



王荣升,李坤,张微,等.基肥差异对水稻品种(系)产量及品质的影响[J].黑龙江农业科学,2024(8):1-7.

基肥差异对水稻品种(系)产量及品质的影响

王荣升,李坤,张微,刘会,陶永庆,刘玉明,刘宝海,牟凤臣

(黑龙江省农业科学院 生物技术研究所/黑龙江省作物与家畜分子育种重点实验室/黑龙江省水稻分子育种工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150023)

摘要:为了合理调控基肥施用量,促进水稻产量和品质的提升,进而达到节本增效的作用,选取 12 份黑龙江省第一积温区表现稳定的水稻品种(系),通过设置不施用基肥(DN)和正常施用基肥(NN)两种含氮量差异田块,分别对各水稻品种(系)的产量性状、加工品质及食味品质进行调查分析,明确基肥含氮量差异对参试材料各性状的影响,及参试材料对基肥差异的敏感性。结果表明,与施用基肥相比较,参试材料不施用基肥处理下实测产量均表现为下降趋势,其中 20 鉴 203、20 鉴 204、20 鉴 97、20 鉴 98、松科粳 122 和松科粳 134 在不同处理间差异极显著。基肥施用与否对稻米加工品质影响不显著,对水稻籽粒的长宽等也影响较小,但不施氮肥可使蛋白质降低 0%~1.2%,使食味值略有升高,会使产量显著下降,因此合理施用氮肥仍是农业生产中最优的选择。相关性分析表明,在 DN 和 NN 两种处理下结实率与空瘪粒均表现为极显著负相关,相关系数均为-0.98,食味值与蛋白质和直链淀粉分别表现为极显著负相关和极显著正相关关系。

关键词:水稻;基肥;氮肥;产量;品质

水稻(*Oryza sativa* L.)产量的提升关系着我国粮食安全,对农民增收和农业增效具有重要意义。然而由于品种及耕地条件等众多因素的限制,我国水稻单产仍存在着较大的提升空间^[1]。此外,不同水稻品种的肥料利用效率差异以及化肥施用不合理,也成为了水稻产量提升的重要限制因素^[2]。因此研究不同水稻品种对特定阶段肥料的敏感性,解析不同肥力条件下稻米品质及产量差异,对水稻育种及农业生产具有重要的指导意义和实用价值。

水田基肥,又称为底肥,一般在水稻移栽前结合土壤耕作时施用。生产中通常以具有长效缓释性的氮、磷、钾复合肥为主,结合土地翻耕将肥料与土壤混拌在一起,使其与水稻根系充分接触,在水稻整个生长季中持续提供所需要的基础养分^[3]。由此可见,基肥的合理施用会直接影响水稻产量。多位学者针对不同农作物基肥的需求量进行分析,发现无论是基肥用量的差异,还是基肥中氮磷钾组成比例的差异,都会直接影响农作物产量^[4-6]。在基肥的众多组成元素中,氮肥作为作物基础生长的关键,受到研究人员更多的关注^[7]。有研究人员分别从基肥的氮素施用量、氮素比例以及氮素的不同种类与作物产量及品质关系等各个角度,分别研究氮素对农作物的

重要性^[8-10],为农业生产上氮肥的施用提供参考依据。

水稻生产中基肥的施用也受到较多的关注,但目前针对基肥的研究主要是从栽培管理方法的角度出发的,在不同品种对肥料敏感性等方面关注较少^[11-12]。本研究选择 12 份在生产中表现稳定的优良品系或审定品种,分析基肥差异对各品种品质和产量的影响。以期为这些水稻品种(系)在审定后的推广应用中提供合理的肥料施用量数据,探索不同水稻品种对基肥的敏感性,争取在精准控制肥料施用的同时提高米质和产量,达到节本增效的作用。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

栽培试验于 2021 年在黑龙江省哈尔滨市民主乡国家现代农业科技示范展示基地进行。试验地点位于 45°50'N,126°50'E,年活动积温为 2 550~2 650 ℃,气候类型为寒温带大陆性季风气候,土壤类型主要为黑土。土壤有机质含量 22.38 g·kg⁻¹、碱解氮 118.43 mg·kg⁻¹、速效磷 30.73 mg·kg⁻¹、速效钾 142.36 mg·kg⁻¹、pH6.75。选取面积相同,基础肥力无显著差异的水田地块进行肥力差异实验。所选地块保证单排单灌,避免肥力富集或流失造成结果不准确。

