



张陆勇,胡炼, Asenso Evans,等. 耕种模式对稻田土壤物理特性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(8):35-38.

耕种模式对稻田土壤物理特性的影响

张陆勇¹, 胡 炼², Asenso Evans¹, 张丽娜¹, 李就好¹

(1. 华南农业大学 水利与土木工程学院, 广东 广州 510642; 2. 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:为探明不同耕种模式对稻田土壤物理特性的影响,于广州市增城区、益阳市大通湖区和哈尔滨市道外区,分别进行了水稻犁耕机插(MT)、旋耕机插(RT)、犁耕机直播(MD)、旋耕机直播(RD) 4 种不同耕种模式试验,调查分析了 4 种不同耕种模式对各试验区的土壤干密度、孔隙度和含水率的变化规律。结果表明:在各试验区耕层 0~20 cm,与 MD 和 RD 相比,MT、RT 可以降低土壤干密度、增加土壤孔隙度,增加土壤含水率,从而改善土壤结构;而各试验区耕层大于 20 cm 的土壤受其自重和种植方式的影响下,物理指标的变化不尽相同,且与土壤质地也有一定关系。

关键词:耕种模式;土壤干密度;土壤孔隙度;土壤含水率

土壤是人类得以生存的基础,研究耕作措施对土壤物理特性的影响,有利于改善农田土壤肥力、减缓水土流失和土壤侵蚀,又能有效提高土地生产力,优化生态环境,对土壤的可持续发展具有重要意义^[1-2]。耕作对土壤干密度影响的研究主要有:张大伟等^[3]研究了不同耕作方式对直播稻田土壤理化性质的影响,研究显示翻耕会使土壤疏松,土壤容重降低,土壤容重随耕作深度的增加呈下降趋势,李凤博等^[4]、吴建富等^[5]也得出一致的结论;龚冬琴等^[6]研究了连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响,认为不同质地的土壤,其容重变化也会有多不同。耕作对土壤孔隙度影响的研究主要有:王昌全等^[7]认为翻耕促进了土壤孔隙的形成,提高了土壤通气透水性,进而提升土壤微生物的活力,有利于水稻根系下扎,增强了其抗倒伏能力,促进了水稻产量提高,李华兴等^[8]也得出相同的结论。耕作对土壤含水率影响的研究主要有:孙国锋等^[9-10]研究了轮耕对土壤物理性状及水稻产量影响的初步研究,认为翻耕和旋耕使土壤较疏松,提高了耕层土壤储水潜力。

以上研究表明,耕作通过适当的机械力量扰动耕层土壤,调节耕层土壤的松紧度,调节耕层的表面状态,调节耕层内部土壤的位置,改善土壤结

构,为作物创造适宜的土壤环境。随着时代的发展、科技的进步,农业的生产方式由铁犁牛耕结合人工播种转变为现在的全机械化生产。采用适宜的耕种模式既有利于改善农田土壤肥力、减缓水土流失和土壤侵蚀,又能有效提高土地生产力,优化生态环境。针对不同农业生产地区和作物种植制度特点,进行不同耕种模式对土壤物理特性的改良效应的研究,是改善作物生长环境、提高产量、改善生态环境和实现农田永续利用的重要途径。目前,国内耕作方式对土壤理化性质影响的研究较多,随着种植机械化的发展,机械播种对土壤物理特性的影响不容忽视,而这方面的研究讨论相对较少。因此,分别在广州市增城区、益阳市大通湖区和哈尔滨市道外区开展了旋耕机直播、犁耕机直播、旋耕机插、犁耕机插 4 种不同耕种试验,测定土壤的密度、含水率,计算土壤的孔隙率,研究不同的耕种模式对稻田土壤物理特性的影响,旨在为稻田土壤合理耕种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

2017 年分别位于广州市增城区(A)、益阳市大通湖区(B)和哈尔滨市道外区(C)开展耕种试验,其中:

A 试验区属于亚热带海洋性季风气候,日照雨量充沛,年平均气温 22.2℃,年降雨量 1 909.9 mm,土壤类型为棕黄土,土壤质地为砂质壤土,种植制度为一年两季稻。

