



孙红,孙明明,吕世翔,等.水旱轮作对土壤和水稻的影响[J].黑龙江农业科学,2019(10):141-143.

# 水旱轮作对土壤和水稻的影响

孙红,孙明明,吕世翔,李智媛,张元良

(黑龙江省农业科学院 黑龙江农业科技杂志社,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**水旱轮作作为我国重要的耕作方式,有利于提高土地使用效率,改善土壤质量,提高作物产量,维持农田的可持续发展。为更好地促进水旱轮作的应用推广,本文简要介绍了水旱轮作及相关的社会效益、经济效益和生态效益,从土壤理化性质及微生物和酶的相关变化来反映水旱轮作对土壤的影响,并总结了水旱轮作对水稻生长发育及产量的影响。

**关键词:**水旱轮作;土壤;微生物和酶;水稻;产量

我国在人口数量不断增加,耕地面积逐渐减小的情况下安排相应适宜的耕作制度,充分合理利用耕地资源提高复种指数,是在现有形势下缓解粮食危机的有效措施<sup>[1]</sup>。我国水稻种植面积约占世界水稻总面积的 1/5<sup>[2]</sup>。同时稻米作为我国人民必不可少的主食,在我国农业生产上具有举足轻重的作用。近年来由于过分追求水稻高产、化肥、农药的大量施用和多年间的水稻连作致使稻田土壤养分流失、土壤生态环境不断恶化,严重影响到稻米的产量和品质。因此安排合理高效的耕作制度,改善稻田土壤生态环境在水稻生产中显得尤为重要。在各种种植方式中水旱轮作则是能够合理有效利用土地,提高复种指数,且种稻改土效果最为显著的耕作制度<sup>[3]</sup>。水旱轮作,能够不断改善作物生长发育所需要的生态环境,改善土壤的理化性状,有利于作物生长发育。但是不同模式的水旱轮作对土壤、水稻均会产生不同的影响。本文通过土壤环境变化及水稻生长发育来反映不同水旱轮作模式对稻田土壤微环境和水稻的影响,旨在通过水旱轮作的相关介绍促进水旱轮作的应用推广,进而保障农田充分可持续发展。

## 1 水旱轮作及相关效益

### 1.1 水旱轮作

水旱轮作指在同一块田地上,一年内按照不同季节种植水稻和其它旱作物,并能够显著提高稻田生产力的复合种植方式,是我国重要的作物生产系统<sup>[4]</sup>。水旱轮作系统是一个极其复杂的生态系统,它既包括旱作物和水作作物生长必

需的生态环境系统,又包括水旱转换过程中极具特色的干湿交替、好氧厌氧转换的复杂群落变化<sup>[5]</sup>。

我国的水旱轮作分布在光热条件较好可一年收获两季作物以上的长江流域,主要包括江苏、浙江、湖北、安徽、四川、重庆等地<sup>[6]</sup>。水旱轮作根据选择的轮作物不同而模式众多,主要包括豆-稻、油-稻、薯-稻、麦-稻等模式。其中,麦-稻模式是世界上农业生产中面积最大也是最重要的水旱轮作模式。水旱轮作在不同模式的选择上要结合具体当地雨热资源、实际生产情况选择与水稻生育期不冲突,具有较高产出但不需过多人力投入的作物进行。

### 1.2 效益分析

现有研究表明水旱轮作具有较高的社会效益、经济效益及生态效益<sup>[7-9]</sup>。一方面水旱轮作能够减少由于单作、连作土壤中大量积累的有毒有害物质,减轻轮作物病虫害草害的发生。可以改善土壤环境,修复受损土壤屏障,维持生态平衡。同时水旱轮作能够在减少农药等生产投入的基础上提高作物产量和品质,有利于绿色有机农业的可持续发展。此外通过水旱轮作模式的不断推广扩大,作物种类不断丰富,有利于农产品市场种类的丰富和相关产业的发展,在极大程度上提高了农民收入,带来了较高的社会效益和经济效益。

