自

1.2 试验设计与实施

试验采用单因素随机区组设计,于 2021 年 4 月 12 日在耕作前取样,耕作前样品代号为 BF(before treating),13 日开始耕作,以传统旋耕(耕作深度约 15 cm)为对照(CK),分别设置粉垄耕作(FL)深度 30、40、50、60 cm,共 5 个试验处理,每个处理重复 3 次,处理小区的长度为 44 m,宽度为 12 m。边缘设置宽度 50 m 的保护行,以确保中心试验不受外因素影响。5 月 4 日播种,采用催芽撒播技术,各处理一次性施入荣和大三元一次性控释肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 32%、13%、6%),施用量为 600 kg/hm<sup>2</sup>,9 月 20 日测产并取样。试验其他田间管理措施均保持一致。

然晾干后,进行考种和产量测定,分别记录秸秆高度、茎粗、穗长、穗粒数、千粒质量等生长特性。

1.3.6 统计方法 所有数据采用 Microsoft Office Excel 2021 和 SPSS 25 软件进行数据处理及分析,采用最小显著差异法(least significant difference, LSD)进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式和深度对土壤容重、总孔隙度和土壤含水率的影响

土壤容重和孔隙度综合反映了土壤颗粒和孔隙的状况,是反映土壤松紧程度的重要指标,它直接影响土壤的透水透气能力,间接影响作物根系的下扎和对土壤养分与水分的利用,对作物的生长发育起重要作用。通过表 2 可知,各处理土壤容重整体呈现随土层深度的增大而逐渐增加的趋势,且深层土壤的容重变化幅度趋于平缓。试验田在耕作处理前 0~20、20~40、40~60 cm 容重分别为 1.52、1.55、1.56 g/cm<sup>2</sup>,经过耕作处理后,收获期 FL50 处理在 0~20 cm 层土壤容重最低,较耕作前和 CK 分别显著降低 6.58% 和 7.19%,20~40 cm 土层粉垄处理容重都比较低,较 CK 分别显著降低 6.45% 和 5.84%;40~60 cm,土层 FL60 最低,较耕作前、CK

和 FL30 分别显著降低 7.05%、7.05%、2.03%。

土壤总孔隙度与容重变化趋势相反,在 0 ~ 20 cm 土层以 FL50 处理最高,较 CK 显著增加 9.54%,20 ~ 40 cm 土层仍以 FL50 最高,较 CK 显著增加 8.12%,40 ~ 60 cm 土层 FL60 最高,较 CK 显著增加 9.45%。可见,FL50 和 FL60 对试验田的土壤容重和孔隙度均有显著改善。

水分是制约旱地作物生长发育的重要因素<sup>[12]</sup>,面对近年来长期干旱、降水稀少的问题,土壤的蓄水能力显得尤为重要。通过表 2 可以看出,粉垄处理在 0 ~ 20 cm 处的土壤含水率均高于 CK,FL40 和 FL50 与 CK 相比差异显著,分别增加了 5.51%、8.69% 和 16.86%。在 20 ~ 40 cm 处含水率差异不显著,在 40 ~ 60 cm 处表现为 FL30 与 CK 显著高于其他处理,分别为 24.91% 与 24.59%。

表 2 不同耕作方式和深度对 0 ~ 60 cm 土壤容重、孔隙度和含水率的影响

土层深度 (cm)	处理	容重 (g/cm <sup>2</sup> )	总孔隙度 (%)	土壤含水率 (%)
0 ~ 20	BF	1.52 ± 0.01a	42.66 ± 0.38b	18.34 ± 0.94d
	CK	1.53 ± 0.03a	42.26 ± 1.00b	27.40 ± 0.17c
	FL30	1.45 ± 0.01b	45.28 ± 0.38a	28.91 ± 0.60bc
	FL40	1.43 ± 0.02b	45.91 ± 0.58a	29.78 ± 1.78b
	FL50	1.42 ± 0.02b	46.29 ± 0.58a	32.02 ± 1.60a
	FL60	1.43 ± 0.01b	46.17 ± 0.22a	27.47 ± 0.23c
20 ~ 40	BF	1.55 ± 0.01a	41.52 ± 0.38b	17.43 ± 0.95b
	CK	1.54 ± 0.03a	41.88 ± 1.00b	27.11 ± 2.51a
	FL30	1.46 ± 0.01b	44.78 ± 0.22a	29.89 ± 4.02a
	FL40	1.45 ± 0.02b	45.16 ± 0.58a	29.15 ± 0.80a
	FL50	1.45 ± 0.01b	45.28 ± 0.38a	26.68 ± 0.81a
	FL60	1.45 ± 0.02b	45.16 ± 0.58a	26.36 ± 0.57a
40 ~ 60	BF	1.56 ± 0.02a	40.97 ± 0.57c	16.67 ± 0.21b
	CK	1.56 ± 0.02a	41.26 ± 0.79c	24.59 ± 2.43a
	FL30	1.48 ± 0.01b	44.15 ± 0.38b	24.91 ± 3.31a
	FL40	1.46 ± 0.01bc	44.78 ± 0.22ab	19.62 ± 0.50b
	FL50	1.47 ± 0.02bc	44.65 ± 0.58ab	20.22 ± 1.64b
	FL60	1.45 ± 0.01c	45.16 ± 0.21a	18.78 ± 0.64b

