

不同直播栽培条件对黑米杂交稻紫两优润香倒伏指数的影响

邱金灿

(福建省莆田市涵江区白沙镇乡村振兴发展中心,莆田 351123)

摘要:栽培条件对水稻直播生产至关重要,以黑米杂交稻紫两优润香为材料,采用两因素3水平3重复随机区组设计,考察了与水稻抗倒性相关的12个性状,分析了播种量和施肥水平对黑米杂交稻的抗倒伏影响。结果表明,水稻抗倒伏是一个复杂性状,不仅与品种特性密切相关,且与栽培条件密切相关。在提高紫两优润香直播生产中的抗倒伏性和产量上,最佳的栽培处理为播种量 $1.5\text{kg}/667\text{m}^2$,复合肥施肥水平 $3.00\text{kg}/667\text{m}^2$ 。直播栽培中,在科学管控杂草的基础上,应采取稀播、匀播种子,适当施用复合肥,有利提高品种的穗部性状,增加穗粒数,在确保产量的前提下提高品种抗倒伏力。

关键词:水稻;直播种植;播种量;施肥水平;倒伏指数

Effect of Different Direct Planting Conditions on Lodging Index of Black-rice Hybrid Ziliangyourunxiang

QIU Jin-can

(Rural Revitalization and Development Center of Baisha Town, Hanjiang District, Putian City, Fujian Province, Putian 351123)

我国水稻种植面积占全国粮食作物种植面积约30%,而产量则占我国粮食总产量的50%左右,关系国家粮食安全^[1-3]。近年来,随着耕地面积大幅减少,国家粮食安全问题尤为突出^[4-5]。中国经济进入转型阶段,农村劳动力短缺,老龄化严重,劳动成本成倍增加,影响传统的水稻育秧栽培生产模式,水稻直播和生产机械化、轻简化种植模式迅速发展^[6-8]。水稻直播具有省工、省时、省力、投入产出比高等特点,但也存在难全苗、易倒伏等问题^[9-11]。南方水稻种植面积大,但丘陵耕地多,机械化程度低,机插秧难度大,人工直播栽培模式更受青睐。水稻倒伏是严重影响直播稻产量的重要因素,与品种特性、栽培管理模式、施肥技术、气候环境、病虫害防治等因素有关,其中品种特性尤为重要,生育期适中、茎秆粗壮、韧性好的品种具有较强的抗倒伏性^[12-13]。水稻成熟后期发生倒伏不仅增加了机械收获难度,且在高温高湿条件下,稻谷极易发生霉变和穗发芽等,严重影响水稻产量、品质^[14-15]。

水稻的倒伏一般分为根倒伏和茎倒伏^[16],南方因早稻期雨水充沛,搁田难度大,易发生根倒伏;中晚稻多发生茎倒伏现象^[17]。茎倒伏是水稻倒伏的研究重点,已有大量的相关报道^[18]。倒伏是复杂性状,茎秆物理性状也是影响倒伏的关键因素^[19-20];随着株高高、大穗型品种的推广应用,在提高产量同时,倒伏的危险系数也随之变大^[21]。大量的抗倒伏性研究主要集中在杂交籼稻、常规粳稻品种、杂交粳稻品种等,对专用特种稻品种的研究较少^[22]。近年来,食物安全和营养保健、合理的膳食结构和健康饮食愈来愈受人们青睐,专用特种稻具有丰富的营养^[23],多用途水稻特色产业备受关注。紫两优润香系福建农林大学农产品品质研究所、福州天创华粮种业有限公司共同选育的香型优质黑米杂交稻,分别通过了广西壮族自治区(桂审稻2021200号)和福建省(闽审稻20220024)水稻新品种审定,平均产量分别达 $465.68\text{kg}/667\text{m}^2$ 和 $463.0\text{kg}/667\text{m}^2$ ^[24]。本研究以紫两优润香为试验材料,采用不同播

