

胡 杨,段 斌,方 玲,等. 秸秆还田条件下氮素运筹模式对粳稻产量构建及稻米品质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(21):104-109.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.21.013

秸秆还田条件下氮素运筹模式对粳稻产量构建及稻米品质的影响

胡 杨,段 斌,方 玲,扶 定,何世界,李慧龙,陆 云,常幸远,雷海霞,申关望

(信阳市农业科学院/农业农村部信阳作物有害生物科学观测实验站/河南省信阳作物有害生物野外科学观测研究站,河南信阳 464000)

摘要:为探明秸秆还田并调整氮素运筹模式对杂交粳稻梗优 7699 在干物质积累、SPAD 值、产量构建及品质方面的影响,以常规施氮肥为对照,通过研究秸秆还田和调控不同氮素比例对其影响,旨在为豫南地区优质粳稻产业发展提供技术支撑。结果表明,干物质积累方面,2 年不同处理中,拔节期和齐穗期干物质积累量随着追肥(氮肥用量)比例的上升出现下降的趋势,成熟期总体呈现先上升后降低的趋势且最大值为 N4(基追比为 4:6)处理;SPAD 值方面,齐穗期和成熟期随着追施氮肥比例的增加呈现增加的趋势;产量构建方面,随着追施氮肥比例的增加,有效穗数、结实率及产量呈现先增加后降低的趋势,且在 N4 处理达到最大值;品质方面,随着追施氮肥比例的增加,出糙率和整精米率呈现先增加后降低的趋势,最高值为 N4 处理且 2 年数据均大于对照,垩白度和垩白率均随着追施氮肥比例的增加呈现先降低后增加的趋势,且均低于 CK,直链淀粉含量总体呈现先增加后降低的趋势,且蛋白质含量均显著高于 CK;食味值方面,随着追施氮肥比例的增加呈现先增加后降低的趋势,且 2 年的最大值均为 N4 处理,均显著高于 CK。综上,利用秸秆还田且氮素在 N4 处理(基追比为 4:6)时,各项指标较好,且产量高于对照,能兼顾品质和产量双提升。

关键词:秸秆还田;氮素运筹;梗优 7699;产量;SPAD;干物质积累;品质

中图分类号:S511.2⁺20.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)21-0104-05

水稻是重要的粮食作物,对于保障我国粮食安全起着重要作用^[1]。随着人们生活水平的提高,对稻米品质的要求越来越高,然而种植方式的转变、不合理的施用氮肥等原因,限制了稻米品质的提升,阻碍了水稻产业的快速发展^[2]。氮素是影响水稻高产和稻米品质的关键主要因素之一^[3]。大田生产中,种植户往往通过过量施用氮肥来提高单产,与之俱来的是环境的不断恶化,如水体富营养化、温室气体氧化亚氮(N₂O)排放量增加等,正逐步成为限制水稻产业可持续健康发展的重要障碍^[4-5]。减少过量施肥造成的污染,最主要的途径是提高肥料利用率,合理施肥,通过转变施肥方式减少化肥的挥发和流失,同时,在不降低农作物产

量的前提下减少氮肥的用量。如何实现兼顾稻田土壤肥力和水稻产量,同时改善稻米品质,减少因氮肥不合理施用而造成的系列问题,实现水稻产业可持续发展,日益引起人们的关注。

农作物秸秆属于生物质能源物质,在保持和提高土壤肥力方面具有重要作用^[6]。目前,国内外学者对秸秆还田与土壤酶活性^[7]、微生物种类数量^[8]、养分积累^[9-10]和气体释放^[11]等方面进行了相关研究,由于秸秆还田量、土壤肥力、水稻品种、气候等因素的不同,导致关于秸秆还田与氮素运筹对水稻产量及品质影响的研究结果有所差异,且豫南地区对水稻秸秆还田协同氮素运筹对产量构建及稻米品质的影响报道甚少。因此,本研究以杂交粳稻品种梗优 7699 为供试材料,以秸秆还田配合减施氮肥和调整氮素基追比,研究秸秆还田条件下氮肥运筹对粳稻产量构建和稻米品质变化规律的影响,旨在为豫南地区优质粳稻产业发展提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试品种