注:同列数据后不同小写字母代表 0.05 水平上差异显著,下同。

2.2 不同耕作方式和深度对土壤养分的影响

水稻的生长、高产及品质受多种因素的影响,除了土壤物理性质外,有研究指出,水稻根系的状况能够显著影响水稻的产量增长和品质提升<sup>[13]</sup>。也有研究认为,水稻受干物质积累及氮素养分的影响<sup>[14]</sup>。一个良好的土壤状态与合适的耕层结构可

以为水稻的生长发育提供足够的养分供给。试验地在耕作前土壤紧实度较高,透水性能较差,不利于养分随水分的运移与活动,加之春天季风的影响,易造成水分蒸发过快,产生养分聚集于表层土壤的情况,因此,保持养分传输路径通畅,才能保证水稻根系较好地吸收养分,从而促进植株生长发育。

通过表 3 和表 4 可知,粉垄处理土壤碱解氮含量显著低于 CK,其中,40 ~ 60cm 土层差异显著,FL30、FL40、FL50、FL60 处理与 CK 相比分别降低 21.17%、39.74%、40.95%、39.08%,平均含量分别降低了 30.33%、23.54%、26.10%、22.97%。速效磷含量同碱解氮相似,FL40 与 FL50 处理在 20 ~ 40 cm 与 40 ~ 60 cm 的含量均显著低于 CK,它们在 0 ~ 60 cm 的平均速效磷含量较 CK 降低 40.51% ~ 36.64%。速效钾含量在 0 ~ 20 cm 土层以 FL30 含量最高,FL60 与 CK 紧随其后,与其他处理相比差异显著,在 20 ~ 40 cm 分布较均匀且差异不显著,在 40 ~ 60 cm 层次以 FL30、FL40 较高,与 CK 相比分别提升 15.66% 和 16.51%。有机质含量在 0 ~ 20 cm 土层以 FL30、FL40 处理和 CK 显著高于 FL50、FL60 处理,在 20 ~ 40 cm 分布均匀,各处理间差异不显著,在 40 ~ 60 cm 以 FL60 与 CK 较高,FL40、FL30 与 FL50 依次降低。其中 CK 平均含量最高,为 26.16 g/kg。

2.3 不同耕作方式和深度对水稻根系活力的影响

根系活力是评价作物根系吸收水分与营养物质强度的特征之一,对作物地上部的养分供应和产量具有重要的影响。通过图 1 可知,播种 50 d 后,粉垄耕作处理的根系活力均大于 CK,分别为 87.24、96.50、122.23、120.51、62.22 mg/(g·h),较 CK 分别提高 40.21%、55.09%、96.45%、93.68%。

2.4 不同耕作方式和深度对水稻生长特性和产量的影响

通过表 5 可以看出,粉垄处理的株高高于 CK,但差异不显著,与 CK 相比分别增加 4.4、4.5、7.4、6.4 cm,茎粗、穗粒数之间差异不显著,粉垄处理的千粒质量均高于 CK,与 CK 相比分别增加 5.50%、4.80%、9.15%、5.37%。FL50 产量最高,平均达到 668.22 kg/666.7 m<sup>2</sup>,与 CK 相比提高 25.45%。

2.5 不同耕作方式和深度对水稻偏生产力的影响

肥料偏生产力 (partial factor productivity, PFP) 是反映当地土壤基础养分水平和化肥施用量综合效应的重要指标<sup>[21]</sup>。根据施肥量与产量计算水稻