## 2 水旱轮作对土壤的影响

### 2.1 理化性质

实行水旱轮作会增强土壤通透性和持水力,能够避免极端酸碱环境的出现。王克磊等<sup>[10]</sup>研究表明番茄田进行水旱轮作后使 pH 增加避免了土壤酸化,使土壤盐分和电导率均下降 60% 以上。黄杰<sup>[11]</sup>的研究表明,水旱轮作能够提高土壤速效磷、速效钾、有机质含量,且 0~10 cm 和 10~

收稿日期:2019-05-30

第一作者简介:孙红(1991-),女,硕士,助理农艺师,从事耕作栽培与生理生态研究。E-mail: sunhong\_99@126.com。

20 cm 土层间表现不同。高忠奎等<sup>[12]</sup>研究表明,进行花生-稻轮作可以显著提高有机质和氮磷钾养分含量,但是不同花生品种轮作后对土壤的改善效果存在显著差异。曹培等<sup>[13]</sup>研究表明,玉-稻模式能够显著降低土壤总有机碳含量,麦-稻、油-稻模式降低了土壤活性有机碳含量。陈勇等<sup>[14]</sup>在3年轮作试验的基础上发现周年水旱轮作系统中磷元素不断积累,钾元素有亏缺现象出现,同时宋美芳等<sup>[15]</sup>研究表明轮作系统中磷肥的大量施用会致使 $<0.25$  mm 粒级团聚体的增加,造成一定量磷元素的浪费,因此水旱轮作中应该结合具体土壤状况进行磷钾肥的适宜优化,避免磷肥的流失和钾肥的不足。

## 2.2 土壤微生物

微生物作为土壤中重要的环境构成因子,在土壤中的各种物质成分间的循环、土壤养分与作物间的转化利用起着重要作用。水旱轮作中土壤结构和养分含量的不断变化,致使轮作土壤中微生物群落结构和数量变化显著。较高的土壤通透性有利于土壤中有益微生物的积累,马春梅等<sup>[16]</sup>研究表明水旱轮作使稻田土壤逐渐向有益菌群(细菌、放线)转化。与连作相比,水旱轮作使根际土壤真菌数量减少的同时,细菌和微生物总量增加,一些氨化细菌、硝化细菌及纤维素分解菌等有益细菌数量甚至会成倍增加。高明等<sup>[17]</sup>研究发现几种耕作方式中水旱轮作具有最高的微生物类群数量,且随轮作时间的增加细菌、真菌、放线菌和固氮菌数量表现为先增加后降低,最后再增加的变化趋势。综上表明水旱轮作能够使土壤中有益微生物显著增加,促进作物对土壤中养分及微量元素的吸收利用,使作物获得更加充足的养分。

## 2.3 土壤酶

适宜的水旱轮作能促进土壤中各类生物化学反应的进行,有利于土壤酶活性的提高,但是不同轮作模式对酶活性的影响也有显著差异。刘娟<sup>[18]</sup>研究表明水旱轮作使土壤脲酶、蔗糖酶、蛋白酶和脱氢酶活性升高。周勃等<sup>[19]</sup>研究表明水旱轮作并没有使棉花田中脲酶活性增加,但3个试验地蔗糖酶活性平均增加35%以上。大多数水旱轮作体系中根际土壤各类酶活性均以表层土壤最高,且随土层加深逐渐降低。符冠富等<sup>[20]</sup>研究表明薯-稻、麦-稻和油-稻中薯-稻模式下土壤酶活性最高且显著高于冬闲-稻和其他几种水旱轮作模式。过氧化氢酶和脲酶表现为随着轮作年限的增加活性增强,且随着生育进程活性变化剧烈,磷酸酶、蔗糖酶在轮作年限间没有明显变化规律。

