

氮肥和密度对江西晚粳申优 26 的产量和氮肥利用效率的影响

陈忠平¹, 刘凯丽¹, 文喜贤¹, 孙明珠¹, 乐丽红², 王斌强³, 张 昆^{2,3*}

(1. 江西省农业技术推广中心, 江西南昌 330045; 2. 余干县农业农村局, 江西上饶 335100; 3. 江西省红壤研究所, 江西南昌 330046)

摘要 申优 26 是江西通过“籼改粳”专项引进的双季晚粳稻品种, 为了摸索其高效栽培技术, 通过田间小区试验, 探究施氮量、氮肥运筹和抛秧盘量对其产量及构成和氮肥利用效率的影响。结果表明, 申优 26 在江西中等肥力田块做双季晚稻种植时, 随着施氮量和分蘖肥施用比例的增加, 其产量和氮肥利用效率呈现先增加后降低的趋势, 其适宜施氮量和氮肥运筹比例分别为 270 kg/hm² 和基蘖穗比例 4:5:1。随着抛秧盘数量的增加, 申优 26 的产量及氮肥偏生产力也相应等比例增加, 且差异达显著水平。因此, 从产量及提高氮肥利用率来看, 申优 26 在江西做双季晚稻种植, 适应的施氮量水平为 270 kg/hm², 基蘖穗的氮肥运筹比例为 4:5:1, 同时增加 20% 的抛秧盘以增加基本苗。

关键词 申优 26; 江西晚稻; 氮肥运筹; 栽培密度; 氮肥利用效率

中图分类号 S511.2⁺2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)02-0030-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.02.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Nitrogen Fertilizer and Density on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Late Japonica Rice Shenyou 26 in Jiangxi

CHEN Zhong-ping, LIU Kai-li, WEN Xi-xian et al (Jiangxi Agricultural Technology Extension Center, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract Shenyou 26 is a double-cropping late rice Japonica rice variety introduced through the special project of ‘Indica to Japonica’ in Jiangxi Province. In order to explore its efficient cultivation techniques, a field plot experiment was conducted to explore the effects of nitrogen application rate, nitrogen fertilizer application and seedling throwing tray on its yield, composition and nitrogen use efficiency. The results showed that when Shenyou 26 was planted as double cropping late rice in medium fertility fields in Jiangxi Province, the yield and nitrogen use efficiency increased firstly and then decreased with the increase of nitrogen application rate and tiller fertilizer application ratio. The optimum nitrogen application rate and nitrogen application ratio were treatment 270 kg/hm², respectively. Results showed that the yield and nitrogen use efficiency of Shenyou 26 increased firstly and then decreased with the increase of nitrogen application rate and tiller fertilizer application ratio. The suitable nitrogen application rate and nitrogen operation ratio were 270 kg/hm² and 4:5:1, respectively. With the increase of the number of seedling throwing trays, the yield and partial productivity of nitrogen fertilizer of Shenyou 26 increased in equal proportion, and the difference reached a significant level. Therefore, from the point of view of stabilizing yield and improving nitrogen use efficiency, Shenyou 26 was planted as double-cropping late rice in Jiangxi, and the suitable nitrogen application rate was 270 kg/hm², the nitrogen fertilizer application ratio of basal tillering panicle was 4:5:1, and 20% seedling throwing tray was added to increase the basic seedlings.

Key words Shenyou 26; Late rice in Jiangxi; Nitrogen fertilizer management; Cultivation density; Nitrogen use efficiency

水稻是我国重要的粮食作物, 江西是全国重要的双季稻产区。2008 年以后, 江西“籼改粳”发展迅速, 尤其是双季晚粳的发展为粮食增产提供了新的技术途径^[1-2]。相比籼稻, 粳稻具有高产、优质、耐寒、耐肥、抗倒等特点, 可充分利用江西双季稻区晚稻生育后期的温光资源, 利于粳稻产量潜力的发挥, 从而进一步提高水稻单产, 且米质更优^[3-5]。2020 年, 江西通过“籼改粳”专项引进杂粳申优 26 并开展试验示范, 申优 26 是上海农业科学院以 BT 型不育系申 9A 和恢复系申恢 26 配组而成的早熟晚粳三系杂交稻, 2017 年通过上海市农作物品种审定委员会审定, 具有产量优势强、成熟期早、稻米品质优异、适宜种植范围广等优势, 适合作为单季晚稻或早茬口双季晚稻种植^[6]。目前, 江西审定和引种的粳稻品种多为籼粳杂交稻, 而配套的栽培技术研究较多, 如栽培方式方面, 认为手栽>抛秧>机插^[7], 肥料运筹方面认为当基蘖穗: 穗肥为 6:4 或 7:3 时, 双季晚粳稻能够实现高产、优质、高效的协调统一^[8], 但针对杂交粳稻的栽培技术研究较少。鉴