表 3 不同耕作方式和深度对 0 ~ 60 cm 土壤养分的影响

土层深度 (cm)	处理	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)
0 ~ 20	BF	101.11 ± 0.97f	51.28 ± 2.10a	258.28 ± 3.95d	33.01 ± 1.38a
	CK	227.97 ± 1.46a	41.88 ± 1.71b	329.38 ± 7.90b	32.80 ± 0.64a
	FL30	213.73 ± 2.46b	42.81 ± 0.23b	371.51 ± 17.81a	32.70 ± 0.47a
	FL40	192.97 ± 2.91d	31.15 ± 1.15c	308.31 ± 2.28c	32.29 ± 0.81a
	FL50	173.13 ± 1.46e	26.42 ± 2.31d	314.90 ± 9.94bc	29.01 ± 0.47b
	FL60	201.37 ± 7.05c	33.50 ± 0.96c	328.06 ± 2.28b	29.83 ± 0.31b
20 ~ 40	BF	82.91 ± 1.50d	27.49 ± 0.20e	287.25 ± 29.12b	20.91 ± 9.06a
	CK	196.47 ± 5.06ab	46.81 ± 1.10a	367.56 ± 12.70a	23.47 ± 3.40a
	FL30	204.87 ± 4.28a	44.15 ± 1.55b	372.83 ± 7.90a	26.86 ± 0.47a
	FL40	174.30 ± 3.70c	28.49 ± 0.53e	372.83 ± 3.95a	27.16 ± 0.18a
	FL50	167.53 ± 23.45c	35.35 ± 0.70d	363.61 ± 6.03a	24.91 ± 0.62a
	FL60	176.87 ± 3.98bc	40.13 ± 1.48c	364.93 ± 7.90a	19.27 ± 0.17a
40 ~ 60	BF	80.11 ± 1.05d	14.16 ± 5.25c	313.58 ± 3.95c	15.68 ± 1.06c
	CK	179.67 ± 2.83a	34.56 ± 1.73a	310.95 ± 6.03c	25.83 ± 0.31a
	FL30	141.63 ± 4.92b	23.16 ± 1.01b	359.66 ± 6.03a	17.42 ± 1.75c
	FL40	108.27 ± 4.66c	13.69 ± 0.20c	362.30 ± 9.94a	21.02 ± 0.64b
	FL50	106.10 ± 2.52c	16.36 ± 0.75c	320.16 ± 6.03bc	12.61 ± 0.81d
	FL60	109.45 ± 1.40c	17.55 ± 0.90c	332.01 ± 9.94b	25.42 ± 1.45a

表 4 不同耕作方式和深度下 0 ~ 60 cm 土壤养分均值

处理	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)
CK	201.37	41.08	344.84	26.16
FL30	140.30	27.59	368.00	25.66
FL40	153.96	24.44	347.81	26.53
FL50	148.81	26.03	342.90	23.74
FL60	155.12	30.39	347.29	25.08

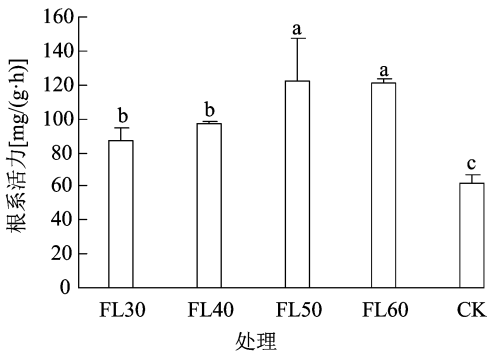


图1 不同耕作方式和深度对水稻根系活力的影响

表 5 不同耕作方式和深度下水稻生长特性和产量的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	产量 (kg/666.7 m <sup>2</sup> )
CK	90.90 ± 10.56a	5.49 ± 1.00a	91.50 ± 44.01a	24.38 ± 1.20b	532.66 ± 3.81b
FL30	95.30 ± 5.29a	5.37 ± 0.94a	122.00 ± 38.18a	25.72 ± 0.71ab	609.11 ± 44.52ab
FL40	95.40 ± 5.64a	5.28 ± 0.56a	97.60 ± 36.07a	25.55 ± 0.83ab	653.98 ± 69.88a
FL50	98.30 ± 5.60a	5.78 ± 0.66a	108.40 ± 31.23a	26.61 ± 0.68a	668.22 ± 51.57a
FL60	97.30 ± 6.07a	5.22 ± 1.01a	103.70 ± 58.90a	25.69 ± 1.25ab	645.68 ± 15.51a