因此不同的水旱轮作模式间各类酶活性也有差异,同种轮作方式不同轮作年限对不同酶活性影响也不同。

## 3 水旱轮作对水稻的影响

### 3.1 促进生长发育

不同复种轮作方式下的水稻生长发育存在较大差异<sup>[21-23]</sup>。相关研究表明:与冬闲-稻-稻相比,绿肥-稻-稻这种水旱轮作模式可延迟水稻生育期,但不同水旱轮作模式对分蘖速率影响不大,而油菜与水稻相互轮作式能促使水稻的提早成熟,使稻谷空瘪率下降,其千粒重增加<sup>[24]</sup>。赵娜等<sup>[25]</sup>研究表明:紫云英-稻轮作能够改善土壤生态环境,使有效穗、实粒数以及千粒重等产量构成因素均有所提高。陈三有等<sup>[26]</sup>研究表明:黑麦-稻这种轮作模式下,能够提高水稻结实率,同时使水稻总生物量和叶面积指数均增加10%以上,能够显著促进水稻的生长发育。

### 3.2 提高产量

水旱轮作中旱季作物的生长和收获对农田都会有一定的改善,使得土壤中养分含量有所增加,为后季作物的生长发育奠定了良好的肥力基础,从而达到水稻的增产效果。不同水旱轮作模式的增产效果不同,安排合理的轮作可使作物增产效果达到5%~8%,更高效的轮作模式的增产效果可以达到15%左右,最高的增产效果可达到20%<sup>[27-28]</sup>。胡安永等<sup>[29]</sup>研究表明,实施水旱轮作能显著提高水稻产量,以紫云英-稻模式增产效果最高,麦-稻模式次之。长期定位试验结果表明,薯-稻、蒜-稻、豆-稻模式下水稻的产量显著高于油-稻和麦-稻。水旱轮作能够促进水稻产量的增加,相同栽培管理措施下,不同水旱轮作模式下水稻产量的增长幅度也不相同。

## 4 结语

水旱轮作能够改善土壤微环境促进土壤中养分含量、有益微生物及相关酶活性的增加,使进而促进作物的生长发育,提高作物产量。应用推广过程中水旱轮作模式的选择要结合当地光、热、水、气等自然资源条件,同时还要有利于稳定优势主导作物的种植面积。作物布局的选择要根据土地具体分布情况和当地劳力情况而定,地势平坦、土地分布较集中并且劳动力充分的地区,可以选择小麦、马铃薯、豆科作物和蔬菜等作物与水稻进行轮作;光热资源不足,耕地质量较差,且地势较高,农田分割严重的地区,可以进行一些生育期较短的早熟作物油菜、大麦等与水稻进行轮作。不

同周期的水旱轮作模式其轮作效益也不同,一般来说轮作周期为3~4年的水旱轮作模式在改善土壤结构、减少病虫害、增加作物产量等方面效益最显著。

### 参考文献:

[1] 吕捷,王雨濛.当前国际粮食经济形势与中国粮食安全[J]. 中共中央党校(国家行政学院)学报,2019,23(4):131-136.

[2] 徐振伟.粮食危机与农业的未来[J]. 天津师范大学学报,2015(2):33-40.

[3] 侯贤清,李荣,贾志宽,等.不同农作区土壤轮耕模式与生态效应研究进展[J]. 生态学报,2016,36(5):1215-1223.

[4] 刘巽浩.耕作学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:156-171.

[5] 范明生,江荣风,张福锁,等.水旱轮作系统作物养分管理策略[J]. 应用生态学报,2008,19(2):424-432.

[6] 吴余粮,蒋凯.水旱轮作模式的可持续发展探析[J]. 浙江农业科学,2014,1(6):813-815.

[7] Timsina J, Connor D J. Productivity and management of rice-wheat cropping systems: Issues and challenges [J]. Field Crops Research,2001,69(2):93-132.

[8] 仲建锋.水旱轮作模式效益分析与推广研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2012.

[9] 姚雄,廖敦秀,唐永群,等.稻田保护性耕作的生态效应研究进展与发展建议[J]. 生态环境学报,2011,20(2):372-378.

[10] 王克磊,周友和,黄宗安,等.水旱轮作对土壤性状及作物产量的影响[J]. 蔬菜,2017(5):21-23.

[11] 黄杰.水旱轮作体系下水—旱转换过程中土壤养分变化规律研究[D]. 成都:四川农业大学,2015.

[12] 高忠奎,蒋菁,唐秀梅,等.水旱轮作条件下花生品种筛选及土壤特性变化分析[J]. 南方农业学报,2018,49(12):2403-2409.

