

秸秆还田对水稻生长发育及产量影响的研究进展

高斯侗¹,曾宪楠²,王 麒²

(1.东北农业大学 农学院,黑龙江 哈尔滨 150030;2.黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为充分利用作物秸秆资源,并探讨其还田效用,综述了秸秆还田对水稻生长发育、产量和稻米品质的影响,并讨论了目前还存在的问题与今后研究的重点。为今后秸秆资源的合理利用、水稻产量的提高和稻米品质的改善提供一定的科学依据,同时对保护生态环境,发展可持续农业具有重要意义。

关键词:水稻;秸秆还田;生长发育;产量

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2018)01-0132-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2018.01.0132

水稻是世界三大粮食作物之一,在我国有超过半数的人口用稻米作为主食。我国是农业大国,耕地面积占全球总量 8.6%,农作物产量巨大的同时也带来了丰富的作物秸秆资源,我国作物秸秆年总产量可达到 7 亿 t 左右,如果能对这一宝贵资源进行合理利用,将会带来巨大的经济效

益,同时生态、社会效益也会随之提高。秸秆还田是未来农业研究的重要对象,是今后农业可持续发展的大势所趋。作物秸秆是一种可持续利用的农业资源,如何合理利用秸秆以提高作物产量一直是农业研究的热点问题。就秸秆还田对水稻生长发育、产量及稻米品质的影响进行了综述,以期进一步研究秸秆的有效利用,实现水稻高产的目标,为发展清洁、高效的可持续农业提供理论依据^[1]。

1 秸秆还田对水稻生长发育的影响

秸秆含有大量的 C、N、P、K 等营养元素,是作物生长重要的有机肥料来源之一,秸秆还田腐解后,会使土壤养分含量增加,促进作物的生长发育。韩新忠等^[2]研究发现,秸秆还田对水稻分蘖

收稿日期:2017-11-05

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(2015 03136);哈尔滨市科技创新人才资助项目(2017 RAQYJ038);黑龙江省农业科技创新工程资助项目(2014 ZD004);黑龙江省水稻现代农业产业技术协同创新体系资助项目(黑农委体系(水稻)[2017]1号)

第一作者简介:高斯侗(1995-),女,辽宁省凤城市人,在读硕士,从事水稻耕作栽培研究。E-mail:457874734@qq.com。

通讯作者:王麒(1980-),男,黑龙江省鸡西市人,博士,副研究员,从事水稻耕作栽培研究。E-mail:neauwq@163.com。

Application Prospect of Rice Fertilization and Transplanting Integrated Technology in Heilongjiang Province

WANG Yu-feng, GU Xue-jia, ZHANG Lei

(Key Laboratory of Agricultural Environment of Northeast Plain, Ministry of Agriculture / Institute of Soil Fertilizer and Environment Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract:Integration technology of rice fertilization and transplanting, also is known as deep-side fertilizing technology, strip-side fertilizing technology, or machine-depth fertilization technology. It is more advanced and mature deep fertilization method, this technology has been widely used in Japan, and it is tried in parts of our country. Heilongjiang province is a major rice producing areas, this technology have been applied in part of the farms, counties and cities, due to different reasons, it has not been widespread promotion. The technical application feasibility and development prospect of rice fertilization and transplanting integrated technology in Heilongjiang province were analyzed.

Keywords:rice; fertilization and transplanting integration technology; application; development

