

直播水稻产量、产量构成因子和干物质积累的变化特点及其相互关系

孔飞扬¹ 江立庚^{1,2} 文娟¹ 郝向阳¹

1. 广西大学作物栽培学与耕作学重点实验室, 南宁 530004; 2. 湖南农业大学南方粮油作物协同创新中心, 长沙 410128

摘要 利用中国期刊全文数据库检索直播水稻研究文献, 采用从文献中获取的数据分析直播水稻产量、产量构成因子与干物质积累的变化特点及相互关系。结果显示: 不同栽培条件下, 直播水稻产量、产量构成因子、干物质积累量均表现出明显的波动性; 在 4 个产量构成因子中, 有效穗数的波动性大于产量, 但与产量的相关不显著; 每穗粒数的波动性不仅大于产量, 而且与产量呈显著相关; 结实率和千粒重的波动小于产量, 与产量相关不显著; 直播水稻在不同生育阶段的干物质积累量呈现出倒 V 形特点, 不同生育阶段干物质积累量的波动呈现出明显的 V 形特点, 即生育前期的干物质积累量最小, 波动性却最大; 生育中期的干物质积累量最大, 波动性却最小; 生育后期的干物质积累量及波动性均介于前期与中期之间。前期和中期干物质积累量与产量的关系不显著, 但后期与产量的相关达到显著水平。不同栽培条件下, 直播水稻产量水平主要受每穗粒数和生育后期干物质积累量的调控。

关键词 直播水稻; 产量构成; 干物质积累; 相关性分析

中图分类号 S 511 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)05-0011-07

社会经济的发展使得水稻简化栽培越来越有吸引力^[1]。水稻直播栽培具有省工、省力、高效的优点, 是近年来发展迅速的简化栽培方式。但是, 直播水稻产量相对移栽水稻来说稳定性较差。其产量的变化, 主体体现在产量构成因子、物质生产与分配的变化。因此, 明确直播水稻产量构成因子与干物质积累间的关系, 对于从本质上阐明直播水稻产量的稳定性具有重大意义。在种植面积慢慢增大的情况下^[2], 直播水稻的生长特性与传统栽培方式不同^[3], 直播水稻在品种的选择上也需要和传统手插有所差异^[4], 因此, 关于直播水稻生长特性的研究越来越多。陈桂玲等^[5]研究表明, 直播水稻生育期明显缩短, 主要是营养生长期缩短, 生殖生长期相对稳定、穗型偏小等。直播水稻个体素质变差、根系分布浅, 影响颖花量、结实以及容易倒伏^[6]。闫平等^[7]研究表明, 直播水稻产量随着总干物质积累的增加而增加, 拔节至齐穗期和齐穗至成熟期干物质积累量与产量呈显著正相关, 提高总干物质积累量有利于提高直播水稻产量。Asif 等^[8]研究表明, 增加播种量可以增加直播水稻的产量, 但是密度过大会影响籽

粒的品质。对直播水稻的研究已经深入到直播再生稻的生产特性, Devkota 等^[9]研究表明, 直播再生稻能够更好地利用气候资源, 且再生直播水稻其有效穗数较传统栽培再生稻多, 但其每穗粒数存在劣势。对直播水稻已有较多的研究, 但每个试验都有一定的局限性, 需要利用综合的分析方法更好地揭示直播水稻的特性。综合分析方法是利用公开发表的某个主题论文的试验数据, 对相关主题进行综合和全面的客观分析, 其主要优势是克服了单个试验的不足。因此, 综合分析法受到不少科技工作者的关注。王文立等^[10]通过综合分析方法研究了增温对土壤微生物的影响; 李静等^[11]通过综合分析方法研究了秸秆还田对温室气体的影响, 明确了免耕秸秆还田是适合长江中下游地区净减排条件下的秸秆还田方式; 杨锦忠等^[12]通过综合分析方法总结出玉米适宜播种的密度以及在该密度下最容易达到的产量; 苑俊丽等^[13]通过综合分析方法研究了高效氮肥施用对水稻产量和氮素吸收的影响。本研究利用中国期刊全文数据库检索直播水稻研究文献, 采用从文献中获取的数据分析直播水稻产量、产量构成因子与