收稿日期:2023-11-05

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2023-1-C019)。

第一作者:王荣升(1986—),男,博士,助理研究员,从事水稻分子育种及功能基因组学研究。E-mail:rshwang@haas.cn。

通信作者:牟凤臣(1972—),男,学士,研究员,从事水稻常规及分子辅助育种研究。E-mail:mfc888221@163.com。

1.2 材料

随机选取本研究室选育且正在或即将参加黑龙江省第一积温区区域试验的品种(系)12份,分别为20鉴203、20鉴204、20鉴96、20鉴97、20鉴98、1343-1、松科粳115、松科粳119、松科粳120、松科粳122、松科粳131和松科粳134。全部试验材料经过连续多年种植,在黑龙江省第一积温区各项指标均表现稳定。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验共设置不施基肥氮肥(DN)和正常水田施用氮肥(NN)两组处理。NN组按照纯氮施用量 $80\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中 $48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以缓释肥形式作为基肥在秧苗移栽前翻地打浆时施入,剩余 $32\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以速效肥形式在分蘖期通过人工抛洒方式施入。磷、钾肥的施用量各 $40\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中钾肥分基肥、穗肥两次施入,磷肥全作基肥,其他田间管理参照常规水田的日常管理方式。DN组除不施用基肥氮肥之外,其余肥料用量及时期与NN组相同。试验材料采用完全随机区组设计,各品种(系)在大棚进行育苗。按照小区插秧,每穴3~4株,株间距12 cm,行长10 m,行间距30 cm,共12行,小区面积约 36 m^2 。

1.3.2 测定项目及方法 小区内随机选取10株进行表型测量,计算平均值代表该品种(系)的最终表型值,确保所选植株前后左右不存在空苗、死苗。各品种(系)齐穗期开始45 d后测量株高、分蘖数和有效穗数,取主穗测量穗长和穗粒数及空瘪粒。小区混收后自然条件下晾干至水分含量在14%~16%,数1 000粒稻谷称量获得该品种(系)千粒重。分别计算水稻结实率、成穗率及实测产量。

每个品种(系)称取500 g稻谷用砬谷机(大竹,FC2K)进行碾磨,称量记录糙米质量,随机选取10粒糙米,用游标卡尺测量粒长、粒宽及粒厚并计算平均值。剩余全部糙米在精米机(山本公司,VP-32)中碾磨获得精米,称量记录精米质量。用2.5 mm米筛进行整精米筛选,称量获得整精米质量。

糙米率(%) = 糙米重 / 500 × 100

整精米率(%) = 整精米重 / 500 × 100

将一份材料所获得的整精米分成3份(约150 g),利用大米食味计(东孚久恒,JSWL)测量精米食味值、蛋白质、直链淀粉和水分含量。取3份米样的平均值作为该品种(系)的米质结果。

1.3.3 数据分析 数据整理及表格制作采用Excel 2019进行,数据统计及分析采用R 4.2/base进行。

2 结果与分析

2.1 各品种(系)产量性状间差异

2.1.1 穗长 由表1可知,不同基肥水平下各参试品种在产量性状方面存在明显差异,参试材料穗长的差异范围为0.5~2.9 cm,有7份材料的穗长表现为NN处理极显著长于DN处理,品系1343-1穗长则表现为NN处理显著长于DN处理。而松科粳134的穗长则表现为DN处理极显著长于NN处理。

2.1.2 空瘪粒 空瘪粒的差异范围为0~30,共有7份材料的空瘪粒表现为NN处理显著或极显著高于DN处理;20鉴97表现为DN处理显著高于NN处理,其余处理差异不显著。

2.1.3 穗粒数 穗粒数的差异范围为1~53,共有6份材料的穗粒数表现为NN处理显著或极显著高于DN处理,4份材料表现为NN处理较DN处理略有增加。说明基肥氮元素对穗粒数的增加起到一定的作用。

2.1.4 结实率 结实率在6份材料中表现为DN处理极显著高于NN处理,但20鉴97则表现为NN处理极显著高于DN处理。这种差异与空瘪粒的变化趋势正好相反。表明DN处理可能通过减少空瘪粒提高了结实率。

2.1.5 分蘖数 分蘖数的差异范围为0~8,共有3份材料(20鉴97、松科粳120和松科粳122)的分蘖数表现为NN处理显著高于DN处理;2份材料(20鉴96和松科粳115)的分蘖数表现为DN处理极显著高于NN处理,其余处理差异不显著。

2.1.6 株高 株高的差异范围为1.1~16.4 cm,所有参试材料的株高均表现为NN处理高于DN处理,其中松科粳122的株高表现为NN处理显著或极显著高于DN处理,有9份材料表现为NN极显著高于DN处理。