数、株高、SPAD 及干物质积累量在水稻生育前期与对照组相比并不明显,而在水稻生育后期,秸秆还田才逐渐显现对水稻生长有利的一面。大部分的研究表明,秸秆还田抑制了水稻的前期生长,促进了水稻中后期生长,对于这一影响产生的原因,结论不一。有研究认为,秸秆还田影响直播水稻种子出苗,会降低秧苗素质,是因为秸秆还田促进了水稻根系分泌一些有毒物质,例如对羟基苯甲酸、丁香酸及杏仁酸等酚类,这些物质不利于水稻种子出苗。但扶明英等^[3]认为是由于秸秆的 C/N 较高,作物较难直接吸收利用,需要经过腐熟分解后才能释放出作物生长所需的营养物质,但秸秆在腐解过程中固定了部分的氮素,因此土壤的含氮量相应减少,进而影响水稻前期的生长发育。还有研究认为,秸秆在水稻田发酵会分解产生一些不利于水稻生长的物质,如各种有机酸和 CO₂,初期会抑制水稻苗生长,但秸秆腐解后向土壤释放养分,土壤碱解氮含量得到显著提高,为水稻提供营养生长和生殖生长所必需的营养物质,从而促进水稻的中后期生长。但徐国伟等^[4]研究表明当秸秆还田量在 7.5 t·hm⁻² 时,结实期干物质积累量和 LAI 与对照组相比并无明显差异,根系活性也无显著性变化,前期腐解的秸秆对直播稻结实期的生长发育并没有显著的促进作用,这可能是由于前期秸秆腐解量较大,促进根系分泌过多有机酸,已经使根系受到较大的损害,进而影响了作物的生长。秸秆还田对根系分泌的影响和与作物生长发育的关系有待深入研究。

秸秆还田量的多少也影响着水稻的生长。季陆鹰等^[5]研究发现,水稻生长前期的秸秆还田量越大,水稻分蘖起步越迟,茎蘖数越少,水稻的 LAI 越小,干物质积累量越慢,但是在水稻生长中后期秸秆还田量越大,水稻的 LAI 越大,干物质的积累量越快,这样的研究结果同胡茂辉等^[6]的研究结论基本一致。孙扬等^[7]研究表明,盐渍化水田秸秆还田量不能过高,尤其是北方的春季气温较低,秸秆腐熟速度较慢,如果还田量过大秸秆腐熟时间长,不利于水稻生长。而王克如等^[8]认为,小麦秸秆还田后,水稻返青期短,分蘖起步早,并且还田量高的处理分蘖起步更早,发生更快。关于秸秆还田是否抑制水稻前期生长,目前还存在较大分歧,这可能与秸秆还田方式、还田量和相应的栽培技术有关,还有待进一步研究论证^[9]。

2 秸秆还田对水稻产量的影响

秸秆还田对水稻生长发育是否有促进作用最有说服力的证据就是水稻的产量^[10]。秸秆还田对水稻产量的影响因还田量、还田方式、还田时间、翻压程度和不同的秸秆形态而存在差异。水稻产量是由单位面积内的有效穗数、每穗粒数、结实率和粒重 4 个因素构成,要想获得高产必须优化各个因素的组配。刘世平等^[11]提出,秸秆还田配合常规水稻栽培模式,会使水稻的单位面积有效穗数减少,增加每穗粒数和结实率,最终显著提高水稻产量。这与唐银生^[12]的研究结论基本一致,说明秸秆还田有利于形成水稻大穗,可以显著提高水稻结实率和增加千粒重最终提高产量。这与还田后期秸秆分解,向土壤释放养分密切相关。但也有研究认为,秸秆还田对水稻千粒重的影响并不明显,裴鹏刚等^[13]研究表明,在秸秆还田处理的条件下,单位面积有效穗数的增加是水稻增产的主要原因。武立权等^[14]提出,水稻的产量及其构成因素随秸秆埋深的增加而降低,当秸秆埋深为 6 cm 时水稻的单位面积有效穗数最多,结实率和产量也最高。这与李新举等^[15]对不同秸秆还田埋深研究结果基本一致,即大田中作物秸秆埋深 5~8 cm 处理可以加快秸秆腐解,有利于水稻增产。但也有研究表明,秸秆还田会造成水稻减产,其中穗粒数降低 12.1%,千粒重平均降低 5.7%,产量降低约 7.7%^[16]。

还田量的多少对水稻的增产效果也存在着一定的差异。李军等^[17]研究表明,秸秆还田量小于 9 000 kg·hm⁻² 时,随着秸秆还田量的增加,水稻产量也随之提高,当还田量达到 9 000 kg·hm⁻² 时水稻产量最高,但随着秸秆还田量的继续增加,水稻产量反而呈迅速递减的趋势。这可能是因为当还田量较低时,水稻生育后期缺少相应的养分,因此产量随还田量增加而递增,当达到一定值时产量达到峰值,但当还田量过高时,水稻生育前期会积累较多的有机酸和 CO₂,造成水稻减产。大多数研究表明,麦秆全量还田的水稻产量大于半量还田^[18-19],但也有研究表明,半量还田的产量大于全量还田^[20]。这可能与秸秆还田的方式、时间和秸秆形态的不同有关。