收稿日期: 2017-09-28

基金项目: 国家现代农业广西创新团队—水稻栽培岗位专家岗位(Ncyctxgxcxtd-01-05); 广西科学基金项目(桂科自 0728062)

孔飞扬, 硕士研究生, 研究方向: 作物栽培与耕作. E-mail: 1045572244@qq.com

通信作者: 江立庚, 博士, 教授, 研究方向: 作物栽培与耕作. E-mail: jiang@gxu.edu.cn

干物质积累的变化特点及相互关系,旨在为直播水稻高产稳产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据收集

在中国期刊全文数据库(CNKI,中国)中输入直播水稻、产量、产量构成、物质积累等关键词,进行系统检索,共获得学术论文 208 篇。其中,118 篇文献能获得产量及产量构成完整数据,共获得 440 组

产量及产量构成因素完整试验数据;从余下的 89 篇文献中能按试验处理完整提取产量、产量构成因子、干物质积累等性状的完整原始试验数据共 167 组。全生育期干物质积累划分为 3 个时段,即前期(播种—幼穗分化)、中期(幼穗分化—抽穗)和后期(抽穗—成熟)。文中单位:干物质积累量与产量, t/hm^2 ;单位面积有效穗数,万穗/ hm^2 ;结实率,%;千粒重,g。检索论文中的试验地点、试验品种、试验处理及年份如表 1 所示。

表 1 文献来源及说明

Table 1 Literature source and description

试验地点 Test location	试验点占比/% Percentage of test location	试验品种 Varieties	品种数 Total varieties	试验处理 Test treatments	年份 Years
江苏 Jiangsu	28.57	陵两优 819;培杂泰丰;特优 559;鄂早 18;Ⅱ优航 2 号;黄华占;;甬优 7 号;培两优 3076;玉香油占;株两优 819;徐稻 3 号;两优 287 Ⅱ优 536;丰两优香 1 号;嘉育 948;Q 优 6 号;先农 25;稻花香 2 号;淮稻 9 号;吉粳 88;特优 716;Y 两优 1 号;连粳 6 号;籼优 63;春光 1 号;武运梗 23 号;扬粳 4038;丰民 2000;Ⅱ优 183;中嘉早 17;盐粳 9 号;Ⅱ优 838;03 优 66;盐粳 9 号;泸优 11;广陵香粳;Ⅱ优明 86;皖稻 143;皖稻 68 号;株两优 99;武梗 15;桂红 1 号;武香梗 14 号;淮稻 5 号;湘早籼 6 号;扬辐粳 8 号;中嘉早 17;丙 03—123;桂玉香;连嘉梗 1 号;连粳 7 号;湘早籼 32 号;淮稻 13 号;陆两优 996;秀水 128;合丰占;丰优香占;郑早 10 号;湘早籼 45 号;武育梗 3 号徐稻 4 号;嘉 33;陆两优 28;培两优 93;淮稻 5 号;鄂早 17;旌优 127;陵两优 819;常优 1 号;中优 679;Ⅱ优 125;两优 1 号;南粳 46;创丰 1 号;常农梗 7 号;E24;甬优 6 号;Ⅱ优辐 819;甬优 8 号;Ⅱ优辐 819;宁梗 3 号;南粳 44 号;苏优 22 号;株两优 30;禾盛两优 25;武运梗 19 号;川优 6203;连粳 20—417;甬优 2638;株两优 819;华籼占;金优 527;F 优 498;扬两优 6 号;两优培九	95	品种、播种量、播种方式、肥料运筹、生长调节剂、播期、耕作方式	2000 年至今
湖南 Hunan	12.24				
湖北 Hubei	12.24				
江西 Jiangxi	10.20				
黑龙江 Heilongjiang	8.16				
广东 Guangdong	6.12				
四川 Sichuan	6.12				
安徽 Anhui	4.08				
福建 Fujian	4.08				
广西 Guangxi	4.08				
辽宁 Liaoning	2.04				
河南 Henan	2.04				
贵州 Guizhou	2.04				