2.1.7 成穗率 成穗率差异范围为0.3%~13.1%,仅有3份试验材料20鉴203、20鉴204和20鉴98表现为NN处理成穗率显著或极显著高于DN处理,其余材料成穗率均无显著差异。

2.1.8 千粒重 千粒重的差异范围为0.2~3.1 g,有4份材料DN处理显著或极显著高于NN处理,松科粳122在NN处理显著高于DN处理。其他材料除20鉴97外均表现为DN处理略高于NN处理。说明DN处理对品种千粒重的增加起到了一定的促进作用。

2.1.9 产量 实测产量的差异范围为 $5.93\sim 210.75\text{ kg}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$,所有参试品种在NN处

理下均高于 DN 处理,说明减少基肥施用会导致产量降低。其中 20 鉴 203、20 鉴 204、20 鉴 97、20 鉴 98、松科粳 122 和松科粳 134 两处理间差异

极显著。其余材料差异不显著,说明水稻品种产量对基肥是否敏感可能是由品种特性决定的。

表 1 不同基肥水平下各水稻品种(系)间产量性状表现

品种(系)	处理	穗长/cm	空瘪粒	穗粒数	结实率/%	每穴分蘖数/ 个	株高/cm	成穗率/%	千粒重/g	实测产量/ [kg·(667 m ²) ⁻¹]
1343-1	NN	23.10*	7.00	128.00	94.48	13.00	117.60**	99.33	31.50	692.41
	DN	21.80	7.00	125.00	94.04	13.00	102.60	97.92	33.60*	678.95
20 鉴 203	NN	24.60**	39.00**	187.00**	79.31	14.00	136.70**	98.67**	26.00	677.34**
	DN	22.50	22.00	162.00	86.41**	12.00	122.60	85.60	27.00	516.40
20 鉴 204	NN	20.00**	53.00**	194.00*	72.21	17.00	103.40**	97.41**	23.40	678.82**
	DN	18.20	23.00	155.00	84.99**	16.00	93.60	88.19	26.00**	577.51
20 鉴 96	NN	24.50**	35.00*	199.00**	82.03	11.00	120.50**	97.15	25.10	602.76
	DN	21.80	22.00	146.00	85.40**	14.00**	109.30	97.55	28.20**	559.16
20 鉴 97	NN	24.10**	21.00	170.00	88.14**	16.00*	116.90**	97.94	26.00	661.30**
	DN	21.20	32.00*	161.00	79.85	9.00	106.00	92.54	25.60	525.38
20 鉴 98	NN	22.40	27.00	156.00	83.18	15.00	112.00**	96.30*	24.00	633.75**
	DN	21.90	26.00	157.00	82.88	12.00	105.40	87.56	25.30	423.00
松科粳 115	NN	24.20**	53.00**	200.00**	73.22	8.00	126.30**	97.08	20.30	527.17
	DN	21.90	27.00	156.00	82.25	12.00**	109.90	91.41	23.30**	495.53
松科粳 119	NN	23.20**	26.00**	132.00*	80.52	15.00	99.30	95.39	27.90	595.95
	DN	21.70	12.00	113.00	89.25**	16.00	100.40	97.03	26.60	541.48
松科粳 120	NN	21.90**	33.00**	171.00*	80.80	23.00*	109.70**	89.05	23.10	666.88
	DN	19.60	17.00	145.00	88.40**	15.00	98.60	95.76	24.60	660.95
松科粳 122	NN	22.90	33.00**	171.00	80.43	16.00*	122.00*	93.83	26.10**	691.98**
	DN	22.00	17.00	173.00	90.22**	12.00	111.70	94.24	23.60	555.21
松科粳 131	NN	18.40	11.00	151.00	92.57	15.00	98.60**	98.94	25.00	674.30
	DN	17.40	12.00	134.00	90.59	18.00	86.60	94.53	25.60	655.85
松科粳 134	NN	20.20	9.00	126.00	92.04	15.00	97.90	99.15	23.10	526.72**
	DN	21.70**	9.00	149.00**	93.94	17.00	95.10	99.44	23.30	441.08
均值	NN	22.50	29.00	165.00	83.24	15.00	113.40	96.69	25.10	635.78
	DN	21.00	19.00	148.00	87.35	14.00	103.50	93.48	26.10	552.54

注: * 和 ** 分别代表不同处理在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平下差异显著和极显著。下同。