于此, 笔者以优质晚粳稻品种申优 26 为对象, 针对其生育特点, 研究了不同施氮量、氮肥运筹和抛秧量对其产量及其构成和氮肥利用效率的影响, 以期申优 26 在江西双季稻区的示范推广提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2020 年在南昌市进贤县张公镇马家村(28°15′30″N, 116°20′24″E)进行, 该地属于亚热带季风气候, 多年平均气温 18.1℃, 年平均降雨量 1 537 mm, 日照时数 1 575.50 h。试验田为第四纪黏土母质发育的红壤, 耕层结构发育良好, 耕作层厚度为 18.9 cm, 容重 1.05 g/cm³, 土质较黏重, 肥力中等。土壤基本理化性质如下: 有机质 23.16 g/kg, 碱解氮 105.90 mg/kg, 有效磷 26.85 mg/kg, 速效钾 72.00 mg/kg, 全氮 1.44 g/kg, 全磷 0.75 g/kg, 全钾 11.20 g/kg。

1.2 试验材料 试验采用优质晚粳稻品种申优 26。

1.3 试验设计 试验采取大田试验进行, 采用完全随机区组设计, 3 次重复。2019 年 12 月进行了冬翻, 深度 20 cm, 冬春季排水晒垡, 早稻种植品种为中嘉早 17, 使用高产栽培技术管理技术, 平均产量为 7 295.4 kg/hm²。早稻秸秆粉碎全量还田(秸秆长度 10 cm), 泡水后深旋耕(深度 15~20 cm)。试验小区面积 60 m², 用塑料膜包垄作小区, 四周设宽 2.0 m 保护行, 排水沟宽 0.5 m。

种植方式为抛秧, 使用 434 孔抛秧盘集中湿润育秧, 用

基金项目 上海市科技兴农推广项目(沪农科推字[2019]第 1-6 号); 江西红壤双季稻田肥沃耕层构建技术与集成示范(20171BBH80020)。

作者简介 陈忠平(1985—), 男, 江西会昌人, 高级农艺师, 硕士, 从事粮油生产技术与推广。* 通信作者, 高级农艺师, 硕士, 从事栽培耕作与资源环境研究。

收稿日期 2022-03-14

种量为 30 g/盘,常规抛秧盘数为 1 050 盘/hm²。7 月 1 日播种,7 月 24 日抛秧,9 月 9 日齐穗,10 月 30 日成熟。氮肥用量根据不同试验进行设计,磷肥施用量为纯磷 90 kg/hm²,作基肥 1 次施用,钾肥施用量为纯钾 150 kg/hm²,分基肥(50%)、穗肥(50%) 2 次施用。氮肥为普通尿素(含量 46%),磷肥为钙镁磷肥(含量 12%),钾肥为氯化钾(含量 60%)。各试验处理均采用湿润灌溉,病虫害绿色防控技术。

1.3.1 氮肥用量试验。共设置 6 个处理:N1(CK)为无氮处理;N2 处理为 180 kg/hm²;N3 处理为 210 kg/hm²;N4 处理为 240 kg/hm²;N5 处理为 270 kg/hm²;N6 处理为 300 kg/hm²;各处理基肥、蘖肥、穗肥均以 4:4:2 的比例施用。

1.3.2 氮肥运筹试验。根据氮肥的基肥、蘖肥和穗肥的施用的比例,共设置 6 个处理:Y1 处理(CK)为无氮;Y2 为 4:2:4;Y3 为 4:3:3;Y4 为 4:4:2;Y5 为 4:5:1;Y6 为 4:6:0,氮肥用量为纯氮 240 kg/hm²。