供试品种为信阳市农业科学院选育的杂交粳

收稿日期:2023-11-23

项目基金:河南省重点研发专项(编号:231111110500);国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-01-101);河南省农业产业技术体系建设专项(编号:HARS-22-03-G2、HARS-22-03-Z2)。

作者简介:胡 杨(1990—),男,河南新县人,硕士,助理研究员,主要从事水稻高产优质栽培研究。E-mail:huyang0373@126.com。

通信作者:申关望,副研究员,主要从事水稻育种及高产栽培研究。E-mail:xynkgws@126.com。

稻品种粳优 7699。

1.2 试验设计

本试验于 2020—2021 年在河南省信阳市农业科学院试验田 ($114^{\circ}05'E$, $32^{\circ}07'N$, 海拔高度为 75.9 m) 分 2 年连续进行。试验设置: (1) 秸秆不还田和常规施氮肥尿素 (300 kg/hm^2) 且基追肥比 5:5 为对照 (CK); (2) 秸秆还田和减氮 20% 处理下设置 5 种不同的氮肥基追比模式, 分别为 7:3 (N1)、6:4 (N2)、5:5 (N3)、4:6 (N4) 和 3:7 (N5)。

试验参照当地常规施肥量, 按照尿素 (46.7% N) 300 kg/hm^2 、过磷酸钙 ($12\%\text{ P}_2\text{O}_5$) 600 kg/hm^2 、氯化钾 ($60\%\text{ K}_2\text{O}$) 240 kg/hm^2 施入。施肥方法: 氮肥按照比例施用, 其中分蘖肥、穗肥比为 5:5, 磷钾肥作为基肥一次性施入。秸秆处理方法: 秋季采用收割机收获水稻, 将秸秆统一粉碎, 秸秆按照 7500 kg/hm^2 还田, 均匀抛撒后进行机械旋耕作业。试验设 3 次重复, 小区面积 26.68 m^2 , 每个小区用挡板隔开, 保证单排单灌, 2 年均于 5 月 20 日播种, 采用泥质法育秧。6 月 15 日进行移栽, 栽插行株距为 $20\text{ cm} \times 16.7\text{ cm}$, 每穴栽 2 个苗。其他田间管理均按豫南水稻高产优质栽培技术进行。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长期干物质测定 在拔节期、齐穗期、成熟期以平均茎蘖数为主要标准, 每个小区取 5 穴带回室内, 清洗干净去根, 装入牛皮袋, $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 杀青 30 min, $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 称重。

1.3.2 SPAD 值测定 在始穗期、齐穗期和成熟期, 每个小区选取 10 株, 用日本产叶绿素测定仪 (SPAD-502) 测定剑叶叶绿素含量。

1.3.3 考种与测产 各小区成熟收割前调查有效穗数, 每个小区取样 5 穴进行室内考种, 每个小区单独收获测产, 考种为穗粒数、结实率、千粒重。

1.3.4 稻米品质测定 各处理收获后留样 1000 g , 自然晾干保存 3 个月以上, 待理化性状稳定后进行稻米品质测定。参照《米质测定方法》(NY/T 83—2017)^[12] 测定糙米率和整精米率等加工品质指标; 参照《稻米整精米率、粒型、垩白率、垩白度及透明度的测定 图像法》(NY/T 2334—2013)^[13] 测定垩白粒率和垩白度等指标; 利用近红外谷物分析仪检测其蛋白质含量、直链淀粉含量和食味值^[14]。

1.4 数据分析

试验数据用 Excel 和 SPSS 19.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田及不同氮素基追比对干物质积累的影响