2.2 各品种(系)品质性状间差异

2.2.1 出糙率 由表 2 可知,不同的基肥施用量对参试材料的出糙率影响较小,仅有两份材料 20 鉴 98 和松科粳 115 的出糙率在 DN 处理下显著高于 NN 处理,其余材料处理间均无显著差异。

2.2.2 整精米率 1343-1、20 鉴 96、松科粳 115 和松科粳 131 整精米率的 DN 处理高于 NN 处理,且均达到显著以上水平。而 20 鉴 203、20 鉴 97 和松科粳 119 与此相反,说明差异的产生可能是由于品种自身特性和其他间接因素导致的,基肥施用量对整精米率的影响可能与试验品种有关。

2.2.3 直链淀粉含量 试验材料中直链淀粉含量差异范围为 0%~1.2%,仅有 20 鉴 98 和松科

粳 120 材料的 DN 处理的直链淀粉含量显著高于 NN 处理,说明基肥施氮量差异对稻谷中直链淀粉含量影响较小。

2.2.4 蛋白质含量 蛋白质含量差异范围为 0%~1.2%,1343-1、20 鉴 204、20 鉴 98 和松科粳 120 在 NN 处理显著或极显著高于 DN 处理。除松科粳 131 和松科粳 134DN 处理略高于 NN 处理外,其余大部分在 NN 处理下略高于 DN 处理。

2.2.5 食味值评分 稻米营养品质性状反应在食味值上差异较小,仅 1343-1 和 20 鉴 204 这 2 份材料 DN 处理食味值显著高于 NN 处理,而食味值偏高的原因很可能直接来自于籽粒中蛋白质含量的降低。

这些结果也说明,基肥氮素施用量对籽粒品质性状的影响较少,籽粒中的氮元素很可能主要来自中后期追肥,但这也需要更多的试验加以验证。

表 2 不同基肥水平下各水稻品种(系)间品质性状表现

品种(系)	处理	出糙率/%	整精米率/%	食味值评分/分	蛋白质含量/%	直链淀粉含量/%
1343-1	NN	79.08	56.26	76.00	9.20*	16.70
	DN	79.60	63.62**	80.00*	8.50	17.80
20 鉴 203	NN	82.78	67.48**	83.00	7.60	19.60
	DN	80.66	60.16	82.00	7.50	19.80
20 鉴 204	NN	78.92	58.90	81.00	8.40**	18.80
	DN	80.36	60.62	84.00*	7.20	19.80
20 鉴 96	NN	80.34	60.76	79.00	8.20	18.90
	DN	79.64	63.54*	80.00	8.10	18.20
20 鉴 97	NN	81.88	61.48*	79.00	8.10	19.30
	DN	80.24	57.82	80.00	7.90	19.00
20 鉴 98	NN	73.70	58.14	78.00	8.50**	18.50
	DN	80.74**	59.26	80.00	7.80	19.70*
松科粳 115	NN	76.90	58.38	80.00	7.90	20.00
	DN	80.04*	61.90*	81.00	7.70	19.30
松科粳 119	NN	80.74	68.10*	82.00	7.30	20.30
	DN	79.12	64.46	82.00	7.30	20.30
松科粳 120	NN	81.56	71.56	82.00	7.50**	19.70
	DN	80.88	70.06	83.00	6.80	20.50*
松科粳 122	NN	80.38	64.86	81.00	7.70	20.30
	DN	80.56	67.44	83.00	7.20	20.60
松科粳 131	NN	80.80	65.14	79.00	8.40	17.80
	DN	82.22	70.30*	78.00	8.60	17.80
松科粳 134	NN	78.98	62.52	80.00	8.00	18.90
	DN	78.28	63.82	78.00	8.30	18.80
均值	NN	79.67	62.80	80.00	8.00	19.10
	DN	80.20	63.58	81.00	7.80	19.20