B 试验区属于中亚热带向北亚热带过渡的大陆性季风湿润气候区,日照雨量充沛,年平均气温

收稿日期:2019-03-26

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0700301)。

第一作者简介:张陆勇(1994-),男,在读硕士,从事农业水土环境保护相关领域的研究。E-mail:1342415934@qq.com。

通讯作者:李就好(1963-),男,博士,教授,博导,从事农业工程。E-mail:jhli@scau.edu.cn。

16.1~16.9℃,无霜期263~276 d,降雨量700~1 230 mm,土壤类型为潮土,土壤质地为粉砂质壤土,前茬作物为水稻。

C试验区属于中温带大陆性季风气候,四季分明,年平均气温3.5℃,年降雨量530 mm,无

霜期136 d左右,土壤类型为黑土,土壤质地为粉砂质壤土,种植制度为一年一季水稻。

各试验区土地平整,田块规整,有利于机械化耕作。于各试验区进行耕前取样测定,其土壤机械组成见表1。

表 1 试验区土壤机械组成

Table 1 Soil mechanical composition of test area

试验区 Test area	土壤质地 Soil texture/%			土壤质地分类 Classification of soil texture
	砂粒 Sand(2.00~0.05 mm)	粉粒 Silt(0.05~0.002 mm)	黏粒 Clay(<0.002 mm)	
A	64.5	27.42	8.08	砂质壤土
B	32.5	57.75	9.75	粉砂质壤土
C	24.33	70.11	5.56	粉砂质壤土

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2017 年于各试验区设置了两种耕作方式(犁耕和旋耕)与两种种植方式(机插和机直播)组合对比试验,即犁耕机插(MT)、旋耕机插(RT)、犁耕机直播(MD)和旋耕机直播(RD)4 种不同耕种模式,其中 A 与 B 试验区旋耕深度在 15~18 cm,犁耕深度在 20~25 cm,C 试验区旋耕深度在 25~28 cm,犁耕深度在 30~35 cm。

为减少田块差异因素的影响,同时为了生产方便,各区试验在一块大田分 4 个处理小区进行,种植作物均为水稻,A、B 和 C 区的水稻品种分别为美香占 2 号、黄华占和龙庆稻,田间管理与当地相同。

1.2.2 样品采集与测试 A 试验区于 7 月 16 日开展水稻耕种试验,收获于 11 月 29 日;B 试验区于 4 月 11 日开展水稻耕种试验,收获于 8 月 19 日,此时田间有水;C 试验区于 5 月 4 日开展

水稻耕种试验,收获于 10 月 26 日。

于收获后进行土样采集,每个处理小区随机选取 3 个点,每个点用取土钻(YZ-1 型)取耕层 0~10,10~20,20~30 cm 的土壤,然后取中间环刀体积为 100 cm³的原状土来测其物理特性,包括土壤干密度(ρ)、土壤质量含水率和土粒密度(d_s),分别采用环刀法、烘干法和比重瓶法测定,然后计算土壤总孔隙度(p , $p = (1 - \rho/d_s) \times 100$)。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件进行数据统计分析;利用 Duncan 新复极差法(LSR)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同耕种模式对 A 试验区土壤物理特性的影响

从表 2 可以看出,各处理的土壤干密度均随着耕层加深逐渐增大,而土壤孔隙度与干密度的

表 2 不同耕种模式下 A 试验区土壤物理特性的影响

Table 2 Effects of soil physical properties in test area A under different cultivation modes

处理 Treatments	干密度 Dry density/(g·cm ⁻³)			孔隙度 3/5000 Porosity/%			含水率 Moisture content/%		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
MT	1.37 a	1.46 a	1.79 a	48.39 a	44.90 a	32.62 a	23.86 a	24.26 a	18.26 a
RT	1.48 a	1.49 a	1.62 a	44.2 a	43.85 a	38.88 a	23.65 a	23.81 ab	20.35 a
MD	1.49 a	1.55 a	1.60 a	43.87 a	41.52 a	39.46 a	21.11 a	22.29 ab	20.32 a
RD	1.51 a	1.52 a	1.60 a	43.2 a	42.59 a	39.47 a	23.53 a	19.82 b	18.39 a

同一深度处理间不同小写字母表示 0.05 水平差异显著,下同。
Different lowercase in the same depth treatment indicate significant difference at 0.05 level,the same below.