种植量和施肥水平的直播栽培方式,分析其抗倒伏性相关性状,以期为该品种的直播生产提供指导依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料选用籼型黑米杂交稻品种紫两优润香,种子由福建农林大学农学院提供。

1.2 试验方法 2022年试验在福建省莆田市涵江区白沙镇广山村进行,采用水稻直播的栽培技术。试验用地前茬为青花菜,土壤肥沃。小区面积50m²,四周用泥土起埂隔离,中间设置隔离沟,保证各小区水肥不混进。试验采用两因素3水平的3重复随机区组试验,A因素为播种量,3个水平分别为A1:1.5kg/667m²、A2:2.5kg/667m²、A3:3.5kg/667m²;B因素为复合肥施用量,3个水平分别为施用含N量为16%的复合肥B1:2.50kg/667m²、B2:2.75kg/667m²、B3:3.00kg/667m²。大田按直播稻的常规管理,注意除草和病虫害防治。

1.3 农艺性状考察 2022年10月8日对成熟后期的供试材料进行考察,每小区取具有代表性植株10株,考察株高、剑叶长、剑叶宽、穗长、全秆鲜重、单穗鲜重、节间长、节间茎直径、节间茎壁厚、抗折力等,并计算倒伏指数。具体12个相关性状的考察参见谢展文^[25]方法。

弯曲力矩(g·cm)=茎秆段基部折断点至穗顶长度(cm)×茎秆段基部折断点至穗顶鲜重(g);

$$\text{抗折弯矩}(g \cdot \text{cm}) = \text{抗折力} \times \text{支点距离}/4$$

$$\text{倒伏指数}(\%) = \text{弯曲力矩} / \text{抗折弯矩} \times 100$$

1.4 数据统计分析 数据经Excel 2003整理后,采用DPS7.05软件对数据进行方差分析和LSD差异性分析。

2 结果与分析

2.1 不同播种量与施肥水平的倒伏指数分析 不同处理下紫两优润香的倒伏指数平均值及变异系数见表1。紫两优润香的倒伏指数与播种量和施肥水平具有明显相关性。随着播种量增加,倒伏指数呈增加趋势,即播种密度增大可能导致植株倒伏;而一定程度上增加复合肥用量,可提高茎秆的粗壮度,倒伏指数呈下降趋势,提高了植株的抗倒伏性。此外,从表1数据可知,处理内的倒伏指数的最大值与最小值、变异系数变幅大,可能受到直播播种均匀性影响,植株生产密度和吸收肥料效率,进而影响水稻直播的倒伏指数,也一定程度上影响试验准确性。因此,在直播生产上,应尽量做到土地平整,均匀施肥,构建合理高产群体,提高水稻产量。

2.2 不同播种量与施肥水平对抗倒伏性状的方差分析 不同播种量与施肥水平对黑米杂交稻紫两优润香的抗倒伏性状方差分析见表2,两因素影响抗倒伏相关的12个性状方差分析结果具有明显差异。其中播种量与施肥水平对该品种的穗长与剑叶长影响均未达显著水平。播种量的多少对株高、剑叶宽、弯曲力矩、单穗鲜重和全秆鲜重具有显著影响,达极显著水平。施肥水平的高低则与剑叶宽、节间长、节间茎直径、抗折力的方差达显著或极显著水平。播种量与施肥水平的两种因素互作影响了水稻的节间长、节间茎直径、节间茎壁厚、抗折力、单穗鲜重、全秆鲜重等性状,达显著或极显著水平。品种倒伏指数上,无论是播种量、施肥水平以及两者之间的互作方差均达显著或极显著水平,也暗示着在采用水稻直播技术时,如何控制播种量与施肥水平是影响水稻抗倒伏的关键因素。