1.2 数据分析

将收集到的数据输入到 Excel 表格中,忽略原始试验中的品种、施肥水平等栽培因素及环境因素,使用 SPSS 22 软件对数据进行通径分析和相关统计分析。

2 结果与分析

2.1 直播水稻产量及产量构成因子的变化及相互关系

由表 2 可知,直播水稻产量分布在 3.3~12.1 t/hm^2 ,产量频数集中区域为 7.5~9.65 t/hm^2 ,变异系数为 16.9%。这表明,直播水稻产量随栽培条件、品种以及生态环境等的变化存在广泛的变异。直播水稻有效穗为 150.0 万~716.6 万穗/ hm^2 ,频数集

中分布区域为 200 万~425 万穗/ hm^2 ,变异系数为 26.8%,直播水稻有效穗数的变化幅度较产量变化幅度大。直播水稻的每穗粒数变化范围为 58.5~240,频数集中区域为 91.7~175.0 粒/穗,均值为 127.7,变异系数为 27.0%,直播水稻每穗粒数的变化幅度也较产量变化幅度大。直播水稻结实率和千粒重变异系数相对较小。以上分析表明,直播水稻产量主要随每穗粒数和有效穗数的变化而波动。

通过通径分析可知,穗粒数对直播水稻的产量直接作用最大,有效穗数次之,结实率和千粒重对直播水稻产量直接作用较小。由分析得出直播水稻产量与产量构成因子之间的关系为 $Y = -11.762 + 0.043X_2 + 0.014X_1 + 0.191X_4 + 0.0573X_3$ 。

表 2 产量及产量构成描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of yield and yield components

项目 Items	<i>n</i>	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	中位数 Median	众数 Mode	平均数 Mean	标准差 SD	变异系数/% CV
产量/(t/hm ²) Yield	440	3.3	12.1	8.8	8.54	8.12	8.4	1.4	16.9
有效穗数/(万穗/hm ²) Effective ear count	440	150.0	716.6	566.6	319.04	391.50	334.4	89.7	26.8
穗粒数 Spike number	440	58.5	240.0	181.5	122.00	100.00	127.7	34.5	27.0
结实率/% Seed setting rate	440	42.5	96.3	53.9	85.50	88.50	84.9	7.0	8.2
千粒重/g 1 000- grain weight	440	14.5	32.0	17.5	26.80	27.20	26.2	2.7	10.3

表 3 直播水稻产量与产量构成因子的通径分析

Table 3 Path analysis of yield and yield components

自变量 Independent variables	与产量 Y 的 简单相关系数 The correlation coefficient with Y	通径系数 (直接作用) Coefficient of direct path	间接通径系数 Coefficient of indirect path			
			有效穗数(X ₁) Effective ear count	穗粒数(X ₂) Spike number	结实率(X ₃) Seed setting rate	千粒重(X ₄) 1 000-grain weight
X ₁	0.032	0.895		-0.585 33	-0.029 28	-0.117 26
X ₂	0.415	1.055	-0.657 27		-0.091 134	0.012 87
X ₃	0.005	0.284	0.080 4	-0.222 855		0.043 472
X ₄	0.089	0.366	0.412 05	0.040 275	0.055 632	

由以上分析可知,直播水稻有效穗数和每穗粒数对产量起着重要作用,以产量为纵坐标、产量构成因子为横坐标,绘制直播水稻产量与有效穗数和穗粒数关系图(图 1),结果显示,直播水稻产量与单位面积有效穗数相关性非常小,而直播水稻产量随着每穗粒数的增加而增加,其相关系数为 0.415 (*n* = 440),达到极显著水平。