2.3 各品种(系)粒型性状间差异和 20 鉴 98 的粒长在 DN 处理显著高于 NN 处理,而 20 鉴 204 则表现相反。

2.3.1 粒长 由表 3 可知,20 鉴 203、20 鉴 96

表 3 不同基肥水平下各品种(系)粒型性状表现

品种(系)	组别	粒长/mm	粒宽/mm	粒厚/mm	长宽比	品种(系)	组别	粒长/mm	粒宽/mm	粒厚/mm	长宽比
1343-1	NN	7.61	2.84**	2.16*	2.68	松科粳 119	NN	6.69	2.51	1.89	2.66
	DN	7.49	2.70	2.07	2.63		DN	6.61	2.50	1.92	2.64
20 鉴 203	NN	6.48	2.44	1.87	2.66	松科粳 120	NN	5.38	2.73**	1.98	1.90
	DN	6.68*	2.44	2.02**	2.74*		DN	5.41	2.59	1.93	2.09**
20 鉴 204	NN	6.44*	2.39**	1.86	2.74	松科粳 122	NN	6.26	2.47	1.96	2.53*
	DN	6.24	2.28	1.97**	2.74		DN	6.15	2.58**	1.96	2.38
20 鉴 96	NN	6.69	2.61**	2.03	2.52	松科粳 131	NN	5.42	2.66	1.97	2.15**
	DN	6.94*	2.49	2.04	2.79**		DN	5.28	2.72	2.06*	1.93
20 鉴 97	NN	7.06	2.46	2.02	2.87	松科粳 134	NN	5.77	2.40	1.79	2.40
	DN	6.96	2.49	2.04	2.80		DN	5.84	2.51**	1.76	2.37
20 鉴 98	NN	6.36	2.30	1.93	2.74*	均值	NN	6.43	2.52	1.95	2.57
	DN	6.52*	2.5**	1.99	2.61		DN	6.43	2.54	1.99	2.53
松科粳 115	NN	6.98	2.53	2.01	2.76						
	DN	7.09	2.53	2.12**	2.84						

2.3.2 粒宽 1343-1、20 鉴 204、20 鉴 96、松科粳 120 的粒宽在 NN 处理显著高于 DN 处理,但 20 鉴 98、松科粳 122 和松科粳 134 的 DN 处理极显著高于 NN 处理。

2.3.3 粒厚 20 鉴 203、20 鉴 204、松科粳 115 和松科粳 131 在 DN 处理均高于 NN 处理,且达到显著以上,仅有 1343-1 的粒厚在 NN 处理显著高于 DN 处理。

2.3.4 长宽比 20 鉴 203、20 鉴 96、松科粳 120 的长宽比在 DN 处理显著或极显著高于 NN 处理,但 20 鉴 98、松科粳 122 和松科粳 131 则表现相反。

这些结果显示各水稻品种(系)在不同基肥水平下粒型变化各不相同,说明各品种的粒型调控受到多种因素的影响,基肥差异对品种的影响需要从多个方面进行综合考虑(表 1、表 3)。

2.4 不同基肥处理各性状的相关性分析

2.4.1 产量性状相关性分析 由表 4 可知,在 DN 和 NN 处理下穗粒数和空瘪粒都显示显著或极显著正相关,而结实率和空瘪粒表现极显著负相关,相关系数均为-0.98。株高和穗长也表现

极显著正相关,相关系数分别为 0.78 和 0.79。在 NN 处理下穗粒数与结实率表现极显著负相关,相关系数为-0.75。在 DN 处理下株高和分蘖数表现极显著负相关,相关系数为-0.75。

2.4.2 品质性状相关性分析 在 DN 和 NN 处理下蛋白质和食味值及直链淀粉均表现为极显著的负相关关系。而直链淀粉和食味值表现为极显著正相关,相关系数分别为 0.76 和 0.82。在 NN 处理整精米率与食味值和蛋白质分别表现出极显著的正相关和极显著负相关关系,相关系数为 0.80 和-0.86。表明 DN 处理掩盖了整精米率和食味值及蛋白质间的相关关系。

