



孙红,陈勇. 冬季保护性耕作对稻田土壤酶活性及水稻产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(12):19-23.

冬季保护性耕作对稻田土壤酶活性及水稻产量的影响

孙红^{1,2}, 陈勇¹

(1. 四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130; 2. 黑龙江省农业科学院 大豆研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了合理利用农田,提高土地利用效率,改善稻田土壤环境,促进水稻增产。在连续2年大田分区定位试验基础上,以水稻品种F优498为供试材料,研究了薯-稻(PR)、油-稻(RR)、冬闲-稻(WFR)3种植模式下稻田土壤酶活性的动态变化及不同种植方式对水稻产量的影响。结果表明,PR、RR较对照WFR相比,可显著提高土壤中过氧化氢酶活性和脲酶活性,水稻整个生长期中过氧化氢酶活性在分蘖盛期和齐穗期达到峰值,2个时期均是PR模式最高,分别为2.78和2.38 mL·g⁻¹。3种耕作模式的脲酶活性均在水稻抽穗期最高,具体表现为PR>RR>WFR,抽穗期后稻田土壤脲酶活性开始下降,齐穗期至成熟期脲酶活性下降幅度最大。各处理下水稻单位面积的有效穗和产量的变化趋势均为PR>RR>WFR,PR和RR模式较WFR模式分别提高了14.00%、4.96%和7.23%、0.72%。说明PR、RR两种保护性耕作模式较WFR这种非保护耕作模式能够提高土壤酶活力,增加水稻有效穗数和产量。

关键词:保护性耕作;稻田;土壤酶活性

保护性耕作是20世纪初,在美国农业生产严重受损时,为了保护农业生产而不断发展起来的一种耕作制度^[1]。稻田冬季保护性耕作是一种我国的传统农业耕作方式,广泛运用于我国水热

资源丰富,适宜水稻或其他作物复种,能够种植冬季作物的南方稻田区^[2]。相关研究表明稻田保护性耕作能够涵养水源、提高水分利用率,增加土壤养分含量^[3],改善土壤结构、减少土壤的侵蚀破坏,减少有害气体的排放^[4]。稻田冬季保护性耕作不仅能够提高作物产量节本增收,带动稻田高产高效,同时还是一种兼顾经济效益、生态效益和社会效益,可解决粮食安全和农业结构调整及农民增收等社会问题的种植方式^[5-6]。

收稿日期:2022-10-06

第一作者:孙红(1991—),女,硕士,农艺师,从事耕作栽培与生理生态研究。E-mail:sunhong_99@126.com。

通信作者:陈勇(1979—),男,博士,副教授,硕士,从事稻田轮作制度与农业生态研究。E-mail:yongchen@sicau.edu.cn。

A Rapid Extraction Method for Soybean DNA Without Poisonable Chemicals

DU Yan-wei¹, ZHANG Xu¹, LI Jia-nan², JIANG Zhen-feng¹

(1. Northeast Agricultural University/Key Laboratory of Soybean Biology in Chinese Ministry of Education/Key Laboratory of Soybean Biology and Genetics Breeding of Chinese Agriculture Ministry, Harbin 150030, China; 2. North Corporation of Sinograin, Nenjiang 161400, China)

Abstract: Usually, CTAB method or kit and other methods are commonly used to extract plant genomic DNA, but the extraction procedures are often cumbersome, the extraction time is long, and poisonable chemicals will be often used in the extraction process, which has certain risks to our health and surrounding environment. Exploring a green extraction technology suitable for genomic DNA that is not poisonable, simple to operate, high efficiency and short in time can not only save experimental time, but also improve experimental efficiency. The current study uses NaOH to carry out a simple and rapid extraction of soybean DNA. This technology meets the conventional PCR detection and has certain utilization value and application prospects.