综上,直播水稻产量主要受每穗粒数影响,产量随着每穗粒数的增加而增加。

2.2 直播水稻干物质积累量的变化及与产量的关系

表 4 表明,直播水稻各时期干物质积累量及全生育期干物质总积累量的变异系数最小,为 18.69%,明显大于产量的变异系数(16.90%),表明直播水稻干物质生产的波动比产量的波动更大。3 个生育阶段比较,中期积累的干物质最多,后期积累量次之,前期积累量最少。这表明,直播水稻干物质积累呈现倒 V 型积累方式。但是,干物质积累量的变异系数却以前期最大、后期次之,中期的变异系数最小。

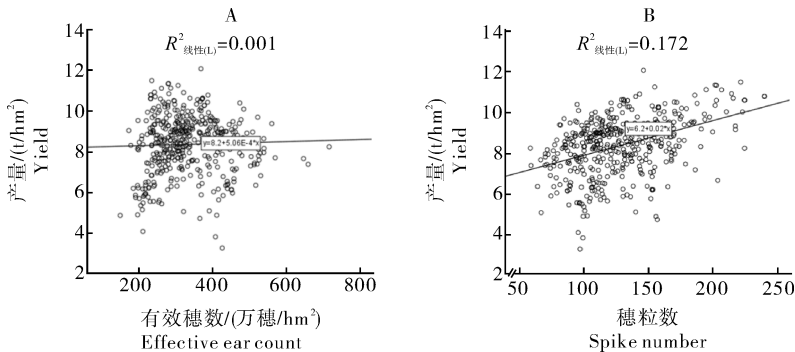


图 1 直播水稻产量与有效穗数(A)、穗粒数(B)的关系

Fig.1 Relationship between yield and effective ear count(A), spike number(B)

表 4 各时期干物质积累量描述统计

Table 4 Statistics of dry matter accumulation in each period

t/hm²

项目 Items	n	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	中位数 Median	众数 Mode	平均数 Mean	标准差 SD	变异系数/% CV
干物质总积累量 Total dry matter accumulation	167	9.00	22.94	13.94	16.69	12.16	16.16	3.02	18.69
前期干物质积累量 Dry matter accumulation in early-term	167	0.99	11.18	10.19	3.65	1.22	4.21	1.90	45.24
中期干物质积累量 Dry matter accumulation in medium-term	167	1.97	11.55	9.58	6.10	7.68	6.35	1.97	31.11
后期干物质积累量 Dry matter accumulation in late-term	167	1.06	11.83	10.77	5.87	4.00	5.63	1.89	33.56

相关分析表明,直播水稻干物质总积累量与前期、中期、后期干物质积累量的相关系数分别为 0.399**、0.483**、0.693**,均呈极显著相关(P<0.01),但以后期相关系数最大。通径分析结

表 5 直播水稻产量与各时期干物质积累量的通径分析

Table 5 Path analysis of yield and dry matter accumulation

自变量 Independent variables	与产量 Y 的简单相关系数 The correlation coefficient with Y	通径系数(直接作用) Coefficient of direct path	间接通径系数 Coefficient of indirect path		
			A ₁	A ₂	A ₃
A ₁	0.178	0.290	—	-0.118 218	0.006 48
A ₂	0.292	0.323	-0.106 4	—	0.074 52
A ₃	0.688	0.648	0.002 9	0.037 145	—

注: A₁:前期干物质积累量;A₂:中期干物质积累量;A₃:后期干物质积累量。Note:A₁:Dry matter accumulation in early-term; A₂: Dry matter accumulation in medium-term;A₃:Dry matter accumulation in late-term.