还田时间的不同对水稻的产量有不同的影响。庞成庆等^[21]研究表明,水稻秸秆冬季还田的产量高于秸秆春季还田。杨力等^[22]提出,在隔季还田、当季还田和全年还田 3 种处理下,全年还田

处理增产效果最为显著。刘晓霞等^[23]研究指出,水稻产量随着秸秆还田年限的增加呈递增趋势,在秸秆还田连续实施 4 a 中,水稻的增产率由 0.6% 提高到 3.2%,这与王秋菊等^[24]的研究结果基本一致。但朱少云等^[25]研究发现,随秸秆还田年限的持续,增产幅度逐渐减小。关于秸秆还田年限与作物产量的问题还有待研究,目前已有研究均存在开展年限较短,试验结果还不具有普遍性和代表性。

郇石根等^[10]认为,在不同区域条件下,秸秆还田对水稻的增产效果存在较大的差异,这可能与供试土壤肥力状况有直接关系。还田方式的不同也对水稻产量有一定的影响。张磊等^[26]研究表明,不同的秸秆还田方式会影响作物产量和养分吸收。秸秆翻压还田方式产量大于覆盖还田方式,粉碎还田方式产量大于整秆还田方式。马鹏等^[27]的研究结果表明,水耕翻埋秸秆还田方式的水稻产量大于旱耕翻埋,旱耕翻埋秸秆的还田方式大于田面覆盖还田方式。

相关研究表明,秸秆还田配施一定量的化肥既可以增产,又可以节约资源、保护环境。何佐依等^[28]的研究表明,还田秸秆可以分解释放一定量的磷钾,能部分替代化肥养分。沈亚强等^[29]研究表明,秸秆还田配施减量化肥,水稻产量大于常规施肥。葛立立等^[30]研究表明,秸秆还田与化肥配施对水稻的增产效果具有显著作用。已有研究表明,秸秆还田配合实地氮肥管理可以使水稻增产效果达到显著水平^[31-32]。关龙峰等^[33]提出,秋施尿素可以促进水稻秸秆分解,加快释放秸秆中的养分,提高水稻产量。闫超等^[34]研究结果显示,秸秆还田和增施钾肥均能够显著增加土壤水溶性钾浓度和水稻产量。秸秆还田初期不易腐熟,释放养分缓慢不利于水稻生长,合理配施秸秆腐熟剂可以增加水稻的产量。王飞军等^[35]研究认为,在早稻秸秆还田时加施腐熟剂,能加快秸秆腐熟的速度,且增产效果显著,这与邓小强等^[36]的研究结果一致。严正炼等^[37]研究认为,在施用油菜秸秆 3 000 kg·hm⁻² 直接还田并应用腐秆剂的基础上,以油菜秸秆腐熟还田+化肥减量 10% 施用效果最好,增产显著,增产率为 5.5%。郭智慧等^[38]研究表明,施用腐秆剂虽然能提高作物产量,但是增产效果不是很明显,可能与周期短、大田复杂的环境条件有关系。众多研究结果表明,秸秆还田对水稻生产利大于弊,有利于水稻增产。

目前秸秆还田对水稻增产效果的机理研究有待进一步深入。

3 秸秆还田对稻米品质的影响

近几年来,随着人们生活水平的不断提高,稻米品质成为了当今人们重视的一个问题。关于秸秆还田对稻米品质的改善,众多研究结论并不一致。徐国伟等^[39]通过试验表明,麦秸还田配施氮肥可以减少稻米的垩白粒率、垩白度和直链淀粉含量,增加米粒的胶稠度,明显改善稻米的外观品质与食味品质,这与刘世平等^[40]的研究结论基本一致,并且稻米的出糙率、精米率和整精米率提高,这说明秸秆还田可以有效改善稻米的加工品质;在水稻免耕套种的条件下秸秆还田可以使稻米的蛋白质含量增加,改善稻米的营养品质。李宝灿^[41]研究表明,麦秸全量还田可以使米粒长度降低,宽度增加,降低稻米的长宽比,但同时有研究表明秸秆还田使稻米长宽比增加,这可能与水稻的品种有一定的关系。葛立立^[42]研究发现,玉米秸秆及其制成的有机物料还田均不同程度地使稻米的最高粘度和崩解值提高,最终粘度和消解值降低,改善了稻米的营养品质和食味品质。