2.4.3 粒型性状相关性分析 在 DN 和 NN 处理下整精米率与粒长和长宽比均显示显著的负相关性。粒长与穗长和分蘖数分别表型显著正相关和显著负相关关系。

综合以上分析得出,DN 处理可以使稻米蛋白质含量稍有降低,但稻米食味值并没有表现出显著增加,相反,各品种(系)的产量表现出一定程度的降低。

表 4 参试品种不同性状间相关系数

项目	穗长	空瘪粒	穗粒数	结实率	分蘖数	株高	成穗率	千粒重	实测产量	出糙率	整精米率	食味值	蛋白质	直链淀粉	粒长	粒宽	粒厚	长宽比
穗长		0.12	0.18	-0.07	-0.60*	0.78**	0.04	0.11	-0.54	-0.57	-0.44	0.01	-0.12	0.24	0.65*	-0.13	-0.09	0.56
空瘪粒	0.31		0.64*	-0.98**	-0.67*	0.44	-0.66*	-0.33	-0.42	0.25	-0.63*	0.26	-0.37	0.28	0.29	-0.50	0.42	0.51
穗粒数	0.36	0.86**		-0.47	-0.55	0.49	-0.55	-0.52	-0.44	0.22	-0.33	0.26	-0.35	0.37	-0.04	-0.36	0.03	0.18
结实率	-0.29	-0.98**	-0.75**		0.61*	-0.36	0.63*	0.28	0.39	-0.25	0.62*	-0.23	0.35	-0.24	-0.31	0.49	-0.46	-0.52
分蘖数	-0.40	-0.14	-0.20	0.06		-0.75**	0.40	-0.07	0.28	-0.03	0.60*	-0.19	0.21	-0.21	-0.64*	0.14	-0.45	-0.56
株高	0.79**	0.42	0.58*	-0.32	-0.39		-0.40	0.07	-0.35	-0.10	-0.44	0.33	-0.36	0.36	0.57	-0.24	0.28	0.56
成穗率	-0.08	-0.30	-0.16	0.38	-0.64*	0.04		0.18	0.32	-0.48	0.54	-0.43	0.45	-0.41	-0.10	0.52	-0.33	-0.34
千粒重	0.19	-0.55	-0.53	0.52	0.02	0.04	0.23		0.51	-0.11	-0.12	-0.07	0.38	-0.51	0.55	0.18	0.36	0.25
实测产量	-0.10	-0.08	0.05	0.11	0.49	0.16	-0.15	0.53		0.40	0.62*	0.11	0.20	-0.37	-0.18	0.58*	0.39	-0.47
出糙率	0.11	-0.10	0.07	0.12	0.33	0.12	-0.11	0.31	0.36		0.31	0.08	0.00	-0.04	-0.42	0.31	0.56	-0.45
整精米率	-0.07	-0.01	-0.06	-0.08	0.60*	-0.11	-0.59*	-0.04	0.15	0.66*		-0.10	0.15	-0.12	-0.68*	0.73**	-0.09	-0.86**
食味值	0.05	0.50	0.31	-0.59*	0.43	0.07	-0.54	-0.36	-0.01	0.49	0.80**		-0.91**	0.76**	0.09	-0.43	0.07	0.24
蛋白质	-0.17	-0.33	-0.18	0.43	-0.45	-0.03	0.73**	0.35	0.16	-0.44	-0.86**	-0.89**		-0.94**	0.03	0.50	0.13	-0.22
直链淀粉	0.33	0.55	0.37	-0.64*	0.25	0.18	-0.67*	-0.45	-0.24	0.27	0.63*	0.82**	-0.91**		-0.12	-0.41	-0.30	0.11
粒长	0.67*	0.09	0.07	-0.05	-0.58*	0.47	0.40	0.47	0.00	-0.14	-0.62*	-0.47	0.47	-0.25		-0.29	0.43	0.87**
粒宽	0.03	-0.38	-0.21	0.45	-0.14	0.05	0.06	0.53	0.24	0.31	-0.04	-0.38	0.26	-0.44	0.24		0.21	-0.71**
粒厚	0.39	-0.19	0.04	0.29	-0.35	0.36	0.11	0.47	0.28	-0.04	-0.44	-0.67*	0.49	-0.45	0.61*	0.74**		0.23
长宽比	0.56	0.31	0.20	-0.30	-0.49	0.39	0.42	0.16	-0.08	-0.31	-0.61*	-0.27	0.36	-0.05	0.83**	-0.32	0.19	

注:左下角为 NN 处理各性状的相关系数,右上角为 DN 处理各性状的相关系数。

3 讨论

氮肥的吸收与利用贯穿水稻整个生育期内,而基肥中氮元素的施用不但决定了水稻苗期生长的快慢,更会直接影响水稻各产量构成因素,并决定了产量的高低。在常规水田生产中,基肥通常以施用缓释、复合肥为主,主要目的一方面是在苗期水稻根系较弱的情况下,减少肥料的释放,避免肥料流失。另一方面是为根系发育提供缓冲期,在整个生育期内为水稻提供持续的复合营养物质支持^[13-14]。本研究通过设置基肥差异田块,发现无论在产量性状还是米质性状等方面,不同的水稻品种(系)间均表现出一定的表型差异,这有助于今后开展新品种的氮肥敏感性试验。在本研究中1343-1、20 鉴 96、松科粳 120、松科粳 134 在不同处理下实测产量的差异不大,表明这些品种在应对低氮肥环境时可以缓解氮肥的缺乏,并在氮肥充足时提高氮肥的利用率,能够更好地适应贫瘠的土壤环境^[15-16]。