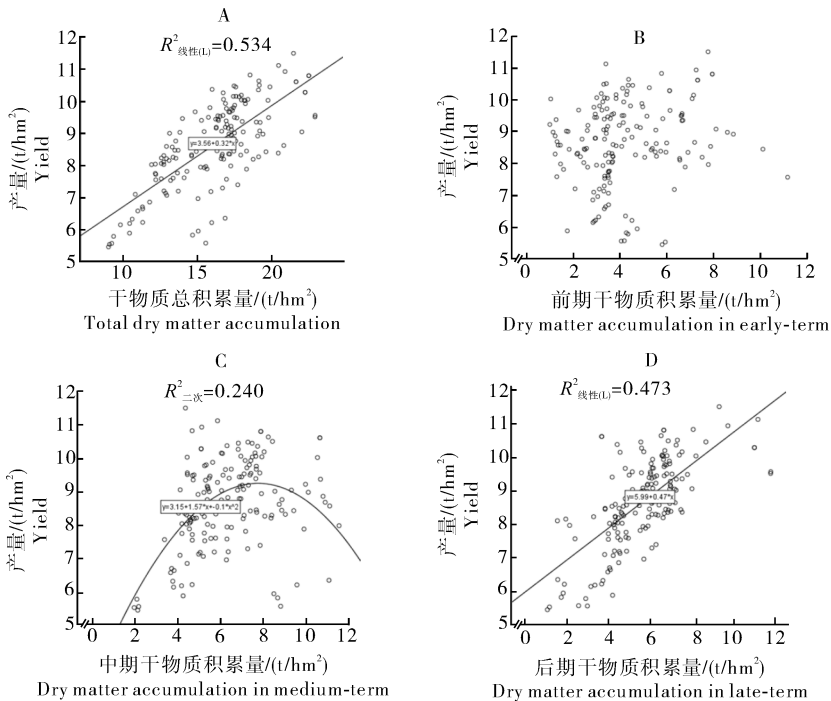


图 2 直播水稻产量与全生育期干物质总积累量(A)、前期(B)、中期(C)及后期(D)干物质积累量的关系

Fig.2 Relationship between yield and total dry matter accumulation(A), dry matter accumulation in early-term(B), dry matter accumulation in medium-term(C) and dry matter accumulation in late-term(D)

期干物质积累量, A3 为后期干物质积累量。

由图 2 可知, 直播水稻产量与前期没有表现出明显的相关关系, 与中期干物质积累量呈现出抛物线关系, 与后期干物质积累量和全生育期干物质积累量呈显著的直线正相关关系。

2.3 直播水稻产量构成因子与干物质积累的关系

表 6 显示, 直播水稻全生育期干物质总积累量

与有效穗数和每穗粒数显著正相关, 与千粒重呈显著负相关, 与结实率的相关性不显著; 前期干物质积累量与穗粒数呈显著正相关, 与有效穗数呈负相关, 与结实率和千粒重相关性不显著; 中期干物质积累量与产量构成因子的相关性均不显著; 后期干物质积累量与有效穗数、每穗粒数呈显著或极显著的正相关, 与千粒重呈显著负相关。

表 6 直播水稻产量构成因子、干物质积累间的相互关系

Table 6 Correlation analysis between dry matter and yield components of direct seeded rice

项目 Items	<i>n</i>	干物质 总积累量 Total dry matter accumulation	前期干物 质积累量 Dry matter accumulation in early-term	中期干物 质积累量 Dry matter accumulation in medium-term	后期干物 质积累量 Dry matter accumulation in late-term	有效穗数 Effective ear count	穗粒数 Spike number	结实率 Seed setting rate	千粒重 1 000-grain weight
干物质总积累量 Total dry matter accumulation	167	1							
前期干物质积累量 Dry matter accumulation in early-term	167	0.399 **	1						
中期干物质积累量 Dry matter accumulation in medium-term	167	0.483 **	-0.366 **	1					
后期干物质积累量 Dry matter accumulation in late-term	167	0.693 **	0.010	0.115	1				
有效穗数 Effective ear count	167	0.206 **	-0.178 *	0.130	0.362 **	1			
穗粒数 Spike number	167	0.368 **	0.367 **	0.031	0.190 *	-0.599 **	1		
结实率 Seed setting rate	167	0.126	0.096	0.077	0.025	-0.072	0.145	1	
千粒重 1 000-grain weight	167	-0.173 *	0.013	-0.004	-0.278 **	-0.13	-0.315 **	-0.004	1