由表 1 可知, 2 年 5 个秸秆还田结合减氮处理中, 拔节期和齐穗期干物质积累量随着追肥 (氮肥用量) 比例的上升出现下降的趋势, 且 N1 处理的干物质积累量最大; 成熟期随着追肥比例的上升总体呈现先上升后降低的趋势且最大值为 N4 处理, 说明干物质积累量在一定范围内随着追肥比例的上升呈现上升的趋势, 但超过一定范围反而降低。

表 1 不同处理对干物质积累的影响

年份	处理	干物质积累量 (t/hm^2)			收获指数
		拔节期	齐穗期	成熟期	
2020	CK	5.03cC	12.69bB	19.42aA	0.506dC
	N1	5.94aA	13.36aA	17.66cC	0.518bcBC
	N2	5.58bAB	12.45bcB	18.25bB	0.520bcB
	N3	5.34bcBC	12.27cB	18.36bB	0.542aA
	N4	5.17cBC	11.71dC	19.60aA	0.524bB
2021	N5	4.39dD	10.96eD	18.23bB	0.514cdBC
	CK	6.00abAB	13.24bA	19.60aA	0.506dC
	N1	6.37aA	13.65aA	18.37bB	0.527abAB
	N2	5.72bBC	12.33cB	17.78cC	0.541aA
	N3	5.72bBC	12.21cB	18.41bB	0.538aA
	N4	5.32cC	12.04cB	19.82aA	0.521bcABC
	N5	4.50dD	10.52dC	18.16bBC	0.509cdBC

注: 表中同列数据后含不同小写字母、大写字母分别表示同一年份不同处理在 0.05、0.01 水平上差异显著, 下表同。

2.2 秸秆还田及不同氮素基追比对 SPAD 值的影响

从表 2 可以看出, 随着追肥比例的增加, 剑叶 SPAD 值在始穗期 2020 年呈先增加后降低的趋势且 N2 为最大值, 2021 年呈降低趋势且 N1、N2 大于对照处理; 齐穗期 2 年均随着追肥比例的增加呈现增加的趋势, 且 N4 和 N5 处理大于对照; 成熟期随着追肥比例的增加也呈现增加的趋势。从叶绿素含量衰减率来看, 随着追肥比例的增加, 始穗—齐穗、齐穗—成熟均总体呈现降低趋势, 始穗—成熟 2 年数据均呈现降低趋势。由此说明, 提高氮肥追肥比例, 可以延缓 SPAD 值下降, 有利于光合作用的形成。

2.3 秸秆还田及不同氮素基追比对产量形成的影响

从表 3 可知, 随着追施氮肥比例的增加, 有效穗数 2 年数据均呈现先增加后降低的趋势; 穗粒数呈

表 2 不同处理对 SPAD 值及其衰减率的影响

年份	处理	SPAD 值			叶绿素含量衰减率(%)		
		始穗期	齐穗期	成熟期	始穗—齐穗	齐穗—成熟	始穗—成熟
2020	CK	43.96cBC	35.20cC	26.14aA	19.93cC	25.74eD	40.54dD
	N1	42.72dD	33.32eE	21.42dD	22.00bB	35.71aA	49.86aA
	N2	45.48aA	33.58eE	23.46cC	26.16aA	30.13bB	48.42bB
	N3	44.36bB	34.38dD	24.52bB	22.49bB	28.67cC	44.72cC
	N4	43.82cC	36.26bB	26.32aA	17.25dD	27.41dC	39.93dD
	N5	40.18eE	36.68aA	26.28aA	8.71eE	28.35cdC	34.59eE
2021	CK	43.16cB	34.38cC	26.80cC	20.34cC	22.04cD	37.90cC
	N1	45.12aA	32.62eE	23.00eE	27.70aA	29.48aA	49.02aA
	N2	43.50bB	33.36dD	25.22dD	23.31bB	24.40bB	42.02bB
	N3	42.48dC	34.58cC	26.86cC	18.60dD	22.32cCD	36.77dD
	N4	41.34eD	35.68bB	27.28bB	13.69eE	23.54bBC	34.01eE
	N5	40.74fE	36.04aA	28.26aA	11.54fF	21.59cD	30.63fF