表1 不同处理间的倒伏指数的变异情况

处理	播种量(kg/667m ²)	施肥水平(kg/667m ²)	最大值(%)	最小值(%)	平均值(%)	标准差	变异系数(%)
A1B1	1.5	2.50	312.32	189.52	245.11	40.08	16.35
A1B2	1.5	2.75	266.93	132.22	187.55	40.18	21.42
A1B3	1.5	3.00	249.43	111.13	162.89	37.26	22.87
A2B1	2.5	2.50	328.01	169.15	261.12	47.28	18.11
A2B2	2.5	2.75	299.64	185.85	245.35	28.88	11.77
A2B3	2.5	3.00	196.15	117.93	162.06	22.52	13.89
A3B1	3.5	2.50	478.85	250.30	310.32	60.88	19.62
A3B2	3.5	2.75	344.89	156.58	274.01	57.81	21.09
A3B3	3.5	3.00	275.68	127.09	187.73	48.09	25.62

表2 不同播种量及施肥水平的抗倒伏性相关性状方差分析

性状	变异来源	区组间	播种量	施肥水平	播种量×施肥水平	误差	总变异
株高	自由度	2	2	2	4	16	26
	平方和	24.133	296.642	45.871	13.495	250.423	630.564
	均方	12.066	148.321	22.936	3.374	15.651	
	F值	0.770	9.477	1.465	0.216		
穗长	P值	0.479	0.002	0.260	0.926		
	平方和	1.727	12.144	2.918	1.262	30.426	48.477
	均方	0.863	6.072	1.459	0.316	1.902	
	F值	0.454	3.193	0.767	0.166		
剑叶长	P值	0.643	0.068	0.481	0.953		
	平方和	19.988	50.553	52.649	18.415	133.294	274.899
	均方	9.994	25.277	26.324	4.604	8.331	
	F值	1.200	3.034	3.160	0.553		
剑叶宽	P值	0.327	0.076	0.069	0.700		
	平方和	0	0.036	0.027	0.012	0.052	0.128
	均方	0	0.018	0.014	0.003	0.003	
	F值	0.051	5.542	4.209	0.950		
节间长	P值	0.951	0.015	0.034	0.461		
	平方和	3.727	1.138	56.584	5.629	7.105	74.182
	均方	1.864	0.569	28.292	1.407	0.444	
	F值	4.197	1.281	63.713	3.169		
节间茎直径	P值	0.034	0.305	0	0.043		
	平方和	0.013	0.743	2.155	2.248	2.289	7.449
	均方	0.007	0.372	1.078	0.562	0.143	
	F值	0.045	2.598	7.531	3.927		
节间茎壁厚	P值	0.956	0.106	0.005	0.021		
	平方和	0.006	0.008	0	0.056	0.054	0.122
	均方	0.003	0.004	0	0.014	0.003	
	F值	0.817	1.127	0.009	4.174		
弯曲力矩	P值	0.459	0.348	0.992	0.017		
	平方和	111992.514	2126628.109	935650.860	2000154.376	2662954.590	7837380.448
	均方	55996.257	1063314.054	467825.430	500038.594	166434.662	
	F值	0.336	6.389	2.811	3.004		
抗折力	P值	0.719	0.009	0.090	0.050		
	平方和	0.015	0.059	0.384	0.178	0.179	0.815
	均方	0.008	0.029	0.192	0.045	0.011	
	F值	0.687	2.613	17.182	3.974		
单穗鲜重	P值	0.517	0.104	0	0.020		
	平方和	0.372	20.584	7.479	35.071	28.580	92.085
	均方	0.186	10.292	3.740	8.768	1.786	
	F值	0.817	1.127	0.009	4.174		
全秆鲜重	P值	0.902	0.013	0.156	0.009		
	平方和	5.750	134.137	75.188	233.549	181.093	629.717
	均方	2.875	67.068	37.594	58.387	11.318	
	F值	0.254	5.926	3.322	5.159		
倒伏指数	P值	0.779	0.012	0.062	0.007		
	平方和	1257.273	17497.693	48752.310	3926.640	14196.302	85630.218
	均方	628.636	8748.847	24376.155	981.660	887.269	
	F值	0.709	9.860	27.473	1.106		
	P值	0.507	0.002	0	0.039		