注: ** : 相关性在 0.01 水平显著(双尾), * : 相关性在 0.05 水平显著(双尾)。Note: ** : Correlation at 0.01 level was significant (Double tail), * : Correlation was significant at 0.05 level (Double tail).

3 讨论

研究表明, 在不同栽培条件下, 直播水稻产量、产量构成因子均存在较大变异, 但不同因子的变化幅度不同。其中, 每穗粒数的变化幅度最大, 与产量呈显著正相关; 有效穗数的变化幅度大于产量, 但与产量的相关性不显著; 结实率和千粒重的变化幅度明显小于产量, 且与产量间也没有相关性。由此推断, 直播水稻产量水平主要受穗粒数的调控, 尽管其有效穗数在不同栽培条件下的变化也很大。有效穗数形成时间在生长前期, 然而, 大量研究证明, 直播水稻前期生长极不稳定。水稻直播方式容易造成全苗困难, 即使加大播种量也可能造成基本苗数不

够^[14-15], 并影响有效穗数。直播水稻前期生长弱, 与杂草同步生长, 且前期水稻秧苗密度小, 十分有利于老草的复活和新草的萌发^[16-19], 直接影响前期水稻生长。另一方面, 有效穗数和每穗粒数间存在明显的相关性, 即有效穗数增加时每穗粒数减小, 而当有效穗数减少时每穗粒数增加。尽管前期分蘖数的波动较大, 但直播水稻可通过加强个体生长实现自我调节, 与胥益锋等^[20]、宋玉秋等^[21]的研究一致。

研究还发现, 直播水稻在不同生育阶段的干物质积累量呈现出倒 V 形特点, 不同生育阶段干物质积累量的波动呈现出明显的 V 形特点。即生育前期的干物质积累量最小, 波动性却最大; 生育中期的干物质积累量最大, 波动性却最小; 生育后期的干物

质积累数量及波动性均介于前期与中期之间。然而,相关分析表明,前期干物质积累量与产量的相关性不显著,直播水稻产量随着中期干物质积累量的增加先增后减,一旦中期干物质积累量过多则有可能造成减产。后期干物质积累与直播水稻产量的相关性达到显著水平,且相关系数与通径系数均大于中期干物质积累量与产量的关系。这表明,直播水稻产量水平主要受后期干物质生产的调控。直播水稻容易发生早衰现象^[22],原因是其根系分布浅^[23],在后期对养分吸收能力减弱。因此,后期根系活力和光合生产能力成为制约直播水稻产量的最关键因素。有研究表明,直播水稻后期干物质的积累随着有效穗数的增加而增加,即增加群体的量可以提高后期干物质积累量,进一步佐证了适当增加直播水稻群体密度可以提高直播水稻的产量^[24-26]。本研究还表明,直播水稻前期干物质积累量与中期干物质积累量存在极显著的负相关性。这意味着,直播水稻前期和中期干物质积累能够进行自我调节。生长中期是水稻穗粒数形成的关键时期,中期干物质积累是大穗形成的物质基础。因此,直播水稻前期和中期干物质积累的自我调节是其穗数和穗粒数自我调节的重要原因。