前人对水稻不同时期的肥料施用有过一些探索,与本研究结果类似,基肥的缺失会对水稻产量及品质等造成一定的影响,因此要合理调节不同时期的肥料施用量及比例^[17-18]。水稻不同生育阶段所需氮肥量会有差异,因此需要深入解析水稻各阶段对肥料的需求量及对产量和品质的影响。有研究对 Y 两优 900 和 Y 两优 6 号配制的杂交组合在水稻幼穗分化 II 期前施用穗肥,可获得较好的稻米加工品质^[19]。对于两优培九,在倒 3 叶、倒 1 叶期分次施用穗肥可以改善稻米品质并提高产量^[20]。这些结果与本研究的结论也可以互相补充,为今后提升水稻产量和品质提供多角度的研究思路。

众多学者分别利用不同的水稻品种对氮、磷、钾以及一些微量元素进行了利用效率或施用时期方面的研究,也证实了不同品种对各元素的吸收效率在不同的发育时期存在差异^[21-23]。此外肥料的类型、微量元素的存在等多种因素也对水稻肥料利用起到一定的作用^[24-26]。本研究中不同品种(系)对氮肥差异的反应也在一定程度上预示了氮吸收效率的不同,这也表明需要设计更多肥料梯度的栽培试验来进一步开展水稻肥料吸收及利用研究,为今后不同水稻品种的推广应用设计定制化的田间水肥管理和提供理论依据。管理方

法的优化不但能够增加产量,提高出米率,还可以改善米质,提升品种价值,对新品种的长久栽培和品牌建立具有重要意义。

4 结论

综上所述,在基肥不施氮的情况下,参试水稻的穗长、株高、穗粒数等产量性状均表现为下降。实测产量降幅较大,差异范围为 5.93 ~ 210.75 kg·(667 m²)⁻¹,其中 20 鉴 203、20 鉴 204、20 鉴 97、20 鉴 98、松科粳 122 和松科粳 134 表现为极显著的降低。但对水稻的加工品质影响较小,对水稻籽粒的长宽等影响不大。施氮量的减少直接导致了籽粒中蛋白质含量降低约 0% ~ 1.2%。对稻米食味值的改善起到一定的积极作用,但与产量降低相比这种改善并不具有显著性,因此在生产中仍需要适当施用基肥补充氮元素,以保证品种产量。相关性分析表明,在 DN 和 NN 两种处理下结实率与空瘪粒均表现为极显著负相关,相关系数均为 -0.98,食味值与蛋白质和直链淀粉分别表现为极显著负相关和极显著正相关关系。今后的品种选育和推广过程中,应根据品种的氮肥敏感特性制定相应的施肥策略,从而达到提高产量、提升米质的目的。

参考文献:

- [1] 潘圣刚,黄胜奇,翟晶,等. 氮肥用量与运筹对水稻氮素吸收转运及产量的影响[J]. 土壤,2012,44(1):23-29.
- [2] 顾巍巍,张强,沈杰,等. 水稻配方施肥的氮磷钾利用率研究[J]. 上海农业科技,2021(3):76-77,95.
- [3] 刘擎. 基肥不同施用量对水稻产量的影响[J]. 新疆农业科技,2022(3):12-14.
- [4] 张金萍,陈照明,王强,等. 缓释肥占基肥比例对单季晚稻分蘖和氮素吸收利用的影响[J]. 浙江农业学报,2022,34(10):2259-2267.
- [5] 彭瑞雪,朱建强,吴启侠,等. 不同氮肥运筹对直播稻田氮素损失与利用的影响[J]. 农业资源与环境学报,2023,40(3):651-659.
- [6] 潘圣刚. 水稻超高产栽培及调控措施研究[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [7] 张猛,李振山,陈猛猛,等. 氮肥运筹对水稻生长、光合特性及产量的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2023,40(1):54-61,67.
- [8] 崔纪菡,刘猛,赵宇,等. 不同形态氮对谷子生长和氮利用的影响[J]. 山东农业科学,2021,53(7):58-64.
- [9] 曹晓燕. 不同施氮量对高粱品质及氮利用的影响[D]. 太原:山西大学,2021.
- [10] 郭肖. 不同油菜品种氮素利用效率差异生理机制[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2021.

[11] 刘磊,宋娜娜,齐晓丽,等. 水稻根系特征与氮吸收利用效率关系的研究进展[J]. 作物杂志,2022(1):11-19.

[12] 赵灿,刘光明,戴其根,等. 氮肥对水稻产量、品质和氮利用效率的影响研究进展[J]. 中国稻米,2022,28(1):48-52,57.