2.3 不同播种与施肥水平对抗倒伏性状的 LSD 分析 根据表 2 的各性状的方差显著性分析结果,进一步对播种量和施肥水平影响抗倒伏性相关性状达显著或极显著水平的性状进行 LSD 差异性分析,结果见表 3。不同处理对构成倒伏指数的各性状影响的显著性是不同的;有些性状不受播种量或施肥水平的影响,但两者间的互作则显著影响了性状表型。不同播种量处理,A2、A3 的播种量对植株高度、弯曲力矩和全秆鲜重影响相当,都显著高于 A1。剑叶宽则以 A2 处理最大。A3 处理的单穗鲜重与 A2 处理相当,并优于 A1 处理。倒伏指数则以 A1 最小,抗倒伏性最强。不同施肥水平处理,剑叶宽和节间茎直径变化趋势一致,均以 B1 处理最大。而节间长和倒伏指数上,3 个处理之间存在明显差异,均以 B3 处理的抗倒伏性最佳,倒伏指数最小。本研究考察的 12 个性状中,8 个性状显著受到播种量与施肥水平互作影响,其中 A1B1 和 A3B1 处理的节间长显著长于其他处理,分别达 11.96cm 和 12.46cm,两者之间差异不显著。A1B3、A2B3、A3B3 的节间长显著短于其他处理,分别为 7.96cm、8.23cm、8.18cm。节间茎直径、弯曲力矩、单穗鲜重和全秆鲜重在不同处理间呈明显地变化,均以 A3B1 最大,A1B2 处理

的最小。节间茎壁厚的最大值也为 A3B1 处理,但以 A1B1 处理的最小。抗折力的高低则分为高、低两类,其中 A1B1、A1B2、A2B1、A3B1、A3B2 等 5 种处理较低,而 A1B3、A2B2、A2B3、A3B3 的 4 种处理较高。水稻抗倒伏是一个复杂的数量性状,在反映抗倒伏性状的倒伏指数上,倒伏指数越小,植株的抗倒伏能力越强,反之则抗倒伏能力越弱。由表 3 可以看到,A3B1 倒伏指数最高,最易倒伏,而 A1B3、A2B3 的倒伏指数较小,分别为 159.74% 和 162.96%,两者差异不显著。结合产量性状的单穗鲜重来看,A3B1 处理的单穗鲜重最高,但倒伏风险最高。最佳的组合应为 A1B3 处理,即播种量为 1.5kg/667m²,施肥水平 3.00kg/667m²。表明对黑米杂交稻紫两优润香而言,在科学管控杂草的前提下,直播上应采取稀播种、多施用复合肥的方式,以提高穗部性状,增加穗粒数,提高抗倒伏能力。

3 讨论

直播稻的轻简化栽培技术具有省工、省时、省力、投入产出比高等特点,深受群众青睐,但易倒伏问题一直是水稻直播栽培技术应用的障碍。直播稻的抗倒伏性影响因素复杂,与水稻品种特性和栽培管理因素有直接关系,研究水稻直播配套技术、防止