1.3.3 抛秧量试验。共设置 4 个处理:P1(CK)处理为 1 050 盘/hm²(无氮肥);P2 处理为 1 050 盘/hm²;P3 处理为 1155 盘/hm²(增加 10%);P4 处理为 1 260 盘/hm²(增加 20%);氮肥用量为纯氮 240 kg/hm²,各处理基肥、蘖肥、穗肥均以 4:4:2 的比例施用。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 考种及测产。在水稻成熟期(大田 90%籽粒成熟)随机调查 1 m² 水稻植株的蔸数和有效穗数,并计算平均数。

按其蔸平均有效穗数选取 5 蔸,利用水漂法^[9]考察穗粒结构,利用以上数据计算产量的构成因子。产量测定为各处理区人工割取 10 m² 进行机械脱粒,阴干后称重,测定稻谷水分,并按照梗稻 14.5%标准含水率折算实际产量。

1.4.2 氮肥利用效率的计算。氮肥偏生产力(kg/kg)= 水稻产量/氮肥处理小区的氮肥施用量。氮肥农学效率(kg/kg)=(施氮区水稻产量-不施氮区水稻产量)/施氮区氮肥施用量。

1.5 数据处理方法 采用 Microsoft Excel 2010 软件录入数据,t 检验和多重比较采用 Excel 2010 和 DPS 7.0 软件作统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量处理对产量和氮肥利用效率的影响 由表 1 可知,随着施氮量的增加,申优 26 的产量呈先增加后降低的趋势,其中 N5 处理产量最高,达到 8 206.65 kg/hm²,显著高于其他处理,具体产量顺序为 N5 处理>N6 处理>N4 处理>N3 处理>N2 处理>N1 处理。从产量构成看,有效穗数最多的处理为 N5,不同处理间的排序与产量相同;每穗总粒数以 N6 处理最高,与 N5 和 N4 处理间无显著差异,但这 3 个处理显著高于其他 3 个处理;结实率以 N6 处理最高,与 N5 处理间差异未达显著水平;各个处理的千粒重之间差异不显著。从氮肥利用效率来看,随着施氮量的增加,氮肥偏生产力呈现逐渐降低的趋势,而氮肥农学效率呈现先升高后降低的趋势,其中 N5 处理显著高于 N6 处理。

表 1 施氮量处理对申优 26 产量和氮肥利用效率的影响
Table 1 Effects of nitrogen application rate treatments on yield and nitrogen use efficiency of Shenyou 26

处理编号 Treatment code	有效穗数 Effective ears 万/hm ²	每穗总粒数 Total grains per ear 粒	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	实际产量 Actual yield kg/hm ²	氮肥偏生产力 Nitrogen partial factor productivity	氮肥农学效率 Agronomic efficiency of applied N
N1	211.67 e	91.67 c	28.37 a	88.31 b	4 637.05 e	—	—
N2	314.00 d	101.45 b	28.66 a	89.13 b	6 275.85 d	34.87 a	9.10 c
N3	349.33 c	102.44 b	28.70 a	87.79 b	6 967.75 c	33.18 ab	11.10 abc
N4	369.00 bc	109.48 a	28.86 a	87.13 b	7 539.05 b	31.41 bc	12.09 ab
N5	400.67 a	109.15 a	28.85 a	91.18 a	8 206.65 a	30.40 c	13.22 a
N6	383.67 ab	110.50 a	28.42 a	91.66 a	7 652.30 b	25.51 d	10.05 bc

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

2.2 氮肥运筹处理对产量和氮肥利用效率的影响 由表 2 可知,随着氮肥分蘖肥施用比例的增加,申优 26 的产量呈先增加后降低的趋势,其中 Y5 处理产量最高,达到 7 834.05 kg/hm²,其次是 Y6 处理,达到 7 502.10 kg/hm²,两者显著高于 Y1、Y2、Y3 处理,各处理产量排序为 Y5 处理>Y6 处理>Y4 处理>Y3 处理>Y2 处理>Y1 处理。从产量构成看,有效穗数最多的为 Y5 处理,显著高于 Y1、Y2、Y3、Y4 处理,不同处理间的有效穗数排序与产量相同;每穗总粒数以 Y5 处理最好,显著高于其他 5 个处理;结实率以 Y5 处理最高,但与除 Y1 处理外的其他施氮处理间差异未达显著水平;各个处理的千粒重之间差异不显著。从氮肥利用效率来看,氮肥偏生产力和氮肥农学效率都表现为随着分蘖肥施用比例的提高呈先提高后降低的趋势,Y5 处理均为最高,显著高于