的偏生产力,结果如图 2 所示。FL40、FL50、FL60 的氮肥偏生产力(N, PFP)分别为 51.09、52.20、50.44 kg/kg,均显著高于 CK;磷肥偏生产力(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, PFP)分别为 125.77、128.50、124.17 kg/kg,也显著高于 CK;钾肥偏生产力(K<sub>2</sub>O, PFP)分别为 272.49、278.43、269.03 kg/kg。水稻氮、磷、钾的偏生产力均

以 FL50 处理最高,分别为 52.20、128.50、278.43 kg/kg,与 CK 相比均提升 25.45%。

2.6 作物产量与耕作深度的效应函数特征

对水稻产量进行拟合(图 3),水稻产量随耕作深度的增加呈现先增高后降低的变化趋势。通过方程拟合,水稻产量拟合方程为:

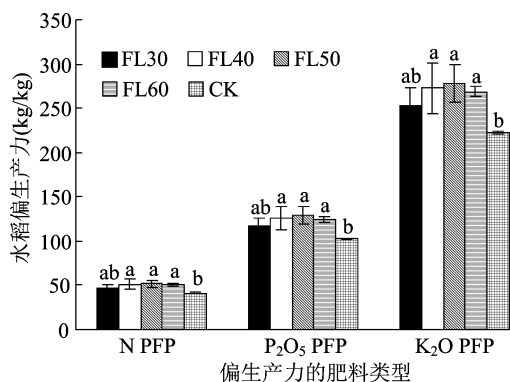


图2 粉垄耕作处理后水稻养分偏生产力的变化

$$y = -0.108 3x^2 + 10.796x + 391.97, r^2 = 0.985 1.$$

当耕作深度为 49.8 cm 时,水稻产量最高,为 661.0 kg/666.7 m<sup>2</sup>。因此,该试验区粉垄耕作深度为 49.8 cm 时,水稻可获得高产。

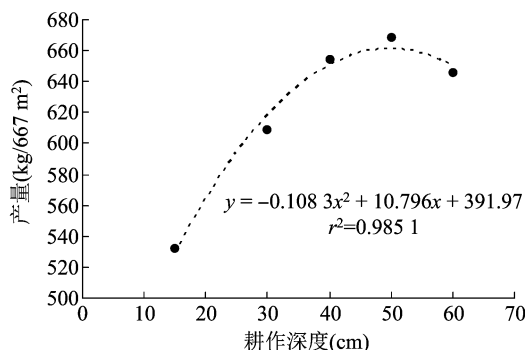


图3 耕作深度与水稻产量的关系

### 3 讨论

土壤容重影响着土壤水分与养分的含量、分布,是评价土壤质量的重要物理性质<sup>[15]</sup>,通过传统旋耕为对照,设置不同粉垄深度处理对试验水稻田进行耕作后发现,粉垄耕作可以显著降低土壤容重,增加土壤总孔隙度,这与前人多项研究结果<sup>[16-18]</sup>一致,说明粉垄耕作可以有效改善土壤的耕层结构,降低土壤的紧实程度,有利于水分的运输与作物根系的发育<sup>[19]</sup>。但同时也应该注意,过大的耕作深度在依赖水分供给和对土壤温度比较敏感的水田栽植水稻上应结合具体情况谨慎应用<sup>[20]</sup>,虽然深耕与粉垄在一定程度上可以促进水分的下渗和贮存,以应对长期干旱,但在需水量较大的生育时期需要一定的水分维持作物生长。

本试验中,在管理措施、施肥方式和用量一致的情况下,粉垄耕作处理与传统耕作处理相比,其水稻产量更高,分析其原因,主要为以下 2 个方面:

首先,粉垄可以通过深松、深耕并将土粒打磨切割细碎,营造了适宜的土壤紧实度、孔隙度和土粒结构,有利于水分的入渗、运移和贮存,加速了养分随水分的运移与淋溶,在一定程度上增加了土壤养分的活性。另一方面,由于土壤耕层状态的改变和孔隙度的提高,有利于水稻根系的生长与下扎,根系作为作物吸收水分与营养物质的重要器官,在疏松的土壤环境中可以更高效地吸收土壤中的养分,粉垄耕作营造的疏松适宜的土壤环境、充足的水分与“活化”的养分造就了供试水稻发达的根系和高效率的养分吸收效率,从表 4 中粉垄处理耕层碱解氮、速效磷含量低于 CK,图 1 粉垄耕作处理根系活力显著高于传统耕作,以及图 2 粉垄处理养分偏生产力高于 CK 等试验结果印证了这一点,这与聂胜委等的研究结果<sup>[21-22]</sup>相似,说明在改变物理性质的同时,粉垄耕作可以促进作物根系对养分的吸收和利用<sup>[23]</sup>。