综上,提高直播水稻产量的主要途径,一是选用大穗型水稻品种,在栽培对策上主攻大穗^[27];二是增加直播水稻后期干物质积累量。研究表明,90%以上的产量物质是抽穗后绿色群体部分光合作用提供的^[28],增加后期光合面积,提高光合积累效率,有利于获得高产^[29]。三是根据直播水稻的生长特性,即根系分布浅、后期易早衰等特性,加强后期间管理,延缓根系早衰。王国忠等^[30]研究表明,调整肥料结构和运筹方法,增加磷、钾肥比例,适当减少前期用肥,增加后期穗肥用量,提高抽穗后干物质积累量有利于提高直播水稻产量。在后期,少量多次施肥的方法可以使根系分布浅的直播水稻更好地吸收利用养分。施用叶面肥,保持叶片活力,提高叶片光合作用效率^[31]及地上部分的物质运转能力,促进水稻灌浆,从而提高直播水稻的产量。

参 考 文 献

- [1] ZHANG Y P. Development and transition of rice planting in China[J]. Agricultural science & technology, 2012, 13(6): 1270-1276.
- [2] 王志敏,王树安.发展超高产技术,确保中国未来 16 亿人口的粮食安全[J].中国农业科技导报,2000(3):8-11.
- [3] MIN H, ZOU Y B, PENG J, et al. Yield component differences between direct-seeded and transplanted super hybrid rice[J]. Plant production science, 2011, 14(4): 331-338.
- [4] SHARMA A R, GHOSH A. Effect of green manuring with *Sesbania aculeata* and nitrogen fertilization on the performance of direct-seeded flood-prone lowland rice[J]. Nutrient cycling in agroecosystems, 2000, 57(2): 141-153.
- [5] 陈桂玲,汪心宝,章雨鹏.直播水稻生产技术要点[J].安徽农学通报,2006,12(2):45.
- [6] 胡劲松.直播水稻倒伏的原因及对策[J].现代农业科技,2009(24):90.
- [7] 闫平,张书利,于艳敏,等.不同水稻品种干物质积累与产量性状的相关研究[J].中国农学通报,2015,31(18):1-6.
- [8] ASIF A, ASLAM Z, QAMAR U Z, et al. Performance of different cultivars in direct seeded rice (*Oryza sativa* L.) with various seeding densities[J]. American journal of plant sciences, 2014, 5: 3119-3128. DOI: 10.4236/ajps.2014.521328.
- [9] DEVKOTA K P, MANSCHADI A M, LAMERS J P A, et al. The growth and yield of a wet-seeded rice-ratoon rice system in central China[J]. Field crops research, 2013, 149: 115-126.
- [10] 王文立,孔维栋,曾辉.土壤微生物对增温响应的 Meta 分析[J].农业环境科学学报,2015,34(11):2169-2175.
- [11] 李静,冯淑怡,陈利根,等.秸秆还田对稻田温室气体排放的影响:Meta 分析——以长江中下游地区为例[J].中国人口·资源与环境,2016,26(5):91-100.
- [12] 杨锦忠,张洪生,杜金哲.玉米产量-密度关系年代演化趋势的 Meta 分析[J].作物学报,2013,39(3):515-519.
- [13] 苑俊丽,梁新强,李亮,等.中国水稻产量和氮素吸收量对高效氮肥响应的整合分析[J].中国农业科学,2014,47(17):3414-3423.
- [14] 邹应斌,李克勤,任泽民.水稻的直播与免耕直播栽培研究进展[J].作物研究,2003,17(1):52-59.
- [15] 张岳平,张玉焯,屠乃美,等.水稻直播栽培发展现状及展望[J].作物研究,2005(S1):307-312.
- [16] 冯亚军,郭林永,周艳,等.直播稻田杂草及其综合治理[J].现代农业科技,2008(20):135,139.
- [17] 张振兴,娄远来.水稻直播栽培及杂草防除[J].杂草学报,2009(3):13-15.
- [18] 高波,刘丹红,惠康波,等.水直播稻田杂草的防治技术[J].现代农业科技,2007(17):114,117.
- [19] 金千瑜,欧阳由男,陆永良,等.我国南方直播稻若干问题及其技术对策研究[J].中国农学通报,2001,17(5):44-48.
- [20] 胥益锋,王益明,吴建中,等.迟熟中粳淮稻 5 号直播适宜密度研究[J].安徽农学通报,2012,18(4):25-29.
- [21] 宋玉秋,张强,陈天佑,等.可降解种膜直播对水稻生长和产量的影响[J].华中农业大学学报,2017,36(4):1-6.
- [22] 苏柏元,陈惠哲,朱德峰.水稻直播栽培技术发展现状及对策[J].农业科技通讯,2014(1):7-11.
- [23] 冯跃华,邹应斌,ROLAND J B,等.不同耕作方式对杂交水稻根