Y2 和 Y3 处理。

2.3 抛秧量处理对产量和氮肥利用效率的影响 由表 3 可知,随着抛秧量的增加,申优 26 的产量呈增加趋势,其中增加 20%的秧盘数 P4 处理产量最高,达到 8 055.45 kg/hm²,显著高于其他处理,各处理产量排序为 P4 处理>P3 处理>P2 处理>P1 处理,且 P4 和 P3 处理相比 P2 处理的增产率同抛秧盘的增加比例基本一致。从产量构成来看,有效穗数最多的为 P4 处理,显著高于 P2 和 P1 处理,与 P3 处理间差异未达到显著水平;每穗总粒数以 P4 处理最高,但与 P2、P3 处理间无显著差异;结实率以 P2 处理最高,但与 P3、P4 处理间差异未达显著水平;各个处理间千粒重无显著差异。从氮肥利用效率来看,氮肥偏生产力和氮肥农学效率都表现为随着抛秧盘数的提高呈现逐渐提高的趋势,其中 P4 处理均最高,且

显著高于 P3 和 P2 处理。

表 2 氮肥运筹处理对申优 26 产量和氮肥利用效率的影响

Table 2 Effects of nitrogen fertilizer application treatments on yield and nitrogen use efficiency of Shenyoud 26

处理编号 Treatment code	有效穗数 Effective ears 万/hm ²	每穗总粒数 Total grains per ear//粒	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	实际产量 Actual yield kg/hm ²	氮肥偏生产力 Nitrogen partial factor productivity	氮肥农学效率 Agronomic efficiency of applied N
Y1	216.67 e	95.95 d	28.46 a	88.07 b	4 670.40 c	—	—
Y2	301.67 d	102.79 c	28.76 a	89.59 ab	6 148.20 b	25.62 b	6.16 b
Y3	329.00 c	104.74 c	28.52 a	90.27 ab	6 323.40 b	26.35 b	6.89 b
Y4	362.67 b	106.90 bc	28.80 a	90.19 ab	7 191.75 ab	29.97 a	10.51 a
Y5	399.00 a	116.68 a	28.68 a	90.97 a	7 834.05 a	32.64 a	13.18 a
Y6	376.00 ab	111.27 b	27.98 a	90.75 ab	7 502.10 a	31.26 a	11.80 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

表 3 抛秧量对申优 26 产量及构成和氮肥利用效率的影响

Table 3 Effect of seedling throwing amount on yield,composition and nitrogen use efficiency of Shenyoud 26

处理编号 Treatment code	有效穗数 Effective ears//万/hm ²	每穗总粒数 Total grains per ear//粒	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	实际产量 Actual yield kg/hm ²	增产率 Yield increasing rate//%	氮肥偏生产力 Nitrogen partial factor productivity	氮肥农学效率 Agronomic efficiency of applied N
P1	285.00 c	98.49 b	28.35 a	88.01 b	5 185.05 d	—	—	—
P2	358.00 b	108.22 a	28.30 a	89.45 a	6 708.05 c	—	27.95 c	6.35 c
P3	389.67 ab	108.07 a	28.76 a	88.89 ab	7 345.65 b	9.51	30.61 b	9.00 b
P4	414.67 a	109.52 a	28.64 a	88.27 ab	8 055.45 a	20.09	33.56 a	11.96 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