Keywords: soybean; NaOH; DNA extraction; PCR

近年来,随着稻田冬季保护性耕作的广泛推广,形成了很多不同保护性耕作方式,其中应用范围较大的有薯-稻模式(冬季稻田免耕种植马铃薯)、油-稻模式(冬季稻田免耕直播油菜)、草-稻模式(冬季稻田免耕直播燕麦草和免耕直播黑麦草)等稻田冬季保护性耕作技术模式^[7]。土壤酶是一种参与土壤中的各种生物化学过程的生物催化剂,土壤酶活性不仅能够反映土壤中各种生物活性的高低,而且能表征土壤养分转化的快慢,在一定程度上土壤肥力状况可通过土壤酶活性呈现^[8]。现有的大量研究中大多是关于连作和不同施肥水控管理措施对农田土壤酶活性的研究,而以不同保护性耕作类型为研究对象,研究各保护性耕作类型下农田土壤由旱到水的过程中酶活性的变化和各类型下土壤酶活性随生育期的动态变化的相关研究比较少见^[9]。不同的冬季保护性耕作模式在开发稻田冬春效益的同时,还影响着后季作物水稻的生长发育^[10]。多年来关于稻田免耕、秸秆覆盖对作物生长和土壤肥力的影响有较多的研究报道^[11-14]。

目前,对于不同保护性耕作类型对土壤酶活、水稻生长及产量的影响研究报道却较少,尤其在南方多种冬季作物的优化和比较方面更为欠缺。本研究采用长期定位大田试验,设计薯-稻(PR)、油-稻(RR)和冬闲-稻(WFR)3个处理,研究两种稻田冬季保护性耕作种植模式较冬闲-稻这种非保护性耕作模式的土壤酶活性变化的影响,以期为南方稻区稻田冬季保护性耕作的推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2017年10月至2018年10月于四川省崇州市四川农业大学实验基地进行,崇州市位于30°30'N~30°53'N,103°07'E~103°49'E,属亚热带湿润季风气候,年平均气温15.9℃,年平均日照时数为1 161.5 h,年平均降雨量1 012.4 mm,平均霜日19 d。土壤类型为肥力中等的中壤土,土壤基础肥力指标,见表1。

表 1 供试土壤理化性质

土层深度/cm	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/%	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	pH
0~10	29.37	0.158	145.9	20.81	123	6.71
10~20	24.82	0.142	117.4	18.89	118	6.63

1.2 材料

供试水稻品种为F优498,马铃薯品种为费乌瑞它,油菜品种为川油36,均由四川农业大学农学院提供。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 长期定位研究不同稻田冬季保护性耕作对耕层土壤酶活性及水稻生长发育的影响。设置单因素随机区组试验,设3个水平,分别为:薯-稻(PR)于11月24日免耕秸秆覆盖栽培,马铃薯播种株行距25 cm×40 cm,播种密度6.75万株·hm⁻²,并覆盖8~10 cm厚稻草,5月15日收获马铃薯块茎;油-稻(RR)油菜于10月10日人工拉线直播,株行距为33 cm×50 cm,次年5月15日收获;冬闲-稻(ILR)秋季水稻收获后,田间不做任何处理,空闲放置。各处理下的水稻采用抛秧盘泥浆育秧,秧龄为45 d,于5月23日采用手插方式移栽,行穴距为20 cm×33 cm,保苗密度为3.032×10⁵株·hm⁻²,每穴2株;各小区面积32 m²(4 m×8 m),4次重复,共12个小区,用水泥墙体分区隔开。

1.3.2 测定项目及方法 土样采集:分别于旱季作物收获后、水稻分蘖盛期、拔节期、抽穗期、齐穗期和成熟期对稻田土壤进行土样采集。按照5点随机取样法分0~10 cm、10~20 cm两个垂直层次采集土样。将每个样的土壤剖面同一层次的土样混合均匀后,立即装入无菌纸袋中,写明采集地点、编号、采样深度、采集日期、采集人和小区编号等带回实验室。室内自然晾晒、磨细,过20目筛,用于土壤酶活性的测定^[15-16],分别测定土壤的过氧化氢酶和脲酶活性。

土壤酶活性的测定:参照关松荫^[17]的土壤酶及其研究方法,其中过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法,过氧化氢酶活性以1 g土壤每分钟内消耗0.1 mol·L⁻¹ KMnO₄的毫升数表示;脲酶采用靛酚比色法测定,脲酶活性以100 g干土在37℃下24 h内酶解尿素释放的NH₃-N的毫克数来表示。