变化趋势相反,均随着耕层加深逐渐减少;各处理土壤含水率也呈现随着耕层加深先增大后减少,且耕层 0~20 m 的土壤含水率大于耕层 20~30 cm。

分析各处理间的土壤干密度发现,耕层 0~20 cm 深度范围内,RD 和 MD 处理的土壤干密度均大于 RT、MT 处理,主要是机直播开沟起垄对土壤有压实的作用,增加了土壤干密度。

分析处理间的土壤孔隙度在各耕层的差异发现,于耕层 0~20 cm,RD、MD 处理的土壤孔隙度比 RT 和 MT 处理的小。结果同样说明机直播方式对土壤有压实作用。

土壤含水率的测定结果表明,于耕层 0~20 cm,RT 和 MT 处理的土壤含水率均稍大于 RD、MD 处理,说明 RT 和 MT 处理田间持水能力较好,土壤结构也较优。

A 区试验结果表明,机直播处理对表层土壤有压实作用,除 10~20 cm 含水率外,其他处理 3 个指标的各处理间差异均不显著。

2.2 不同耕种模式对 B 试验区土壤物理特性的影响

由表 3 可知,各处理的土壤干密度均随着耕

层加深逐渐增大,土壤孔隙度与干密度的变化趋势相反,均随着耕层加深逐渐减少,各处理土壤含水率的变化趋势与土壤干密度一致,均随着耕层加深逐渐降低。

分析处理间的土壤干密度发现,在耕层 0~20 cm 深度范围内,MD 和 RD 处理的土壤干密度均大于 MT、RT 处理,主要是机直播对耕层 0~20 cm 土壤压实效果明显。

不同处理间的土壤孔隙度表明,于耕层 0~20 cm,与 RD、MD 处理相比,RT 和 MT 处理的土壤孔隙度较大,说明 RT 和 MT 处理均有利于耕层 0~20 cm 土壤孔隙度的增加,机直播方式对土壤有压实的作用。

根据土壤含水率的测定结果分析发现,虽然含水率较高,耕层土壤水分趋于饱和状态,但在耕层深度 0~20 cm 范围内,RT 和 MT 处理的土壤含水率均大于 RD、MD 处理,结果表明 RT 和 MT 处理贮水能力较好。

B 区试验结果表明,机直播处理对耕层 0~20 cm 土壤有压实作用,其中 MT 和 MD 处理在耕层 0~10 cm 的干密度和孔隙度差异显著。

表 3 不同耕种模式下 B 试验区土壤物理特性的影响

处理 Treatments	干密度 Dry density/(g·cm ⁻³)			孔隙度 3/5000 Porosity/%			含水率 Moisture content/%		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
MT	0.98 b	1.09 ab	1.39 a	63.12 a	58.7 ab	47.42 a	55.69 a	52.91 a	36.96 a
RT	1.00 ab	1.08 b	1.32 a	62.29 ab	59.33 a	50.14 a	54.40 a	50.17 a	33.46 a
MD	1.09 a	1.16 a	1.38 a	58.90 b	56.37 b	48.06 a	47.22 a	46.03 a	36.75 a
RD	1.01 ab	1.12 ab	1.30 a	62.04 ab	57.65 ab	51.03 a	53.62 a	47.04 a	37.35 a

2.3 不同耕种模式对 C 试验区土壤物理特性的影响

由表 4 可知,各处理的土壤干密度均随着耕层加深逐渐增大,土壤孔隙度与干密度的变化趋势相反,均随着耕层加深逐渐减少,而土壤含水率随着耕层的加深先增加后减少。

分析处理间的土壤干密度发现,在耕层 0~30 cm,MD 和 RD 处理的土壤干密度均大于 RT、MT 处理,表明 MD 和 RD 处理对土壤的压实作用直达深层,增加了土壤干密度。

不同处理间的土壤孔隙度变化规律与土壤干密度一致。于耕层 0~30 cm,RD、MD 处理对比

的土壤孔隙度小于 MT 和 RT,说明 MD 和 RD 处理减少了耕层 0~30 cm 土壤孔隙度,这是由于机直播的压实而降低了土壤孔隙度。

土壤含水率的测定结果表明,不同耕种模式之间在各耕层的土壤含水率有明显的差异性。于耕层 0~30 cm,MT 和 RT 处理的土壤含水率均大于 MD、RD 处理。由此可知,RT 和 MT 处理持水能力较好,土壤结构也较优。

C 区试验结果表明,机直播处理对耕层 0~20 cm 土壤有压实作用,其中 0~10 cm 干密度和孔隙度的 MD、RD 和 MT、RT 处理间差异显著,0~20 cm 含水率。

表 4 不同耕种模式下 C 试验区土壤物理特性的影响

Table 4 Effects of soil physical properties in test area C under different cultivation modes