3 结论与讨论

一个水稻新品种引进不同的生态区,采用不同的种植制度,就需要研究其播期、肥料、密度、水分和病虫害防控等配套栽培技术体系,才能充分发挥其产量潜力。在氮肥施用上,应确定适宜的施用量和氮肥运筹比例,使得营养与生殖生长协调发展,才获得最优的产量构成因子,进而增加产量和提高经济效益。氮肥施用量及运筹比例对水稻产量及农艺性状和肥料利用效率的影响因品种不同而有所差异^[10-13]。成臣等^[12-15]的研究结果表明,水稻产量与氮肥施用量呈抛物线关系,适宜的氮肥用量能显著增加水稻产量。另外有研究表明,随着施氮量的增加,水稻氮肥利用率呈降低趋势,且呈负相关性^[16-17]。该研究针对的杂交粳稻申优 26 的氮肥用量与产量的关系也表现出抛物线的关系,与前人的研究结果相似,只是在最佳施氮量上表现不同,该研究的结果为 270 kg/hm²,而成臣等^[12]的研究结果为 255 kg/hm²,这可能与土壤的基础地力不同有关。另外在氮肥运筹上,基蘖穗的比例为 4:5:1,与申优 26 在上海周边的试验示范 4:4:2 的研究结果基本一致^[18-20]。石庆华等^[21]经多年多点调查发现江西双季稻粮丰项目区普遍存在的栽培问题是氮够苗稀,单位面积有效穗数不足,成为制约产量提高的主要因素,因此提高有效穗数是增加双季稻产量的关键。研究表明,通过增加种植密度来提高有效穗数,优化群体结构,是稳定甚至增加水稻产量切实经济可行的方式^[22-24]。该研究结果表明,合理增加相应的抛秧数量,可以显著的提高产量,且提高

氮肥的利用效率。

因此,杂交粳稻申优 26 在江西中等肥力田块作二晚稻种植,为确保产量,保证有效穗数是关键,其适宜的氮肥施用量为 270 kg/hm²,基蘖穗肥运筹比例为 4:5:1,同时能增加 20%的抛秧盘以增加基本苗。

参考文献

[1] 朱德峰,程式华,张玉屏,等.全球水稻生产现状与制约因素分析[J].中国农业科学,2010,43(3):474-479.

[2] 董啸波,霍中洋,张洪程,等.南方双季晚稻籼改粳优势及技术关键[J].中国稻米,2012,18(1):25-28.

[3] 花劲,周年兵,张军,等.双季稻区晚稻“籼改粳”品种筛选[J].中国农业科学,2014,47(23):4582-4594.

[4] 张洪程,许轲,张军,等.双季晚粳生产力及相关生态生理特征[J].作物学报,2014,40(2):283-300.

[5] 陈忠平,罗赣丰,郑厚亮,等.江西滨湖地区籼粳杂交稻品种适应性和丰产性鉴定与分析[J].中国稻米,2016,22(5):53-55.

[6] 孙滨,牛付安,周继华,等.粳型三系杂交水稻‘申优 26’的选育及其栽培技术[J].分子植物育种,2020,18(10):3449-3454.

[7] 张军,张洪程,霍中洋,等.不同栽培方式对双季晚粳稻产量及温光利用的影响[J].中国农业科学,2013,46(10):2130-2141.

[8] 许轲,张军,张洪程,等.双季晚粳稻氮肥精确运筹研究[J].植物营养与肥料学报,2014,20(5):1063-1075.

[9] 王晓飞.增密减氮对稻田温室气体排放及水稻产量的影响[D].南京:南京农业大学,2013.

[10] 朱镇,赵庆勇,张亚东,等.播期、施氮量和密度对南粳 9108 产量及其构成因素的影响[J].西南农业学报,2016,29(3):590-594.

[11] 陆艳婷,张小明,黄福灯,等.氮素处理对水稻浙梗 22 产量形成的影响及其生育后期与叶片光合特性间的关系[J].核农学报,2013,27(3):373-378.

[12] 成臣,曾勇军,王祺,等.施氮量对晚粳稻申优 1538 产量、品质及氮素吸收利用的影响[J].水土保持学报,2018,32(5):222-228.