对于粉垄耕作表层土壤碱解氮、速效磷含量低于传统耕作,且相较于耕作前土壤下层出现富集等现象,分析其原因,可能为以下 3 个方面:首先,有研究表明,氮素养分容易因淋溶,导致作物生育初期没有被利用的氮素随水分下渗至更深层次的土壤<sup>[24]</sup>。稻田在粉垄耕作后表层土壤的疏松致使固相含量相对减少、水分增加,促进了养分随水分下渗到深层次土壤;其次,因为水稻根系下扎的所在耕层主要为 0~20 cm,所以粉垄对水稻根系发育和吸收能力的促进会减少表层土壤的养分;最后,CK 深层次养分含量较高则是由于常年稻作和单一重复施用含氮量较高的复合肥,造成 CK 深层次土壤碱解氮等养分多年的积累和富集,而传统耕作深度较低,深层次土壤没有任何搅动,其土壤的耕层状态与水分分布特征相较于粉垄耕作没有发生本质和巨大的变化,因此耕层之间的养分分布较粉垄处理含量更多,且分布稳定和均匀。

氮素养分作为水稻生长所需的重要养分之一,对氮素养分的吸收是水稻增产的关键<sup>[25-27]</sup>,有研究表明,增施氮肥可以提高水稻的有效穗数和穗粒数等水稻的产量构成因素<sup>[28]</sup>,还可以增加水稻的株高、根数等生长特性<sup>[29]</sup>,但过量的氮肥会使氮肥的农学利用效率 (ANUE) 降低,在高浓度氮素的环境中水稻的穗粒数和结实率明显下降,导致减产<sup>[30]</sup>。除此之外,过量氮肥在土壤的积累会导致土壤板结,不利于水稻秧苗的发育和排盐,也可能造成土

壤环境的污染<sup>[31]</sup>。因此,通过粉垄耕作减缓因常年施用氮肥产生的表层土壤氮肥的积累,也是提升试验地耕地质量、降低污染,减少制约水稻增产因素的一个途径。

李美玲等研究发现,在深旋耕的条件下,某些品种的水稻增加种植密度后即使减少氮素的施用时,产量也不会显著下降,因此,可以通过深耕减少氮肥的施用量,提高水稻氮肥偏生产力,达到节本增收的效果<sup>[32]</sup>。也有研究表明,在施用相同氮比例的情况下,粉垄耕作的氮肥偏生产力高于免耕和深耕<sup>[33]</sup>。粉垄耕作可以减少氮肥的施用,既可以减少成本,也可以防止氮肥的浪费和过量积累对土壤的污染。同时,可尝试在收获后实行一段时间的秸秆还田配合粉垄耕作,有利于养分的积累与贮存,对水稻来年的养分供给具有重要作用。

粉垄耕作可以提高水稻的穗粒数、千粒质量等产量构成因素,进而达到增产效果,与以往相关的作物粉垄试验结果<sup>[34]</sup>一致。说明粉垄耕作可以通过改善土壤的耕层状态,促进水稻根系下扎,促进水稻对养分的吸收利用,从而达到增产的目的。所有试验处理的水稻产量较传统淹灌插秧水稻的平均水平略低,是因为本试验区域所处农场均采用更适宜于干旱、半干旱地区的水稻节水灌溉种植方式——催芽撒播技术,该技术的播种密度较传统插秧水稻略低,致使最终产量略低。

#### 4 结论

本试验结果表明,相较于传统的耕作方式,粉垄耕作可显著降低土壤的容重,降幅为 7% 左右,增加土壤总孔隙度,实现对土壤深松与深耕的目的,促进水分的下渗与贮存以及补给流通,为水稻生长发育提供一个适宜的土壤环境。