合理的氮肥运筹能更显著提高稻米的品质。Wopereis-Pura 等^[43]研究认为多施穗肥可以显著提高稻米的加工品质。刘立军等^[44]研究认为氮肥后移比重的增加并不会使稻米的垩白率增加,但会使垩白度变大。潘圣刚等^[45]研究认为提高穗肥在总施氮量中的比例,蛋白质含量显著提高。同时有研究表明,在秸秆还田条件下,在施氮与不施氮的对比下,稻米蒸煮营养品质没有明显的改善效果^[30]。有关秸秆还田与氮肥运筹对稻米品质影响的形成机理有待进行深入研究。

殷世伟等^[46]提出,不同麦秸埋深处理不影响稻米的加工品质,但会使垩白粒率和垩白度降低,增加米粒的长宽比,提高食味值,改善稻米的外观品质和食味品质,这可能与水稻灌浆期间的营养供给有关,适宜的秸麦埋深可以为水稻颖花的发育提供养分,促进颖壳增长,籽粒变长,增加稻米的长宽比,缩短水稻结实期间胚乳养分运输的距离,所以垩白度降低。

4 展望

4.1 加强秸秆还田病虫害防治的研究

秸秆中可能含有一些带菌体,还田后使土壤中病菌数量增加,易引起水稻纹枯病、秆腐菌核

病、稻曲病等病害的发生,秸秆还可能携带害虫虫卵,越冬后引起虫害,最终导致水稻减产。同时,秸秆还田后会使得土壤温度和湿度升高,为病虫害的发生和传播创造了适宜的环境。另外,施用化学农药进行病虫害防治不仅会造成严重的污染,而且不利于人体的健康。因此,为达到秸秆资源利用最大化,形成水稻高产、稳产,加强秸秆还田病虫害防治研究很有必要。

4.2 加强秸秆还田与肥料运筹的研究

由于目前的秸秆还田技术还不够完善,秸秆还田量不能够达到绝对的均匀,因此在作物生长前期,容易出现由秸秆腐化引起的微生物与作物之间争夺土壤中营养元素的现象,如果不能及时配施追加相应的肥料,势必会影响苗期的生长,甚至影响最终的产量,但施肥过少没有显著成效,施肥过多又会造成资源浪费、环境污染,不利于农业的可持续发展,同时还会在一定程度上提高农民的种植成本。因此,合理分配秸秆还田与补充施肥的比例,是今后需要深入研究的重点问题之一。

4.3 加强秸秆还田快速腐熟的研究

黑龙江省位于我国的最东北部,纬度较高,全年降水较少,全省年平均气温多在 $-5\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,这种长期寒冷、干旱的环境不利于秸秆的腐熟分解,并且黑龙江省的秸秆还田技术大多以直接还田为主,秸秆分解速度慢,过量未分解的秸秆在土壤中积累易产生毒害物质,不利于土壤耕作、保苗和保墒。秸秆腐熟还田不但可以使土壤肥力提高,促进作物生长发育,提高作物产量,还可以腐熟分解后向土壤释放大量养分,减少肥料使用,节约资源并降低成本^[47]。因此,需要加强秸秆还田快速腐熟的研究,一是研究秸秆还田腐熟技术;二是研制能够在低温低湿条件下加速秸秆分解腐烂的菌种。

4.4 加强秸秆还田配套技术的研究

目前,我国秸秆还田率虽然较高,但机械化还田技术仍处于初级阶段,无论是理论还是应用方面仍不够成熟,随着秸秆还田的种类越来越多,已有的机械无法适用现有的秸秆种类,同时,不同地区的气候条件、土壤环境不同,因此相应的秸秆还田措施也不尽相同。所以,应该针对不同种类的作物秸秆研发相配套的还田机械,因地制宜地改进相应的秸秆还田农艺措施,有利于秸秆资源的高效利用。