水稻产量及产量构成因素的测定:稻米成熟期先于每小区中选取50穴计数平均有效穗,再按平均有效穗数取5穴样株进行室内考种,测定着

粒数、实粒数、千粒重然后对每小区实收测产。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据统计,利用 DPS 7.05 对数据进行分析 and 制图。

2 结果与分析

2.1 不同保护性耕作模式对稻田土壤酶活性的影响

2.1.1 过氧化氢酶 由表 2 可知,旱季作物收获后的不同耕作模式间过氧化氢酶活性差异较大,具体表现为 WFR>RR>PR。3 种耕作模式下过氧化氢酶活性在各个生育时期均表现为 0~10 cm

高于10~20 cm,不同土层间过氧化氢酶活性在各关键生育期的变化规律一致。过氧化氢酶活性在整个生育时期中有两个峰值分别出现在分蘖盛期和齐穗期,分蘖盛期的峰值最高的处理是 PR 模式(2.78 mL·g⁻¹),且 PR 模式极显著高于 RR 和 WFR 模式;齐穗期 3 种模式下的过氧化氢酶活性峰值大小差异不大,其中 PR 模式最高,为 2.38 mL·g⁻¹;不同保护性耕作模式下过氧化氢酶活性均在水稻成熟期最低,其中 RR 模式最高,为 0.76 mL·g⁻¹,但不同耕作模式间差异不显著。

表 2 不同保护性耕作模式对土壤过氧化氢酶活性的影响 单位:mL·g⁻¹

处理	土层/cm	旱季收获后	分蘖盛期	拔节期	抽穗期	齐穗期	成熟期
PR	0~10	2.06±0.001 cC	2.78±0.063 aA	1.71±0.036 bB	2.06±0.029 bB	2.38±0.096 aA	0.64±0.018 aA
	10~20	1.93±0.046 aA	2.71±0.129 aA	1.62±0.034 bAB	1.81±0.036 bB	1.98±0.033 cC	0.66±0.001 aA
RR	0~10	2.24±0.034 bB	2.19±0.000 bB	1.90±0.035 aA	2.15±0.037 aA	2.32±0.119 aA	0.76±0.033 aA
	10~20	2.08±0.035 aA	1.99±0.002 bB	1.85±0.036 aA	1.96±0.026 aA	2.25±0.001 aA	0.75±0.057 aA
WFR	0~10	2.38±0.059 aA	2.12±0.000 bB	1.85±0.064 aAB	1.91±0.001 cC	2.29±0.159 aA	0.70±0.076 aA
	10~20	2.03±0.130 aA	1.96±0.001 bB	1.86±0.029 aA	1.81±0.037 bB	2.08±0.039 bB	0.71±0.034 aA
F	0~10	49.09 **	292.30 **	13.47 **	56.08 **	0.35	1.42
	10~20	2.68	97.93 **	50.36 **	21.48 **	65.23 **	2.23

注:同列不同大、小写字母分别表示同一土层不同模式间在 P≤0.01 和 P≤0.05 显著水平;* 和 ** 分别表示差异达到 0.05 和 0.01 显著水平。下同。

2.1.2 脲酶 由表 3 可知,3 种耕作模式下旱季作物收获后和水稻生长发育期稻田的土壤脲酶活性在土层间同样存在上层(0~10 cm)高于下层(10~20 cm)的垂直变化规律,且上下两个土层间酶活性的动态变化规律趋于一致。旱季作物收获后不同模式间的脲酶活性表现为 RR>PR>WFR,且 RR 和 PR 模式在 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层显著或极显著高于 WFR 模式。分蘖盛期 0~10 cm 土层土壤脲酶活性 3 种耕作模式间差异极显著,具体表现为 PR>RR>WFR;10~20 cm 土层表现为 PR 和 RR 极显著