处理 Treatments	干密度 Dry density/(g·cm ⁻³)			孔隙度 3/5000 Porosity/%			含水率 Moisture content/%		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
MT	1.28 c	1.40 a	1.45 a	51.74 a	47.24 a	45.40 a	26.61 b	31.24 a	27.89 a
RT	1.28 c	1.38 a	1.41 a	51.66 a	48.47 a	47.95 a	30.01 a	30.89 a	27.46 a
MD	1.41 a	1.43 a	1.51 a	46.85 c	46.85 a	43.02 a	26.51 b	27.57 b	25.38 a
RD	1.36 b	1.45 a	1.48 a	48.5 b	45.4 a	44.22 a	25.64 b	26.75 b	23.85 a

3 结论

分析了不同耕种模式对土壤干密度的影响,3个试验区的结果表明,与犁耕地直播(MD)和旋耕地直播(RD)相比,旋耕地插(MT)和旋耕地插(RT)处理降低了土壤干密度,主要表现在耕层0~20 cm深度范围内。

3个试验区的不同耕种模式下土壤孔隙度的变化规律表明,在耕层0~20 cm深度范围内,MT和RT处理的土壤孔隙度较MD和RD处理大。

对3个试验区的土壤含水率的分析,发现MT和RT处理在耕层0~20 cm深度范围内的土壤含水率较MD和RD处理的大。

综上所述,通过不同耕种试验分别对A、B及C试验区的土壤物理特性的影响可知,与MT和RT相比,MD和RD增加了耕层0~20 cm的土壤干密度、降低了土壤孔隙度和土壤含水率,说明开沟起垄直播方式,对土壤有一定的压实作用。

本研究试验还处于初期阶段,以上物理指标的变化不尽相同,除了与土壤质地有关,现场试验在土壤采集及运输过程中,难免对土样有干扰,使得试验数据有可能产生了较大变化,这些都有待

今后连续的试验观察。

参考文献:

- [1] 张银平,王振伟,刁培松,等.生态沃土机械化耕作对两熟区土壤理化特性的短期影响[J].农业机械学报,2018,49(12):45-55.
- [2] 李玉洁,王慧,赵建宁,等.耕作方式对农田土壤理化因子和生物学特性的影响[J].应用生态学报,2015(3):939-948.
- [3] 张大伟,刘建,王波,等.连续两年秸秆还田与不同耕作方式对直播稻田土壤理化性质的影响[J].江西农业学报,2009,21(8):53-56.
- [4] 李凤博,牛永志,高文玲,等.耕作方式和秸秆还田对直播稻田土壤理化性质及其产量的影响[J].土壤通报,2008(3):549-552.
- [5] 吴建富.耕作方式对双季机插水稻产量和土壤理化性质的影响[J].湖南农业大学学报(自科版),2017,43(6):581-585.
- [6] 龚冬琴,吕军.连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响[J].生态学报,2014,34(2):239-246.
- [7] 王昌全,魏成明,李廷强,等.不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J].四川农业大学学报,2001(2):152-154,187.
- [8] 李华兴,卢维盛,刘远金,等.不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响[J].应用生态学报,2001(4):553-556.
- [9] 孙国峰,陈阜,肖小平,等.轮耕对土壤物理性状及水稻产量影响的初步研究[J].农业工程学报,2007,23(12):109-113.
- [10] 孙国峰,张海林,徐尚起,等.轮耕对双季稻田土壤结构及水贮量的影响[J].农业工程学报,2010,26(9):66-71.

Effects of Cultivation Modes on Soil Physical Characteristics of Rice Fields

ZHANG Lu-yong¹, HU Lian², Asenso Evans¹, ZHANG Li-na¹, LI Jiu-hao¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to find out the influence mechanism of different cultivation modes on the soil physical characteristics of rice fields, rice ploughing machine (MT), rotary cultivator (RT), plow direct-seeding (MD) and rotary cultivator direct-seeding (RD) were tested respectively in Zengcheng district of Guangzhou City, Datonghu district of Yiyang City and Daowai district of Harbin City. The investigation and analysis of the four different cultivation patterns on various experimental zone of soil dry density, porosity and soil moisture content. The results show that: compared with MD and RD, MT and RT could reduce the dry density of soil, increase soil porosity and increase soil moisture content in each experimental area by 0~20 cm, so as to improve soil structure. Under the influence of self-weight and planting mode, the changes of physical indexes of soils with plough layer greater than 20 cm in each experimental plot were different, and they were also related to soil texture.

Keywords: cultivation modes; soil bulk density; soil porosity; soil moisture content