参考文献:

- [1] 顾道健,薛朋,陆希婕,等. 秸秆还田对水稻生长发育和稻田温室气体排放的影响[J]. 中国稻米, 2014, 20(3): 1-5.
- [2] 韩新忠,朱利群,杨敏芳,等. 不同小麦秸秆还田量对水稻生长、土壤微生物生物量及酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(11): 2192-2199.
- [3] 扶明英,朱利群,李妍,等. 秸秆集中深埋对水稻生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 67-69.
- [4] 徐国伟,翟志华,陈珂,等. 不同秸秆还田量对直播水稻生长特性的影响[J]. 广东农业科学, 2015(16): 1-6.
- [5] 季陆鹰,葛胜,郭静,等. 不同麦秸秆还田量对机插水稻生长发育和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(5): 1982-1984.
- [6] 胡茂辉,张海清. 不同种植模式下秸秆还田对水稻生长发育和产量的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(3): 61-63.
- [7] 孙扬,刘亚亮,肖薇航,等. 盐渍化水田秸秆还田对水稻生长及产量的影响[J]. 作物杂志, 2012(4): 49-52.
- [8] 王克如,李少昆,汤永禄,等. 成都平原免耕及不同麦秸还田量种植水稻的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 171-174.
- [9] 金鑫,蔡林运,李刚华,等. 小麦秸秆全量还田对水稻生长及稻田氧化还原物质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(5): 80-85.
- [10] 郭石根,张洪良,龙光霞,等. 秸秆还田对酸性水稻土培肥增产效应分析[J]. 农业研究与应用, 2016(3): 20-25.
- [11] 刘世平,聂新涛,张洪程,等. 稻麦两熟条件下不同土壤耕作方式与秸秆还田效用分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 48-51.
- [12] 唐银生. 秸秆还田对机插水稻群体特征及产量构成的影响[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(4): 57-58.
- [13] 裴鹏刚,张均华,朱练峰,等. 秸秆还田对水稻固碳特性及产量形成的影响[J]. 应用生态学, 2014, 25(10): 2885-2891.
- [14] 武立权,徐礼森,桂文斌,等. 油菜秸秆还田对水稻产量及群体质量影响的研究[J]. 杂交水稻, 2016, 31(2): 32-34.
- [15] 李新举,张志国,李贻学. 土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 135-138.
- [16] 朱利群,张大伟,卞新民. 连续秸秆还田与耕作方式轮换对稻麦轮作1田土壤理化性状变化及水稻产量构成的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 81-85.
- [17] 李军,郭贵东,何敏,等. 不同秸秆还田量对水稻产量的影响[J]. 现代农业科技, 2013(2): 27.
- [18] 陈晓锋,陆萍,饶燕铭,等. 麦秸秆还田对水稻生产及土壤性状的影响研究[J]. 上海农业科技, 2014(3): 105-106.
- [19] 张苗森,李洪林,王小龙,等. 水稻秸秆不同还田量对土壤养分含量及水稻产量的影响[J]. 现代化农业, 2016(1): 12-13.
- [20] 饶燕铭,陆萍. 麦秸秆不同还田量对水稻生长的影响研究[J]. 上海农业科技, 2015(4): 26-59.
- [21] 庞成庆,秦江涛,李辉信. 水稻秸秆冬季还田对早稻产量和土壤钾素含量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(3): 83-88.
- [22] 杨力,刘洪进,李长亚,等. 秸秆还田对稻田土壤培肥和水