高于 WFR 模式。3 种耕作模式的脲酶活性均在水稻抽穗期最高,具体表现为 PR>RR>WFR,其中 0~10 cm 土层中 PR 和 RR 模式分别较 WFR 模式高 6.86 和 1.25 mg·(100 g)⁻¹;10~20 cm 土层中 PR 和 RR 模式极显著高于 WFR 模式,分别较 WFR 高 5.96 和 2.46 mg·(100 g)⁻¹。抽穗期后稻田土壤脲酶活性开始下降,齐穗期至成熟期脲酶活性下降幅度最大,成熟期时脲酶活性仍表现为 PR 模式最高,且 PR、RR 两种保护性耕作方式的脲酶活性显著高于 WFR 这种非保护耕作模式的脲酶活性。

表 3 不同保护性耕作模式对土壤脲酶活性的影响 单位:mg·(100 g)⁻¹

处理	土层/cm	旱季收获后	分蘖盛期	拔节期	抽穗期	齐穗期	成熟期
PR	0~10	33.03±0.02 bB	46.29±0.35 aA	33.76±0.21 aA	68.03±1.21 aA	63.59±0.77 aA	41.24±0.35 aA
	10~20	30.10±0.01 aA	39.65±3.00 aA	31.57±0.07 aA	55.10±11.81 aA	48.01±0.08 aA	36.52±0.07 aA
RR	0~10	34.79±0.01 aA	39.15±0.36 bB	32.02±2.52 abA	62.42±2.08 aA	61.03±0.08 bB	39.17±0.25 bAB
	10~20	32.70±0.04 aA	38.20±1.19 aA	30.11±2.72 aA	51.60±0.20 bAB	41.64±0.07 bB	35.29±0.32 bB
WFR	0~10	30.10±0.02 cB	31.14±0.04 cC	28.83±1.96 ba	61.17±0.77 aA	52.13±0.02 cC	37.94±1.24 bB
	10~20	28.76±0.13 bB	30.70±1.31 bB	25.23±1.41 bB	49.14±1.18 bB	36.09±1.11 cC	27.18±0.56 cC
F	0~10	23.45 **	1782.72 **	5.46 *	2.03	389.20 **	12.75 **
	10~20	10.08 **	17.10 **	11.94 **	17.19 **	255.38 **	557.13 **

2.2 不同保护性耕作模式对水稻产量的影响

由表 4 可知,各处理的产量变化趋势为 PR>RR>WFR, PR 和 RR 的产量均显著高于 WFR,较 WFR 模式分别提高了 7.23%和 0.72%。

从产量构成因素来看各处理下水稻单位面积

表 4 不同保护性耕作模式对水稻产量及其构成因素的影响

处理	有效穗/ (万穗·hm ⁻²)	实粒数/ (百万粒·hm ⁻²)	结实率/%	千粒重/g	产量/ (t·hm ⁻²)
PR	182.62 aA	214.43 aA	85.45 aA	29.33 aA	8.90 aA
RR	168.13 bAB	204.87 aA	87.11 aA	29.32 aA	8.36 aA
WFR	160.19 bB	205.91 aA	87.01 aA	29.51 aA	8.30 bA
F	8.00 * *	1.10	0.86	0.30	2.73

3 讨论

我国南方稻区降雨充沛且雨热同季能够保证冬季作物的正常生长发育,且冬季作物的种植可以为农田补充足够的有机物质,为后季作物的生长提供良好的环境基础^[18-19]。本研究表明,过氧化氢酶、脲酶活性均表现为上层土壤高于下层土壤,且两个土层酶活性的变化规律趋于一致。表层土壤酶活性较高的主要原因是表层水热条件和通气状况好,有机质含量高,且土壤表层积累了腐殖质有充分的营养源以利于微生物的生长,同时水稻根系主要集中分布在表层土壤中,使得表层土壤中的根系分泌物也特别多,所以表层土壤酶活性较高^[20]。从旱季作物收获后到水稻成熟收获整个水稻生育时期中水旱轮作模式下的过氧化氢酶活性、脲酶活性整体上都显著高于冬闲-稻模式。这与符冠富等^[20]的试验结果具有一致性,其研究表明,水稻与小麦、水稻与黑麦草和紫云英的水旱轮作模式均可使土壤中酶活性显著增强,在水稻生长发过程中一直高于稻田冬季闲置的模式。薯-稻模式对酶活性影响最大的原因可能是马铃薯生长期间稻秆覆盖,部分残茎留土后,植物残体经过风化腐解作用,增加了土壤有机质含量,促进了土壤微生物的生长繁殖活动,有利于土壤形成小团聚体以及松结态腐殖质^[21-23],影响这些与酶活性相关的主要因素,进而促使酶活性显著提高。