现先降低后增加的趋势;结实率呈现先增加后降低的趋势,且 N4 处理结实率最高;千粒重呈现增加的趋势,最大值为 N5 处理;产量 2020 年呈现先增加后降低的趋势,2021 年 N2 ~ N5 处理呈现先增加后降低的趋势,2 年中 N4 处理产量均为最高且大于对照产量。由此说明,在一定范围内增加追施氮肥比

例,可以提高有效穗数量、结实率、千粒重和产量,但穗粒数出现减少的情况;追施氮肥高比例下,虽然穗粒数较高,但结实率下降明显,有效穗数反而降低。因此,秸秆还田且提高追施氮肥比例有利于提高水稻产量,但如何提高有效穗数是进一步提高产量的关键。

表 3 不同处理对产量形成的影响

年份	处理	有效穗数 (万个/hm ²)	穗粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	实际产量 (t/hm ²)
2020	CK	272abA	237.04abABC	80.30bB	24.07bcAB	9.83cB
	N1	254cB	244.41aA	75.86dD	23.60dC	9.14fD
	N2	267bA	231.64bcBCD	77.52cC	23.77cdBC	9.49dC
	N3	268abA	224.15dD	80.76bB	24.05bcABC	9.96bB
	N4	273aA	228.17cdCD	83.29aA	24.35abA	10.26aA
	N5	241dC	240.11aAB	76.81cdCD	24.45aA	9.36eC
2021	CK	271aA	237.89abAB	81.18bAB	24.13cBC	9.91bB
	N1	255cB	238.68abAB	77.12dC	23.82dE	9.69cC
	N2	265bA	220.15dC	79.33cB	23.85dDE	9.62cC
	N3	267abA	224.04cdC	80.9bAB	24.07cCD	9.92bB
	N4	272aA	230.92bcBC	82.85aA	24.33bAB	10.33aA
	N5	234dC	246.21aA	76.50dC	24.48aA	9.25dD

2.4 秸秆还田及不同氮素基追比对稻米加工和外观品质的影响

从表 4 可以看出,随着追施氮肥比例的增加,出糙率和整精米率呈现先增加后降低的趋势,最高值为 N4 处理且 2 年数据均大于对照,N4 处理与其他 4 个处理均差异极显著,说明秸秆还田情况下,可以通过调整基追比来提高出糙率和整精米率。

在 5 个秸秆还田结合减氮处理中,垩白度和垩

白率均随着追施氮肥比例增加呈现先降低后增加的趋势,且均低于 CK。5 个秸秆还田并且调整基追比的处理与 CK 均呈现极显著差异,说明秸秆还田情况下减少氮肥用量可以降低本品种的垩白度和垩白率。

2.5 秸秆还田及不同氮素基追比对稻米营养品质的影响

从表 5 可知,在 5 个秸秆还田结合减氮处理中,

表 4 不同处理对稻米加工和外观品质的影响

年份	处理	出糙率 (%)	整精米率 (%)	垩白度 (%)	垩白粒率 (%)
2020	CK	82.03bB	69.27bA	8.65aA	43.49aA
	N1	77.67eE	65.72dC	8.00bB	40.10bB
	N2	78.17dDE	66.19dC	7.41cC	35.29cC
	N3	80.23cC	68.30cB	6.65dD	31.65dD
	N4	82.87aA	69.97aA	6.29eE	27.83eE
	N5	78.20dD	66.20dC	7.83bB	39.21bB
2021	CK	81.90bA	69.14bB	8.43aA	42.23aA
	N1	77.87dC	66.01dC	8.09bB	40.51bB
	N2	78.30dC	66.26dC	7.65cC	35.31dD
	N3	80.63cB	68.34cB	6.82dD	31.15eE
	N4	82.87aA	70.28aA	6.27eE	27.06fF
	N5	78.33dC	66.34dC	7.89bBC	38.55cC