粉垄耕作可以提高水稻根系活力,促进水稻对土壤养分的吸收利用,提高水稻的养分偏生产力。缓解浅层次土壤氮肥聚集和多年积累的状况。

粉垄耕作可以促进水稻的生产结实,增加水稻的籽粒产量,其中以粉垄深度 50 cm 最佳,平均达到 668.22 kg/666.7 m<sup>2</sup>,高于传统耕作处理。通过耕作深度与水稻产量的方程拟合测算出 49.8 cm 的耕作深度可获得高产,但也需结合当地的生产状况、耕作机械的动力以及燃料成本综合考量后选择适宜的耕作深度,所以粉垄耕作是值得进一步在传统淹灌水稻进行研究的耕作方式。

#### 参考文献:

- [1]何进宇,田军仓.膜下滴灌旱作水稻水肥耦合模型及组合方案优化[J].农业工程学报,2015,31(13):77-82.
- [2]何进宇,田军仓.旱作水稻水肥耦合模型及经济效应[J].排灌机械工程学报,2015,33(8):716-723.
- [3]范继征,闫飞燕,石达金,等.不同耕作方式对玉米田土壤物理性质及产量的影响[J].玉米科学,2016,24(1):96-101.
- [4]高建胜,董国豪,郭建军,等.耕层厚度对冬小麦农艺性状及产量的影响[J].山东农业科学,2018,50(8):54-57.
- [5]刘绪军,荣建东.深松耕法对土壤结构性能的影响[J].水土保持应用技术,2009(1):9-11.
- [6]郑洪兵,郑金玉,罗洋,等.农田不同耕层构造对玉米生长发育及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(5):41-45,95.
- [7]韦本辉.旱地作物粉垄栽培技术研究简报[J].中国农业科学,2010,43(20):4330.
- [8]聂胜委,张玉亭,汤丰收,等.粉垄耕作对潮土冬小麦生长及产量的影响初探[J].河南农业科学,2015,44(2):19-21,43.
- [9]李铁冰,逢焕成,李华,等.粉垄耕作对黄淮海北部春玉米籽粒灌浆及产量的影响[J].中国农业科学,2013,46(14):3055-3064.
- [10]王斌,何文寿,耿世杰.粉垄耕作对土壤水分利用效率和马铃薯产量的影响[J].江苏农业科学,2020,48(21):93-96.
- [11]高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:59-61.
- [12]Hou X Q, Li R, Jia Z K, et al. Effects of rotational tillage practices on soil properties, winter wheat yields and water-use efficiency in semi-arid areas of north-west China[J]. Field Crops Research, 2012, 129:7-13.
- [13]杨建昌.水稻根系形态生理与产量、品质形成及养分吸收利用的关系[J].中国农业科学,2011,44(1):36-46.
- [14]朱德峰,张玉屏,陈惠哲,等.中国水稻高产栽培技术创新与实践[J].中国农业科学,2015,48(17):3404-3414.
- [15]孙彩丽,薛蕙,刘国彬,等.黄土区不同施肥对土壤颗粒及微团聚体组成的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(3):550-561.
- [16]梁金凤,齐庆振,贾小红,等.不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究[J].生态环境学报,2010,19(4):945-950.
- [17]刘江汉,何文寿.粉垄耕作对土壤性质及马铃薯产量的影响[J].东北农业科学,2020,45(2):20-25.
- [18]高伟,张俊,郝西,等.粉垄耕作对土壤物理性状及花生根系的影响[J].花生学报,2021,50(4):67-71,86.
- [19]熊梓沁,蒯永锋,贺非,等.粉垄深度对稻作烟区土壤理化特性及作物周年产量的影响[J].中国烟草学报,2021,27(3):46-55.
- [20]苗微,刘佳敏,张佳,等.稻蟹共作对田间生态环境与水稻生长的影响研究进展[J].生态学杂志,2020,39(8):2785-2791.
- [21]聂胜委,张玉亭,张巧萍,等.粉垄耕作对小麦玉米产量及耕层土壤养分的影响[J].土壤通报,2017,48(4):930-936.