不同的前季作物通过与土壤的互作作用从土壤中吸取养分完成生长发育的同时也向土壤中分泌排放不同的物质,从而改变土壤中的微环境,改变根系的生长状况,进而影响水稻的生长。不同保护性耕作模式下的水稻生长发育的土壤环境不同,使得水稻干物质的积累具有差异性,水稻的

的有效穗的变化趋势均为 PR>RR>WFR, 其中 PR 显著高于 RR 和 WFR,比 RR 和 WFR 分别高了 8.62%和 14.00%。各处理的实粒数和结实率均无显著性差异,千粒重 WFR 模式最高,但与 PR、RR 的千粒重差异不大。

群体干物重是各个模式下水稻个体生长状况和群体质量高低的主要标志^[24]。本研究中 PR、RR 两种模式较对照 WFR 模式能有效促进有效穗的形成,对产量的影响表现为薯-稻、油-稻这两种保护性耕作模式下水稻的产量明显优于冬闲-稻模式,且薯-稻模式对水稻生长发育的促进作用要高于油-稻模式。说明两种保护性耕作模式较冬闲田能显著性促进水稻的生长发育使得作物对养分的吸收利用速率加快,尤其是地上部进行快速的营养生长,拥有较多的有效穗数,进而提高了水稻产量。这与前人试验结果冬季复种的保护性耕作较冬闲-稻显著提高水稻干物质及产量具有一致性^[25-26]。薯-稻这种保护性模式的增产效果高于油-稻保护性耕作模式的增产效果。可能是因为稻田冬季复种马铃薯,尤其是马铃薯季大量肥料残留及秸秆的覆盖能够产生较多的冬季作物生物量,使还田量增加,从而提供更多水稻所需的养分,为后季作物争取更充足的肥力,利于后季水稻的生长发育,进而提高水稻产量。

4 结论

稻田冬季保护性种植马铃薯、油菜较对照冬闲,可以显著提高土壤中的酶活性。酶活性在不同模式下的变化差异在表层土壤中表现的更为显著,且酶活性随着土层的加深而降低。较冬闲-稻而言,冬季保护性耕作有利于酶活性的增加。在水稻生长发育方面,冬季保护性耕作较冬闲-稻更能促进水稻的生长发育,薯-稻、油-稻两种保护性耕作模式较对照冬闲-稻模式显著性提高了水稻的有效穗,且显著增产。

参考文献:

[1] URI N D. Factors affecting the use of conservation tillage in the United States[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1999 (3): 621-638.

[2] 符冠富,王丹英,章秀福. 稻田冬季保护性耕作的农业和生态意义[J]. 中国稻米,2007(4):1-4.

[3] 罗玉琼. 保护性耕作对土壤质量和水稻生长及产量的影响[D]. 南宁:广西大学,2020.

[4] 谢燕,陈曦,胡正华,等. 短期保护性耕作措施对大豆-冬小麦轮作系统温室气体排放的影响[J]. 环境科学,2016(4):1499-1506.

[5] 黄国勤. 中国南方稻田耕作制度发展的成就、问题及战略对策[J]. 华中农业大学学报,2022,41(1):1-20.

[6] 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(5):1215-1223.

[7] 黄国勤,杨滨娟,王淑彬,等. 稻田实行保护性耕作对水稻产量、土壤理化及生物学性状的影响[J]. 生态学报,2015,35(4):1225-1234.

[8] 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.

[9] 陈婉华,袁伟,王子阳,等. 不同耕作方式与秸秆还田对土壤酶活性及水稻产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2022(7):162-169.