- 稻产量的影响[J]. 金陵科技学院学报, 2014, 30(2): 75-79.
- [23] 刘晓霞,陶云彬,章日亮,等. 秸秆还田对作物产量和土壤肥力的短期效应[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(3): 508-510, 513.
- [24] 王秋菊,常本超,张劲松,等. 长期秸秆还田对白浆土物理性质及水稻产量的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(14): 2748-2757.
- [25] 朱少云,陈佩建. 秸秆还田对水稻的增产潜力及效果分析[J]. 农技服务, 2016, 33(10): 144-145.
- [26] 张磊,戴志刚,鲁明星,等. 秸秆还田方式对水稻产量及养分吸收的影响[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(1): 51-55.
- [27] 马鹏,陶诗顺,黄晶,等. 小麦秸秆还田方式对四川主推水稻品种产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 115-118.
- [28] 何佐依. 秸秆还田对水稻产量和土壤肥力影响[J]. 农技服务, 2014, 31(3): 85.
- [29] 沈亚强,程旺大,张红梅. 绿肥及秸秆还田对水稻生长和产量的影响[J]. 中国稻米, 2011, 17(4): 27-29.
- [30] 葛立立,马义虎,卞金龙,等. 玉米秸秆还田与实地氮肥管理对水稻产量与米质的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 153-160.
- [31] 马义虎,顾道健,刘立军,等. 玉米秸秆源有机肥对水稻产量与温室气体排放的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(5): 520-528.
- [32] 裴鹏刚,张均华,朱练峰,等. 秸秆还田耦合施氮水平对水稻光合特性、氮素吸收及产量形成的影响[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(3): 282-290.
- [33] 关龙峰,周磊,牛岩. 秸秆还田技术对水稻产量的影响[J]. 现代化农业, 2014(5): 18-19.
- [34] 闫超,颜双双,王家睿,等. 寒地稻秸还田与施钾肥对土壤水溶性钾和水稻产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(5): 16-21.
- [35] 王飞军,庄亚其,黄涛,等. 秸秆快速腐熟还田对水稻产量及土壤肥力的影响[J]. 上海农业科技, 2012(1): 93, 96.
- [36] 邓小强,李文雅,龚雪飞,等. 油菜秸秆还田对水稻产量、经济效益与土壤理化性状的影响[J]. 耕作与栽培, 2017(4): 12-13.
- [37] 严正炼,杨淑涯. 遵义县油菜秸秆腐熟还田化肥减量试验研究[J]. 耕作与栽培, 2012(6): 26-40.
- [38] 郭智慧,邹明浪,安红梅,等. 小麦秸秆还田量中稻试验报告[J]. 农村经济与科技, 2012, 23(9): 9-11.
- [39] 徐国伟,吴长付,刘辉,等. 秸秆还田与实地氮肥管理对水稻产量及品质的影响[J]. 土壤肥料科学, 2006, 22(10): 209-215.
- [40] 刘世平,聂新涛,戴其根,等. 免耕套种秸秆还田对水稻生长和稻米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 71-76.
- [41] 李宝灿. 麦秸秆全量还田对水稻产量和品质的影响[J]. 现代农业科技, 2011(6): 60-61.
- [42] 葛立立. 有机物料还田与实地氮肥管理对水稻产量与品质的影响[D]. 扬州:扬州大学, 2013.
- [43] Wopereis-Pura M M, Watanabe H, Moreira J, et al. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valley[J]. Eur J Agron, 2002, 17(3): 191-198.
- [44] 刘立军,王志琴,桑大志,等. 氮肥运筹对水稻产量及稻米品质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2002, 23(3): 46-50.
- [45] 潘志刚,瞿晶,曹涛贵,等. 氮肥运筹对水稻养分吸收特性及稻米品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010(16): 522-527.
- [46] 殷世伟,吴子帅,张安存,等. 麦秸还田埋深对水稻产量和品质的影响[J]. 中国稻米, 2014, 20(1): 73-75.
- [47] 周明锋,李利民,欧阳玲. 水稻秸秆还田腐熟技术效果探讨[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 49-51.

Research Progress on Effects of Straw-returning on Growth and Yield of Rice

GAO Si-ti¹, ZENG Xian-nan², WANG Qi²

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030;

2. Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to make full use of crop straw resources, and discuss its utility, the effects of straw returning on growth, yield and quality of rice were summarized. The existing problems and further studies on straw returning were discussed. It will provide a scientific basis for the rational utilization of straw resources, the improvement of yield and quality of rice in the future. Meanwhile, it has great significance for protecting the ecological environment and developing sustainable agriculture.

Keywords: rice; straw-returning; growth and development; yield