[13] 曹培,朱杰,朱波,等.稻田水旱轮作系统对土壤有机碳及产量的短期影响[J]. 安徽农业科学,2019,47(4):81-85,101.

[14] 陈勇.稻田水旱轮作系统不同轮作模式的土壤磷钾养分特征研究[C]. 中国农学会耕作制度分会2016年学术年会论文摘要集,中国农学会耕作制度分会,2016:1.

[15] 宋美芳,胡镇江,胡义涛,等.长期施磷对水旱轮作生产力及土壤团聚体磷分布的影响[J]. 长江大学学报(自科版),2018,15(18):1-6,90.

[16] 马春梅,刘侃,唐远征,等.作物定位轮作体系长期试验研究(Ⅲ)—轮作与连作对土壤微生物数量的影响[J]. 东北农业大学学报,2005,36(2):147-152.

[17] 高明,周保同,等.不同耕作方式对稻田土壤动物、微生物及酶活性的影响研究[J]. 应用生态学报,2004,15(7):1177-1181.

[18] 刘娟.干旱区棉花长期连作农田土壤微生物多样性特征的研究[D]. 石河子:石河子大学,2009.

[19] 周勃,魏彦宏,朱锦泉,等.水旱轮作对长期连作棉田土壤生物活性的影响[J]. 农村科技,2014(7):25-27.

[20] 符冠富,王丹英,徐春梅,等.稻田冬季保护性耕作条件下的土壤酶活性与水稻成熟期叶片衰老和籽粒产量之间的关系[J]. 中国水稻科学,2009,23(1):43-50.

[21] Jangid K, Williams M A, Franzluebbers A J, et al. Relative impacts of land-use, management intensity and fertilization up on soil microbial community structure in agricultural systems[J]. Soil Biology and Biochemistry,2008,40(11):2843-2853.

[22] 王礼献.不同冬种复种方式下双季稻产量、土壤生态环境及系统能物流特征研究[D]. 南昌:江西农业大学,2016.

[23] Ge Y, Zhang J B, Zhang L M, et al. Long-term fertilization regimes affect bacterial community structure and diversity of an agricultural soil in northern China[J]. Journal of Soils and Sediments,2008,8(1):43-50.

[24] 李娟,章明清,孔庆波.不同施肥模式对菜稻轮作产量和菜田氮磷平衡的影响[J]. 中国农学通报,2016(3):146-150.

[25] 赵娜,郭熙盛,曹卫东,等.绿肥紫云英与化肥配施对双季稻区水稻生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(36):20668-20670.

[26] 陈三有,杨中艺,辛国荣.黑麦草—水稻草田轮作系统研究与应用[J]. 草原与草坪,2000(1):32-34.

[27] 陈宁宁,李军,吕薇,等.不同轮耕方式对渭北旱塬麦玉轮作田土壤物理性状与产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2015,23(9):1102-1111.

[28] Lu S, Liu X, Li L, et al. Effect of manganese spatial distribution in the soil profile on wheat growth in rice-wheat rotation [J]. Plant and Soil,2004,261(1-2):39-46.

[29] 胡安永,孙星,刘勤,等.太湖地区不同轮作方式对稻田氮挥发和水稻产量的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(6):275-279.

## Effects of Paddy-Upland Rotations on Soil and Rice

SUN Hong, SUN Ming-ming, LYU Shi-xiang, LI Zhi-yuan, ZHANG Yuan-liang

(Heilongjiang Journal Press of Agricultural Science and Technology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** As an important farming method in China, paddy-upland rotation is conducive to improving land use efficiency, soil quality, crop yield and sustainable development of farmland. In order to promote the application and popularization of paddy-upland rotation, this paper briefly introduced the paddy-upland rotation and its related social, economic and ecological benefits. The effects of paddy-upland rotation on soil were reflected from the physical and chemical properties of soil, and the changes of microorganisms and enzymes. As well as summarized the effects of paddy-upland rotation on the growth and yield of rice.

**Keywords:** paddy-upland rotation; soil; microorganisms and enzymes; rice; yield