[10] 周春火. 不同复种方式对水稻生长发育和土壤肥力影响研究[D]. 南昌:江西农业大学,2012.

[11] 李占元,李宝灿. 不同栽培方式对水稻主要生育性状和产量的影响[J]. 现代农业科技,2011(3):63-64.

[12] 任万军,黄云,吴锦秀,等. 免耕与秸秆高留茬还田对抛秧稻田土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2011(11):2913-2918.

[13] 施振云,杨锋,施俭. 油菜壳还田对水稻产量及土壤肥力的影响[J]. 土壤肥料,2003(1):22-24.

[14] 罗玉琼. 保护性耕作对土壤质量和水稻生长及产量的影响[D]. 南宁:广西大学,2020.

[15] 全国农业技术推广服务中心,湖南省土壤肥料工作站,江西省土壤肥料技术推广站. 土壤检测第1部分:土壤样品的采集、处理和贮存:NY/T1121.1—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

[16] 奚廷孔,张艳新. 土壤样品的采集和处理技术[J]. 广西农学报,2007,22(3):36-37,43.

[17] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:北京农业出版社,1989:260-340.

[18] 郑家国,谢红梅,姜心禄,等. 南方丘区两熟制稻田保护性耕作的稻田生态效应[J]. 农业现代化研究,2005(4):294-297.

[19] 周际海,邵茹茹,魏倩,等. 旱地红壤不同土地利用方式对土壤酶活性及微生物多样性的影响差异[J]. 水土保持学报,2020,34(1):327-332.

[20] 符冠富,王丹英,徐春梅,等. 稻田冬季保护性耕作对土壤酶活性以及稻米品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009(3):618-624.

[21] 刘骁蓓. 秸秆还田方式与施肥对水稻土壤微生物学特性的影响[D]. 成都:四川农业大学,2013:1-134.

[22] 万忠梅,吴景贵. 土壤酶活性影响因子研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005(6):87-92.

[23] 陈洪俊,黄国勤,杨滨娟,等. 冬种绿肥对早稻产量及稻田杂草群落的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(10):1976-1984.

[24] 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.

[25] 杨中艺,岳朝阳,辛国荣,等. 稻田冬种黑麦草对后作水稻生长的影响及其机理初探[J]. 草业科学,1997(4):21-25.

[26] 马殿荣,陈温福,徐正进,等. 不同栽培方式对水稻群体形态特征的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2005(4):392-395.

Effects of Winter Conservation Tillage in Paddy Field on Soil Enzyme Activities and Rice Yield

SUN Hong^{1,2}, CHEN Yong¹

(1. College of Agronomy, Sicuan Agricultural University, Chengdu 611130; 2. Soybean Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to rationally utilize farmland and improve land use efficiency, improve the soil environment of paddy field and promote rice yield increase. Based on two consecutive years of field regionalized positioning experiments, the dynamic changes of soil enzyme activities and the effects of different planting methods on rice yield were studied under three planting modes of Potato-Rice (PR), Rape-Rice (RR) and Winter Fallow-Rice (WFR), using rice variety Fyou 498 as test material. The results showed that PR and RR could significantly increased the catalase activity and urease activity in the soil compared with the control WFR. The catalase activity reached the peak in the full tillering stage and full heading stage during the whole growth period of rice, and the PR mode was the highest in both stages, which were 2.78 and 2.38 mL·g⁻¹, respectively. The urease activity of the three tillage modes was the highest at the heading stage of rice, specifically PR>RR>WFR. After the heading stage, the urease activity of the paddy soil began to decline, and the largest decline occurred from the full heading stage to the mature stage. The change trend of effective panicle and yield per unit area of rice under each treatment was PR>RR>WFR, and PR and RR models were 14.00%, 4.96%, and 7.23%, 0.72% higher than WFR models respectively. It shows that conservation tillage (PR and RR) can improve soil enzyme activity, effective panicles and yield of rice compared with non conservation tillage(WFR).

Keywords: winter conservation tillage;paddy field;soil enzyme activity