表 3 不同处理下的抗倒伏性状的均值及其 LSD 差异分析

处理	株高 (cm)	剑叶宽 (cm)	节间长 (cm)	节间茎直径 (mm)	节间茎壁厚 (mm)	弯曲力矩 (g · cm)	抗折力 (g)	单穗鲜重 (g)	全秆鲜重 (g)	倒伏指数 (%)
A1	88.95b	1.41b	/	/	/	1790.99b	/	6.97b	19.81b	196.39b
A2	95.43a	1.50a	/	/	/	2292.50a	/	8.06ab	23.86a	224.34b
A3	96.44a	1.44b	/	/	/	2448.95a	/	9.11a	25.01a	258.64a
B1	/	1.49a	11.66a	4.36a	/	/	/	/	/	272.42a
B2	/	1.44ab	10.11b	3.99ab	/	/	/	/	/	236.99b
B3	/	1.41b	8.12c	3.67b	/	/	/	/	/	169.95c
A1B1	/	/	11.96a	4.2abc	0.58c	2064.98cd	0.87b	7.48bcd	22.19c	241.17b
A1B2	/	/	9.76b	3.34e	0.65abc	1439.85d	0.76b	5.60d	15.92d	188.26b
A1B3	/	/	7.96c	3.77cde	0.73ab	1868.18cd	1.16a	7.82bcd	21.31cd	159.74c
A2B1	/	/	10.55b	4.19abc	0.70ab	2270.68abc	0.87b	7.48bcd	23.18bc	262.99ab
A2B2	/	/	10.48b	4.61ab	0.71ab	2773.22ab	1.12a	9.53ab	28.78ab	247.07b
A2B3	/	/	8.23c	3.52de	0.67abc	1833.61cd	1.13a	7.16cd	19.61cd	162.96c
A3B1	/	/	12.46a	4.69a	0.74a	2918.84a	0.93b	11.40a	29.98a	313.09a
A3B2	/	/	10.09b	4.02bed	0.66abc	2235.51abc	0.81b	7.73bcd	22.66c	275.67ab
A3B3	/	/	8.18c	3.71cde	0.64bc	2192.49bc	1.14a	8.19bc	22.38c	187.14b