随着追施氮肥比例的增加,直链淀粉含量总体呈现先增加后降低的趋势,而蛋白质含量除 2021 年 N5 处理外呈现降低的趋势,且蛋白质含量均显著高于 CK;食味值方面,随着追施氮肥比例的增加,呈现先增加后降低的趋势,且 2 年的最大值均为 N4 处理,均显著高于 CK。说明秸秆还田情况下减氮配合调整氮肥比例,在一定范围内随着追施氮肥比例的增加,对直链淀粉含量和食味值呈正相关关系,和蛋白质含量呈负相关关系。

表 5 不同处理对稻米营养品质的影响

年份	处理	直链淀粉含量 (%)	蛋白质含量 (%)	食味值
2020	CK	15.72bAB	8.46dD	69.87cC
	N1	15.39cC	9.51aA	68.30eD
	N2	15.38cC	9.07bB	69.20dC
	N3	15.62bB	8.86cBC	71.23bB
	N4	15.87aA	8.79cC	72.83aA
	N5	15.72bAB	8.78cC	68.23eD
2021	CK	15.92abAB	8.40fE	70.40cC
	N1	15.25dD	9.53aA	69.20eD
	N2	15.31dD	9.11bB	69.67dD
	N3	15.61cC	8.96cBC	71.10bB
	N4	16.02aA	8.60eD	73.53aA
	N5	15.75bcBC	8.79dCD	69.20eD

3 讨论

秸秆还田作为秸秆最直接最有效的利用方式之一,可在减少氮素投入的情况下实现水稻产量和品质双提升。大量研究表明,秸秆还田能增加水稻产量,多数研究认为秸秆还田配施氮肥能够增加作

物产量和促进作物根系生长,施入土壤的秸秆在微生物分解作用下部分转化为可吸收态氮;另一部分被缓慢分解或转化成结构稳定的土壤有机质组成部分,对改善土壤理化性质、提高土壤肥力、减少肥料的使用以及保护生态环境起到重要作用,最终实现减氮不减产^[15-16]。

3.1 秸秆还田及不同氮素基追比对干物质积累的影响

水稻干物质的积累是产量形成的基础。凌启鸿指出水稻产量与成熟期干物质积累量及抽穗至成熟期干物质积累量呈线性关系^[17]。前人的研究多是施氮肥量与干物质积累的关系^[18-19]。本研究中,通过秸秆还田减氮并配合调整基追比例,2 年中拔节期和齐穗期干物质积累量随着追肥(氮肥用量)比例的上升出现下降的趋势;成熟期随着追施氮肥比例的上升呈现先上升后降低的趋势且最大值为 N4 处理,说明干物质积累量在一定范围内随着基追比比例的上升呈现上升的趋势,但超过一定范围反而降低。收获指数呈现先增加后降低的趋势,且均大于对照。

3.2 秸秆还田及不同氮素基追比对 SPAD 值的影响

只有充足的源,才能建立更大的库,提高叶绿素含量才能为产量形成提供充足的营养。前人研究多是单纯通过施用适量的氮肥来调节叶绿素含量^[19-20]。本研究中,秸秆还田减氮并配合调整基追比例,随着追肥比例的增加,剑叶 SPAD 值在 2020 年始穗期呈先增加后降低的趋势且 N2 为最大值;齐穗期随着追施氮肥比例的增加呈现增加的趋势;成熟期随着追施氮肥比例的增加也呈现增加的趋势。从叶绿素含量衰减率来看,随着追施氮肥比例的增加,始穗—齐穗、齐穗—成熟均总体呈现降低趋势,始穗—成熟 2 年数据均呈现降低趋势。由此说明,通过提高氮肥追肥比例来增加后期氮素供应量,可以提高叶片叶绿素含量,延缓叶片衰老,促进光合作用,为高产提供更多的“源”。