孙妮娜. 乡村振兴战略下乡村旅游景区规划中视觉艺术设计的原则与实践应用[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(1): 238–247.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.035

# 乡村振兴战略下乡村旅游景区规划中视觉艺术设计的原则与实践应用

孙妮娜

(江苏第二师范学院美术学院, 江苏南京 210013)

**摘要:**乡村振兴战略是当前国家大力推行的发展农村地区的重要战略决策, 全国新农村建设如火如荼, 在这一进程中, 中国农村旅游进入一个蓬勃发展的新时代。在乡村旅游开发过程中, 在乡村旅游景区规划和景观设计上, 视觉艺术的运用可以起到不可替代的观赏效果。为了使乡村旅游景区规划更加科学合理, 大力推进乡村旅游开发, 从而助力乡村振兴战略顺利实施, 研究视觉艺术设计在乡村旅游景区规划中的应用, 具有重要的理论和实践意义。运用理论分析和实践案例验证等方法, 通过景区规划和视觉艺术设计相关学科的研究, 对已有视觉艺术设计在乡村景区和景点规划中的应用案例进行分析。结果表明, 视觉艺术运用与乡村旅游景区规划存在紧密联系, 可以从不同视觉上激活村庄景观活力, 赋予乡村旅游景观愉悦感, 引导游客观景体验。视觉艺术设计在乡村景区规划中的应用应遵循因地制宜、艺术性表现、意境烘托、可持续性发展的原则, 具体实践中要在把握整体性的基础上, 对乡村景区中的入口园林绿化、农村体验观景区域、生态主题酒店、生态民宿、商业街、休闲公园以及河滨游览区采用合理的视觉艺术设计手段进行处理。

**关键词:**乡村振兴; 乡村旅游; 景区规划; 视觉艺术

**中图分类号:** F323.4    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2023)01-0238-10

随着国家乡村振兴政策的持续深入, 全国新农村建设如火如荼, 在此进程中, 中国农村旅游进入一个蓬勃发展的新时代。2006 年是中国农村旅游

元年, 而仅仅在 1 年过后的 2007 年, 原农业部、原国家旅游局发布了《国家旅游局、农业部关于大力推进全国乡村旅游发展的通知(旅发[2007]14 号)》, 中国农村旅游发展、全国农村旅游区域和景观规划建设的有关政策研讨与实施等工作也陆续启动。当前农业社会的发展促进中国农村旅游迅速成长, 也为中国农村区域及其他行业的开发与农村旅游

收稿日期: 2022-05-19

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(编号: 202102098013)。

作者简介: 孙妮娜(1979—), 女, 江苏徐州人, 硕士, 副教授, 主要从事农业经济、乡村振兴、艺术学研究。E-mail: artjianxu@126.com。

[22] 李 浩, 黄金玲, 李志刚, 等. 粉垄耕作提高土壤养分有效性并促进甘蔗维管组织发育和养分吸收[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(2): 204–214.

[23] 韦本辉, 刘 斌, 甘秀芹, 等. 粉垄栽培对水稻产量和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(19): 3946–3954.

[24] 左海军, 张 奇, 徐力刚. 农田氮素淋溶损失影响因素及防治对策研究[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(12): 83–89.

[25] 张敬昇, 李冰, 王昌全, 等. 控释掺混尿素对稻麦产量及氮素利用率的影响[J]. 中国水稻科学, 2017, 31(3): 288–298.

[26] 汪本福, 余振渊, 程建平, 等. 氮素对水稻产量和品质形成的影响研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(1): 76–83.

[27] 杨罗浩. 种植密度和施肥技术对晚粳产量、品质及资源利用的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019.

[28] 从夕汉, 施伏芝, 阮新民, 等. 施氮量对不同品种水稻氮素利用及碳氮代谢关键酶的影响[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(3): 325–330.

[29] 李晓蕾, 钱永德, 黄成亮, 等. 苗期氮素用量对水稻秧苗素质的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 47–50.

[30] 徐海波, 王光明, 隗 溟, 等. 高温胁迫下水稻花粉粒性状与结实率的相关分析[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(3): 205–207.

[31] Lv G H, Han W, Wang H B, et al. Effect of subsoiling on tillers, root density and nitrogen use efficiency of winter wheat in loessal soil[J]. Plant, Soil and Environment, 2019, 65(No. 9): 456–462.

[32] 李美玲, 王文第, 韩凯, 等. 旋耕深度、施氮量和栽植密度对水稻产量与氮素分配利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(4): 55–61.

[33] Zhai L C, Xu P, Zhang Z B, et al. Improvements in grain yield and nitrogen use efficiency of summer maize by optimizing tillage practice and nitrogen application rate[J]. Agronomy Journal, 2019, 111(2): 666–676.

[34] 韦本辉, 甘秀芹, 陆柳英, 等. 水稻粉垄旱种苗期根系性状研究[J]. 广东农业科学, 2011, 38(7): 28–29.