- 系特性及产量的影响[J].中国农业科学,2006,39(4):693-701.
- [24] 朱金林,孙竞.不同播量对“武运粳31”直播稻产量及其结构的影响[J].上海农业科技,2016(5):51.
- [25] 王玉梅,杨广,赵春容,等.不同播种量对直播杂交稻产量及干物质生产的影响[J].杂交水稻,2017,32(3):66-69.
- [26] 李宗泽,靳晓敏,王思成,等.不同播量对宁夏引黄灌区直播水稻生育特性及产量的影响[J].湖北农业科学,2016,55(14):3549-3552.
- [27] 赵步洪,戴正元,谢成林,等.直播水稻的研究与应用进展及发展策略[J].江苏农业科学,2010(5):13-15.
- [28] 詹可,邹应斌.水稻分蘖特性及成穗规律研究进展[J].作物研究,2007(S1):588-592.
- [29] 陆峥嵘,汤剑平.密度对直播稻产量及群体质量的调节效应[J].上海农业学报,1999,15(2):61-64.
- [30] 王国忠,彭斌,陆峥嵘,等.直播水稻物质生产特点及其高产调控技术研究[J].上海农业学报,2002,18(2):32-37.
- [31] 魏中伟,马国辉,龙继锐,等.5-氨基乙酰丙酸叶面肥对杂交晚稻光合作用和产量的影响[J].湖南农业科学,2013(7):65-67.

Changes and relationships of yield, yield components and dry matter accumulation of direct-seeded rice

KONG Feiyang¹ JIANG Ligeng^{1,2} WEN Juan¹ HAO Xiangyang¹

1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Southern Grain and Oil Crop Collaborative Innovation Center, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract The Chinese Journal Full-text Database System was used to retrieve the research literature of direct-seeded rice and the data obtained from the literature were used to analyze the changes and relationships of the yield, yield components and dry matter accumulation of direct-seeded rice. Under different cultivation conditions, the yield, yield components and dry matter accumulation of direct-seeded rice all showed obvious fluctuations. In the four yield components, the number of effective panicles was greater than the yield, but the correlation with yield was not significant; the number of grains per panicle was not only greater than the yield, but also significantly correlated with the yield; the fluctuation of the seed setting rate and the 1 000-grain weight was less than yield, not significantly related to yield. The dry matter accumulation of direct-seeded rice at different growth stages showed an inverted V-shape, and the fluctuation of dry matter accumulation at different growth stages showed a distinct inverted V-shaped feature. That is, the accumulation of dry matter in the early growth period is the smallest and the volatility is the largest; the accumulation of dry matter in the middle growth period is the largest and the volatility is the smallest; the accumulation amount and the fluctuation of the dry matter in the late growth period are between the early and middle periods. The relationship between the accumulation of dry matter and the yield in the early and middle stages was not significant, but the correlation between the late stage and the yield reached a significant level. Under different cultivation conditions, the level of direct-seeded rice production was mainly regulated by the number of grains per panicle and dry matter accumulation at the late growth stage.

Keywords direct-seeded rice; yield components; dry matter accumulation; correlation analysis

(责任编辑:张志钰)