3.3 秸秆还田及不同氮素基追比对产量形成的影响

前人关于秸秆还田与氮肥运筹对水稻产量构建的影响进行了大量研究。左文刚等研究认为,秸秆还田条件下,氮肥前移可增加穗粒数和结实率,但降低千粒重^[21]。而在秸秆还田、施氮量不变的条件下,可通过氮肥的后肥前移,即适当增加基肥比例来提高水稻产量^[22-23]。本研究表明,随着追施氮肥比例的增加,有效穗数 2 年数据均呈现先增加

后降低的趋势,穗粒数呈现先降低后增加的趋势,结实率呈现先增加后降低的趋势,千粒重呈现增加的趋势,产量总体呈现先增加后降低的趋势且 N4 处理均为最高产量且大于对照产量。说明秸秆还田条件下,适当增加追施氮肥比例为后期水稻光合作用提供充足营养,提供叶绿素含量,延缓了水稻生育后期叶片光合速率的下降,促进物质向籽粒转移,提高结实率、千粒重,进而提高了产量。

3.4 秸秆还田及不同氮素基追比对稻米品质的影响

稻米品质是一个综合概念,需要综合考量各项指标^[24]。随着生活水平的提高,人们对米质的要求越来越高^[25]。前人研究结果表明,适当增加氮肥穗肥用量,可以改善稻米加工品质,提高整精米率^[26]。本研究中,通过秸秆还田减氮并配合调整基追肥比例,出糙率和整精米率呈现先增加后降低的趋势,说明秸秆还田情况下,可以通过调整氮肥基追比来达到提高出糙率和整精米率,适当增加追施氮肥比例,可以有效改善稻米加工品质;垩白度和垩白率均随着追施氮肥比例增加呈现先降低后增加的趋势,说明通过调整氮肥基追比可以降低垩白度和垩白率。

营养品质是评价稻米品质的重要方面。前人大量研究表明,适当降低直链淀粉和蛋白质含量有利于提升稻米食味品质^[27]。适当增加施氮量,有利于蛋白质含量的增加,但抑制直链淀粉含量的提升^[28]。本研究中,通过秸秆还田减氮并配合调整氮肥基追比时,随着追施氮肥比例的增加,直链淀粉含量总体呈现先增加后降低的趋势,而蛋白质含量呈现降低的趋势,且蛋白质含量均显著高于 CK;食味值方面,呈现先增加后降低的趋势。说明秸秆还田减氮配合调整氮肥比例,在一定范围内随着追施氮肥比例的增加,直链淀粉含量增加,蛋白质含量降低,这可能与增加追施氮肥比例提高了 SPAD 值、延缓了叶片衰老、后期阻碍了氮素向籽粒转运有关。

4 结论

秸秆还田情况下,结合减氮和调整氮素基追比对粳优 7699 干物质积累、SPAD 值、产量构建和稻米品质均存在显著影响。秸秆还田情况下减施氮肥可通过增加适宜追施氮肥比例来提高干物质积累量、SPAD 值、有效穗、结实率、千粒重及产量。与常规施氮处理相比,在一定范围内,秸秆还田配合减氮条件下增加追施氮肥比例,可以改善稻米加工品质,降低稻米垩白度和垩白粒率,提高食味值。

综上,以秸秆还田配合施用 240 kg/hm² 尿素且基追比为 4:6 时(基肥:穗肥:穗肥比=4:3:3),能够兼顾稻米品质和产量,生产上应以此作为粳稻 7699 秸秆还田条件下氮肥用量标准。

参考文献:

- [1] 黄秋红,刘智蕾,李鹏飞,等. 相同气候背景下南北方稻田土壤上水稻生长及氮响应差异研究[J]. 中国农业科学,2021,54(19): 4143-4154.
- [2] Ahmad Wani S, Qayoom S, Bhat M A, et al. Effect of varying sowing dates and nitrogen levels on growth and physiology of scented rice [J]. ORYZA, 2017, 54(1): 97-106.
- [3] 倪日群,林 华. 不同氮肥施用量对泰两优 217 稻谷产量和稻米品质的影响[J]. 杂交水稻,2022,37(3):126-129.
- [4] 张卫峰,马 林,黄高强,等. 中国氮肥发展、贡献和挑战[J]. 中国农业科学,2013,46(15):3161-3171.
- [5] 李 敏,罗德强,江学海,等. 控水增密模式对杂交水稻减氮后产量形成的调控效应[J]. 作物学报,2020,46(9):1430-1447.
- [6] 汤文光,肖小平,唐海明,等. 长期不同耕作与秸秆还田对土壤养分库容及重金属 Cd 的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(1): 168-176.
- [7] 罗嘉润,宋文杰,刘 伟,等. 秸秆还田配施氮肥早期对水稻生长、土壤性质及微生物多样性的影响[J]. 农业生物技术学报, 2023,31(10):2019-2034.
- [8] Gu Y F, Zhang T, Che H, et al. Influence of returning corn straw to soil on soil nematode communities in winter wheat [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(2): 52-56.
- [9] 赵士诚,曹彩云,李科江,等. 长期秸秆还田对华北潮土肥力、氮库组分及作物产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(6):1441-1449.
- [10] 谢佳贵,侯云鹏,尹彩侠,等. 施钾和秸秆还田对春玉米产量、养分吸收及土壤钾素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014,20(5):1110-1118.
- [11] Shan J, Yan X Y. Effects of crop residue returning on nitrous oxide emissions in agricultural soils[J]. Atmospheric Environment, 2013, 71:170-175.
- [12] 农业部农产品加工标准化技术委员会. 米质测定方法:NY/T 83—2017[S]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [13] 中华人民共和国农业部. 稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定 图像法:NY/T 2334—2013[S]. 北京:中国农业出版社,2013.
- [14] 彭 波,孙艳芳,王 灿,等. 近红外光谱技术在主要粮食作物品质研究中的应用[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2017,30(3):509-516.
- [15] 王秋菊,刘 峰,迟凤琴,等. 秸秆还田及氮肥调控对不同肥力白浆土氮素及水稻产量影响[J]. 农业工程学报,2019,35(14):105-111.
- [16] 战秀梅,彭 靖,李秀龙,等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性状的影响[J]. 华北农学报,2014,29(3): 204-209.

张晓娟, 谌国鹏, 孙晓敏, 等. 基于 SCoT 标记的油菜高油自交系材料遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(21): 109–115.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.21.014

基于 SCoT 标记的油菜高油自交系材料遗传多样性分析

张晓娟¹, 谌国鹏², 孙晓敏², 马秀奇¹, 陈 乔³, 张 羽¹

(1. 陕西理工大学生物科学与工程学院, 陕西汉中 723001; 2. 汉中市农业技术推广与培训中心, 陕西汉中 723001;

3. 汉中职业技术学院, 陕西汉中 723002)

摘要:为了明确陕南地区自交系油菜材料间的亲缘关系, 为油菜自交系材料的合理利用、优良杂交亲本选配、提高油菜育种效率提供理论依据, 以 72 份高油油菜自交系材料为试验材料, 运用笔者所在实验室筛选的 28 条多态性高、条带清晰的 SCoT 引物, 进行遗传多样性分析。采用 NTSYS-pc2.10e 软件中的 UPGMA 法构建聚类图, 用 Structure 软件进行群体结构分析。结果显示, 28 条 SCoT 引物共扩增出 327 条条带, 其中多态性条带为 289 条, 多态性条带占比为 88.38%, 多态性信息含量 (PIC) 为 0.70~0.94, 平均为 0.85。Structure 群体结构分析与 UPGMA 聚类结果的一致性较高, 说明 SCoT 标记能有效揭示油菜材料间的亲缘关系。72 份油菜自交系材料在遗传相似系数 0.64 处被分为 3 类, 遗传相似系数主要分布在 0.62~0.78 之间, 占 86.85%。表明供试油菜材料间亲缘关系较近, 应进一步发掘新的自交系材料, 丰富现有油菜材料的遗传多样性, 为油菜杂交育种提供优良的遗传资源。