[13] 段小丽,张富林,倪承凡,等. 前氮后移对水稻产量形成和田面水氮素动态变化的影响[J]. 水土保持学报,2020,34(1):255-261.

[14] ZHOU T Y, LI Z K, LI E P, et al. Optimization of nitrogen fertilization improves rice quality by affecting the structure and physicochemical properties of starch at high yield levels[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2022, 21(6): 1576-1592.

[15] 范立慧,徐珊珊,侯朋福,等. 不同地力下基肥运筹比例对水稻产量及氮肥吸收利用的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(10):1872-1884.

[16] 乔磊,江荣风,张福锁,等. 土壤基础地力对水稻体系的增产与稳产作用研究[J]. 中国科技论文,2016,11(9):1031-1034,1045.

[17] 郭全全. 不同时期施肥对水稻生长及产量的影响探析[J]. 南方农业,2021,15(24):49-50.

[18] 刘正忠,刘秀斌. 超级杂交稻氮肥施用期合理运筹的研究[J]. 中国种业,2013(11):54-55.

[19] 余锋,刘洋,何小娥,等. 穗肥施用时期对杂交水稻稻米品质的影响[J]. 杂交水稻,2018,33(5):35-39.

[20] 朱晓彦,苏祖芳. 穗肥不同施用期对水稻产量和米质的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(8):308-312.

[21] 宋淑艳. 不同养分存在情况下水稻对氮磷钾的利用效果研究[J]. 北方水稻,2021,51(2):24-27.

[22] 吴可,谢慧敏,刘文奇,等. 氮、磷、钾肥对南方双季稻区水稻产量及产量构成因子的影响[J]. 作物杂志,2021(4):178-183.

[23] 吴可,谢慧敏,刘文奇,等. 氮、磷、钾肥对水稻养分积累与利用的影响[J]. 分子植物育种,2024,22(6):1960-1967.

[24] 简燕,朱坚,彭华,等. 不同类型水稻土对氮磷养分的吸附解吸特征研究[J]. 湖南农业科学,2020(6):24-30.

[25] 邓仕俊,顾瑜. 不同氮磷钾肥用量对水稻产量及肥料利用率的影响[J]. 上海农业科技,2022(3):98-100.

[26] WANG W, ZHOU Z, ZHENG Z, et al. Effects of nitrogen-phosphorus-potassium combined fertilization on rice yield and fertilizer use efficiency in Jiangnan Plain[J]. Agricultural Biotechnology, 2022, 11(2): 85-90.

Effects of Differences in Base Fertilizer on Yield and Quality of Rice Varieties(Lines)

WANG Rongsheng, LI Kun, ZHANG Wei, LIU Hui, TAO Yongqing, LIU Yuming, LIU Baohai, MU Fengchen

(Biotechnology Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Heilongjiang Laboratory of Crop and Livestock Molecular Breeding / Heilongjiang Engineering and Technology Research Center of Rice Molecular Breeding, Harbin 150023, China)

Abstract: In order to regulate the application rate of base fertilizer reasonably, promote the improvement of rice yield and quality, and thus achieve the effect of cost saving and efficiency increasing. This study selected 12 rice varieties (lines) with stable performance in the first accumulated temperature zone of Heilongjiang Province. By setting up two types of fields with nitrogen content differences, namely do not application of base fertilizer (DN) and normal application of base fertilizer (NN), the yield traits, processing quality, and taste quality of each variety (line) were investigated and analyzed to clarify the impact of nitrogen content differences in base fertilizer on various traits of the experimental materials, as well as the sensitivity of the reference materials to differences in base fertilizer. The results showed that compared with the application of base fertilizer, the measured yield of the tested materials without the application of base fertilizer showed a decreasing trend. Among them, there were significant differences between the different treatments of 20 Jian 203, 20 Jian 204, 20 Jian 97, 20 Jian 98, Songkegeng 122, and Songkegeng 134. The application of base fertilizer had no significant effect on the processing quality of rice, and had a small impact on the length and width of rice grains. However, not applying nitrogen fertilizer treatments reduced protein content by 0% to 1.2%, slightly increased taste value, but significantly reduced yield. Therefore, the rational application of nitrogen fertilizer was still the best choice in agricultural production. Correlation analysis showed that under both DN and NN treatments, there was a highly significant negative correlation between seed setting rate and empty grains, with correlation coefficients of -0.98. Taste value showed a highly significant negative correlation and a highly significant positive correlation with protein and amylose, respectively.

Keywords: rice; base fertilizer; nitrogen utilization; yield; quality