/ 表示处理对该性状影响不显著,未做差异性分析;表中数值为平均值,数值后不同小写字母表示性状同因素不同处理之间差异达到 0.05 水平显著

倒伏尤为重要。福建省特殊的气候条件,早期雨水充沛,成熟后期80%的概率会遭遇暴雨和台风等极端气候,直播稻不宜在早稻区,而应选择中晚熟稻地区推广。

在水稻抗倒伏性状上,国内外研究报道主要集中在品种的育苗移栽的播种量与肥料管理上,配套技术集成也较成熟^[26]。而对直播稻的播种量与施肥水平的研究则主要集中于产量性状的考察,对于抗倒伏配套技术应用研究较少。本研究从直播稻抗倒伏性状出发,采用两因素3水平的3重复设计,考察了与抗倒伏性状密切相关的12个主要农艺性状,揭示了播种量和施肥水平对黑米杂交稻紫两优润香倒伏指数的影响,获得了高水肥土壤菜后水稻直播的最佳种植方式,即播种量为1.5kg/667m²,施肥水平3.00kg/667m²。这明显低于长江中下游直播稻的常规用种量和施肥水平^[27],有效提高了直播稻的生产效率。因此,在直播生产中,在科学管控杂草的前提下,应尽量做到土地平整,采取稀播种,均匀施肥,构建合理高产群体,以优化穗部性状,增加穗粒数,提高抗倒伏能力,提高水稻产量。黑米作为一种高营养价值的专用功能稻种植历史久远,近年来也备受消费者青睐,生产效益高,但可直接种植生产的专用优异品种少,大多数品种存在产量低、抗病性差、易倒伏等问题,生产风险大。本研究以黑米杂交稻新品种为供试材料,研究结果对黑米杂交稻的生产推广具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 李莉. 全球人口2050年将达98亿. 百科知识, 2018(17): 53
- [2] 李晏军. 中国杂交水稻技术发展研究(1964~2010). 南京:南京农业大学, 2010
- [3] 乔金亮. 超级稻创造中国水稻的超级神话. 科学大观园, 2019(S1): 58~59
- [4] 朱德峰, 程式华, 张玉屏, 林贤青, 陈惠哲. 全球水稻生产现状与制约因素分析. 中国农业科学, 2010, 43(3): 474~479
- [5] 王为农. 提高我国区域粮食综合生产能力的政策建议. 宏观经济管理, 2008(8): 25~27
- [6] 曾旭晖, 郑莉. 教育如何影响农村劳动力转移——基于年龄与世代效应的分析. 人口与经济, 2016(5): 35~46
- [7] 赵佳. 改革开放以来中国农业微观经济组织的变迁与创新研究. 北京:中国农业大学, 2015
- [8] 唐文帮, 张桂莲, 熊跃东, 明兴权, 丁新才. 转型时期水稻育种的战略思考——发展高档优质杂交水稻. 杂交水稻, 2016, 31(1): 1~5
- [9] 陈翻身, 许四五. 水稻直播栽培三个技术瓶颈问题形成原因及对策. 中国稻米, 2006(2): 33~34
- [10] 吕正午, 周魁铁. 湖南东安早稻直播栽培存在的问题及对策. 杂交水稻, 2009, 24(4): 54~55
- [11] 易艳红. 机械开沟穴直播及不同施肥方式对早籼稻产量和抗倒伏能力的影响. 南昌:江西农业大学, 2019
- [12] 姜成军. 水稻倒伏减产的主导因素及防治措施. 吉林农业, 2011(3): 175
- [13] 韦新宇. 水稻籼粳杂交育种系谱ISSR标记及育成品种产量和茎秆性状遗传分析. 福州:福建农林大学, 2008
- [14] Berry P M. Lodging resistance in cereals. In: Christou P, Savin R, Costa-Pierce BA, Misztal I, Whitelaw CBA (eds). Sustainable food production. New York: Springer, 2013
- [15] 徐正进, 张树林, 周淑清, 刘丽霞. 水稻穗型与抗倒伏性关系的初步分析. 植物生理学通讯, 2004(5): 561~563
- [16] 赵小红, 白羿雄, 姚有华, 安立昆, 吴昆仑. 禾谷类作物茎秆特性与茎倒伏关系的研究. 植物生理学报, 2021, 57(2): 257~264
- [17] 唐拴虎, 陈建生, 徐培智, 张发宝, 谢春生. 一次性全层施肥增强水稻抗倒伏效应研究初报. 广东农业科学, 2004(1): 32~34
- [18] 周丽华. 水稻茎秆性状与抗倒伏关系的研究综述. 中国稻米, 2006(3): 10~11
- [19] 大川泰一郎, 石原邦. 水稻の耐倒伏性に関する秆の物理的性质の品种间差异. 日本作物学会纪事, 1992, 61(3): 419~425
- [20] 张忠旭, 陈温福, 杨振玉, 华泽田, 高日玲, 高勇, 赵迎春. 水稻抗倒伏能力与茎秆物理性状的关系及其对产量的影响. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(2): 81~85
- [21] 关伟, 钱晓刚. 超级杂交稻茎秆形态与抗倒伏相关性研究. 耕作与栽培, 2008(2): 10~12
- [22] 姜元华, 张洪程, 赵可, 许俊伟, 韦还和, 王文婷, 孟天瑶, 戴其根, 霍中洋, 许舸, 魏海燕, 郭保卫. 机插条件下籼粳杂交稻茎秆的抗倒性评价及成因分析. 农业工程学报, 2014, 30(19): 19~29
- [23] 全刚, 刘志. 有色稻研究现状. 种子, 2017, 36(4): 51~53
- [24] 国家水稻数据中心. 紫两优润香//中国水稻品种及其系谱、指纹数据库.(2021-12-25)[2023-01-12]. <https://www.ricedata.cn/variety/varis/615949.htm>
- [25] 谢展文. 水稻抗倒伏特性及其杂种优势利用. 福州:福建农林大学, 2022
- [26] 冯延江, 王麒, 赵宏亮, 宋秋来, 孙羽, 曾宪楠. 我国水稻直播技术研究现状及展望. 中国稻米, 2020, 26(4): 23~27
- [27] 唐保国, 陶诗顺, 张荣萍, 肖伟秋, 段转宁. 3个杂交稻品种油后直播栽培产量性状相关性研究. 安徽农业科学, 2016, 44(36): 84~86

(收稿日期: 2023-01-12)