关键词:油菜; SCoT 标记; 遗传多样性; 自交系; 高油油菜

中图分类号:S634.303.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)21-0109-07

油菜是我国第一大油料作物, 也是国产植物油的最大油源。提升油菜产量对我国食用油供给、农业生产及国民经济具有重要意义。利用杂种优势可以有效提升油菜产量。油菜杂交育种实践表明, 双亲间适宜的遗传差异有助于提高杂交后代的产量、品质及抗性。因此, 明确油菜自交系材料的遗

传背景, 分析材料间的遗传差异及亲缘关系, 科学地进行油菜杂交亲本的选配, 有助于优异油菜自交系材料的挖掘及合理利用^[1], 对于油菜杂交育种具有重要意义。由于国内各育种单位间材料的频繁交流, 导致油菜材料的系谱关系错综复杂, 传统分类方式难以准确区分育种材料。DNA 分子标记为油菜种质资源的遗传背景和多样性分析提供了有利工具。DNA 分子标记是根据不同个体遗传物质 DNA 序列多态性开发的遗传标记, 能准确反映不同个体的遗传差异, 具有多态性高、稳定、快速等优点, 已被广泛用于遗传基础分析、基因定位与克隆、指纹

收稿日期: 2024-09-24

基金项目: 陕西省科技厅项目 (编号: 2023-YBNY-070); 陕西理工大学人才启动项目 (编号: SLGRCQD2115)。

作者简介: 张晓娟 (1982—), 女, 陕西咸阳市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事油菜分子遗传研究。E-mail: zxxj12162001@163.com。

[17] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 44–54.

[18] 许桂玲, 王玲莉, 叶 勇, 等. 不同施氮量对机插杂交水稻群体质量及产量的影响 [J]. 耕作与栽培, 2018(4): 3–5.

[19] 宋晓华, 柳楷婧, 彭 波, 等. 施氮水平对豫南地区杂交水稻群体质量和产量的影响 [J]. 杂交水稻, 2019, 34(4): 39–43.

[20] 潘兴书, 冯跃华, 赵田径, 等. 不同施氮条件下 2 个超级杂交稻干物质生产特性 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(4): 726–730.

[21] 左文刚, 黄顾林, 陈亚斯, 等. 氮肥运筹对秸秆全量还田双季稻氮产量及氮素吸收利用的影响 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2017, 38(2): 75–81.

[22] 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.

[23] 李晓峰, 程金秋, 梁 健, 等. 秸秆全量还田与氮肥运筹对机插粳稻产量及氮素吸收利用的影响 [J]. 作物学报, 2017, 43(6): 912–924.

[24] 石春海, 何慈信. 籼稻稻米外观品质性状的遗传主效应和环境互作效应分析 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13(3): 4.

[25] 刘 信, 刘春青, 王玉玺, 等. 我国优质稻品牌化发展现状及建议 [J]. 中国稻米, 2022, 28(2): 12–15.

[26] 胡 群. 中期氮肥调控对优良食味粳稻产量和品质的效应及其机理 [D]. 扬州: 扬州大学, 2020.

[27] 曲红岩, 张 欣, 施利利, 等. 水稻食味品质主要影响因子分析 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(6): 172–175.

[28] 张忠臣, 刘海英, 高红秀, 等. 施肥量和穴内插秧密度对寒地粳稻产量和品质性状的影响 [J]. 作物杂志, 2012(3): 99–104.