(下转第 36 页)

脂肪(EE)、灰分、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)。粗蛋白含量的高低直接关系到牧草营养价值的高低^[12]。28个苜蓿品种粗蛋白量最高的是标靶,达20.79%,粗蛋白量最低为17.80%;粗灰分含量是粗饲料重要的指标,反映出牧草矿质元素的总体含量^[13]。28个苜蓿品种粗灰分含量最高的是WL363HQ,达10.10%。粗脂肪是供给动物的能源和贮存能量的最好形式。28个苜蓿品种粗脂肪含量最高的是大银河,达2.02%,粗脂肪含量最低是沃苜1号,为1.62%。相对饲喂是粗饲料质量评定的重要指标,主要根据NDF和ADF通过公式计算得到,NDF越低代表家畜食量越高,ADF越低代表消化率越高,对应的相对饲喂价值越高。28个苜蓿品种NDF最低的是佰苜401,为44.69%,NDF含量最高的是WL440HQ,为50.92%。28个苜蓿品种ADF最低的为标靶,达37.41%,ADF含量最高的为WL440HQ,达43.53%。相对饲喂价值较好的是标靶和佰苜401。单项营养指标各有其优劣,因此需要综合各营养指标来判断各品种的优劣^[13]。该试验应用隶属函数对不同品种综合性能进行评分,从中筛选出整体表现突出的品种。通过分析,大银河、标靶、佰苜401、敖汉综合表现较为优秀,可进行大面积推广种植。

4 结论

在参试的28个国外引进苜蓿品种中,综合评价较好的

是大银河、标靶、佰苜401、敖汉,其中综合评价最好、相对饲喂价值表现良好的品种为大银河、佰苜401、标靶,可在兴安盟当地大面积推广应用。

参考文献

- [1] 洪绂曾.苜蓿科学[M].北京:中国农业出版社,2009:334.
 - [2] 孙自忠,柳茜,李峰,等.苜蓿的起源与传播考述[J].草业学报,2019,28(6):204-221.
 - [3] 翟文栋,赵晓静,高婕.紫花苜蓿应用于奶牛生产的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2014(1):39-41.
 - [4] 陈洁.不同土壤条件下20个紫花苜蓿品种农艺性状及营养价值的比较[D].长春:东北师范大学,2017.
 - [5] 朱爱民,张玉霞,王显国,等.8个苜蓿品种抗寒性的比较[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(1):45-52.
 - [6] 高宪儒,李飞,惠文.不同紫花苜蓿品种在陇东地区的引种表现[J].草业科学,2016,33(4):731-738.
 - [7] 韦潇,李小梅,曾泰儒,等.5个紫花苜蓿品种在川中丘陵地区的适应性[J].草业科学,2020,37(2):339-347.
 - [8] 武文莉,李春阳,刘慧霞.玉门地区主要引进紫花苜蓿品种综合性状评价[J].草业科学,2020,37(8):1558-1567.
 - [9] 申晓慧,冯鹏,张华,等.不同紫花苜蓿品种在佳木斯地区生长及生产特性研究[J].安徽农业科学,2014,42(11):3299-3300.
 - [10] 韩瑞宏,赵大华,陈晶晶,等.不同苜蓿种质资源苗期耐热性综合评价[J].中国草地学报,2015,37(3):48-54.
 - [11] 赵禹臣,孟庆翔,参木有,等.西藏高寒草地冷季牧草的营养价值和养分提供量分析[J].动物营养学报,2012,24(12):2515-2522.
 - [12] 胡华锋,介晓磊,郭孝,等.基施晒肥对不同生育期紫花苜蓿营养含量及分配的影响[J].草地学报,2014,22(4):871-877.
 - [13] 李德明,张少平,耿小丽,等.12个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值[J].草业科学,2018,35(6):1472-1479.
- +++++
- (上接第26页)
- [41] 裴亮,张体彬,赵楠,等.有机磷农药降解方法及应用研究新进展[J].环境工程,2011,29(S1):273-277,174.
 - [42] BENDING G D, FRILLOUX M, WALKER A. Degradation of contrasting pesticides by white rot fungi and its relationship with ligninolytic potential[J]. FEMS microbiology letters, 2002, 212(1):59-63.
 - [43] 陈振德,汪东风,王文娇,等.海藻多糖稀土配合物对蔬菜有机磷农药残留的降解作用[J].生态毒理学报,2008,3(2):183-188.
 - [44] 高慢慢,白俊岩,孙磊,等.有机磷水解酶对不同有机磷农药降解功效的评价[J].江苏农业科学,2019,47(8):217-220.
 - [45] 隋程程,尤祥伟,李义强,等.叶面肥对烟叶中4种杀虫剂残留降解的影响[J].中国烟草科学,2017,38(4):70-75.
 - [46] 吴昊,汪东风,张宾,等.壳聚糖稀土复合物涂膜对黄瓜保鲜及降农残的效果研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2006,36(S2):51-56.
 - [47] BHATT P, BHATT K, HUANG Y H, et al. Esterase is a powerful tool for the biodegradation of pyrethroid insecticides[J]. Chemosphere, 2020, 244: 1-14.
 - [48] HORNE I, HARCOURT R L, SUTHERLAND T D, et al. Isolation of a *Pseudomonas montelli* strain with a novel phosphotriesterase[J]. Microbiology letters, 2002, 206(1):51-55.
 - [49] RICHINS R D, MULCHANDANI A, CHEN W. Expression, immobilization, and enzymatic characterization of cellulose-binding domain-organophosphorus hydrolase fusion enzymes[J]. Biotechnology and bioengineering, 2000, 69(6):591-596.
 - [50] SCHOFIELD D A, DINOVO A A. Generation of a mutagenized organophosphorus hydrolase for the biodegradation of the organophosphate pesticides malathion and demeton-S[J]. Journal of applied microbiology, 2010, 109(2):548-557.
 - [51] SOGORB M A, VILANOVA E. Enzymes involved in the detoxification of organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides through hydrolysis[J]. Toxicology letters, 2002, 128(1/2/3):215-228.
 - [52] JIANG J D, ZHANG R F, LI R, et al. Simultaneous biodegradation of methyl parathion and carbofuran by a genetically engineered microorganism constructed by mini-Tn5 transposon[J]. Biodegradation, 2007, 18(4):403-412.
 - [53] LAN W S, GU J D, ZHANG J L, et al. Coexpression of two detoxifying pesticide-degrading enzymes in a genetically engineered bacterium[J]. International biodegradation and biodegradation, 2006, 58(2):70-76.
- +++++
- (上接第32页)
- [13] 成臣,曾勇军,王祺,等.氮肥运筹对南方双季晚粳稻产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2018,24(5):1386-1395.
 - [14] 陈海飞,冯洋,蔡红梅,等.氮肥与移栽密度互作对低产水稻群体结构及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(6):1319-1328.
 - [15] 冯洋,陈海飞,胡孝明,等.高、中、低产水稻适宜施氮量和氮肥利用率的研究[J].植物营养与肥料学报,2014,20(1):7-16.
 - [16] 李录久,王家嘉,吴萍萍,等.秸秆还田下氮肥运筹对白土田水稻产量和氮吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(1):254-262.
 - [17] 蒋鹏,熊洪,朱永川,等.施氮量和氮肥运筹模式对糯稻养分吸收积累和氮肥利用率的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(4):349-353.
 - [18] 蒋李健,郭程辉,周燕.“申优26”不同穗肥施用方法试验初探[J].上海农业科技,2019(1):89-90.
 - [19] 沈士博,盛海安,蒋李健,等.不同机穴播密度对“申优26”生长及产量的影响试验初报[J].上海农业科技,2019(3):42-43.
 - [20] 范晶晶,丁安强,樊佳樱.“申优系”水稻展示试验初报[J].上海农业科技,2019(6):34,37.
 - [21] 石庆华,潘晓华,黄英金,等.“江西双季稻丰产高效技术集成与示范”项目的实施效果分析[J].江西农业大学学报,2005,27(3):371-373.
 - [22] SUI B, FENG X M, TIAN G L, et al. Optimizing nitrogen supply increases rice yield and nitrogen use efficiency by regulating yield formation factors[J]. Field crops research, 2013, 150:99-107.
 - [23] 林洪鑫,潘晓华,石庆华,等.施氮量与栽插密度对超级早稻中早22产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):22-28.
 - [24] 金芝辉,王起,柴有忠.氮肥用量和移栽密度对水稻甬优1540产量和经济性状的影响[J].安徽农业科学,2019,47(8):39-41.