



潘明泉,姜树坤,王立志,等. 利用 $F_{2:3}$ 家系群体分析寒地水稻穗部性状间的关系[J]. 黑龙江农业科学,2019(6):1-6.

利用 $F_{2:3}$ 家系群体分析寒地水稻穗部性状间的关系

潘明泉^{1,2,3,4},姜树坤^{1,2,3,4},王立志^{1,3,4},赵宏亮^{1,3,4},杨贤莉^{1,3,4},李忠杰^{1,3,4},迟力勇^{1,3,4},邹德堂²

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 东北农业大学黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所农业硕士专业学位研究生实践教育示范基地,黑龙江 哈尔滨 150086;3. 黑龙江省寒地作物生理生态重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086;4. 黑龙江省农作物低温冷害工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为深入剖析寒地水稻穗部性状之间的关系,为寒地水稻穗部性状改良提供参考,本研究以高产品种东农 415(二次枝梗集中于穗中上部)和优质品种龙稻 18(二次枝梗集中于穗下部)及其杂交衍生的包含 464 个株系的 $F_{2:3}$ 家系分离群体为材料,对穗重、穗数、穗长、每穗颖花数、着粒密度、一次枝梗数、二次枝梗数等 20 个穗部相关性状进行方差分析、相关分析和通径分析。结果表明:这些性状在 $F_{2:3}$ 家系分离群体中均存在双向超亲分离,分布频率接近正态分布。相关分析表明,除穗数、一次枝梗结实率与其他各穗部性状之间无显著相关性外,其余穗部性状之间均具有显著或极显著相关性。其中,穗重与大多穗部性状均呈显著或极显著的相关关系,且每穗粒数、每穗颖花数、二次枝梗数、二次枝梗粒数及二次枝梗实粒数与穗重的相关系数较大。通径分析表明,每穗粒数、每穗颖花数和千粒重对穗重作用较大。

关键词: $F_{2:3}$ 家系群体;穗部性状;相关分析;通径分析

作为水稻的最终产量器官,穗部性状的遗传改良不仅是今后水稻株型改良的重要内容,其形态、结构和机能更是育种者在品种选育时的重要参考指标。穗部性状有穗的数量、大小和形态等,具体包括穗重、穗长、每穗粒数、着粒密度、千粒重和一、二次枝梗数等,且各性状间相互影响,相互制约^[1]。20 世纪 80 年代,日本学者笹原健夫等^[2-6]开始对稻穗进行系统研究,先后研究了穗的构造、功能(光合与呼吸)、穗重的变化、穗型分类以及栽培措施对穗型的影响等内容。我国学者对穗型的系统研究始于 20 世纪 80 年代末沈阳农业大学水稻研究所对直立穗的研究,并提出了穗型指数是二次枝梗粒数最多的一次枝梗所在穗轴节位与一次枝梗数之比,水稻可以按照穗型指数分为上部优势型、中部优势型和下部优势型^[7-9]。寒地稻区由于独特的气候生态环境,形成了特色鲜明的寒地水稻穗部特征,针对寒地水稻穗部性状的研究始于 20 世纪 90 年代中叶^[10-11]。近 30 年来,全国不同稻区的育种家在水稻品种改良中都

更加注重单株穗数与每穗粒数之间的关系,通过减少穗数、增加穗重使其达到一个新的平衡,从而实现水稻的增产^[12]。目前,寒地稻区的穗数和千粒重已达到了较高的水平,进一步提高的难度越来越大,因此通过适当增加每穗粒数来增加穗重是实现未来产量提升的主要突破口。

已有研究表明,寒地稻区具有春季升温慢、无霜期短、秋季气温下降快的气候特点,一些生产上的优质品种存在结实率、千粒重较低的缺陷^[13]。目前关于寒地水稻穗部性状关系的研究虽有一些报道^[11],但利用大规模分离群体明确寒地水稻各穗部性状间的关系的报道很少。本试验以上部优势型品种东农 415(二次枝梗集中于穗中上部)和下部优势型品种龙稻 18(二次枝梗集中于穗下部)杂交衍生的包含 464 个株系的 $F_{2:3}$ 家系分离群体为材料,分析穗数、穗长、每穗粒数、千粒重、一次枝梗数和二次枝梗数等重要穗部性状的遗传变异及其相关性,为寒地水稻穗部性状的遗传改良提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验以上部优势型品种东农 415(穗型指数 0.51)、下部优势型品种龙稻 18(穗型指数 0.16)及其杂交衍生的包含 464 个 $F_{2:3}$ 株系分离群体为材料。

收稿日期:2019-01-04

基金项目:黑龙江省自然科学基金(C2016050);黑龙江省博士后落户启动金资助(LBH-Q15133);国家重点研发项目(2018YFD0300105-5-2);国家重点研发项目(2018YFD0300106-2-1)。

第一作者简介:潘明泉(1992-),女,在读硕士,从事水稻遗传育种研究。E-mail: 1394945034@qq.com。

通讯作者:姜树坤(1981-),男,博士,副研究员,硕导,从事水稻遗传与生理研究。E-mail: sk_jiang@126.com。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 于 2017 年在黑龙江现代农业示范区试验田进行,试验采用随机区组设计,3 次重复,5 m 行长,4 行区。4 月下旬于大棚内播种育苗,5 月下旬移栽本田,种植密度 13 cm×30 cm,每穴 2 苗,肥水管理同一般田间管理。

1.2.2 测定项目及方法 成熟期收获前调查每个小区除边行外长势均衡的 1 行的穗数,每小区按平均数取有代表性的中等植株 5 株进行考种。分别记录穗数、穗重、穗长、一次枝梗数、一次枝梗实粒数、一次枝梗秕粒数、一次枝梗饱重、二次枝梗数、二次枝梗实粒数、二次枝梗秕粒数及二次枝

梗饱重,再计算千粒重、着粒密度、结实率、二次粒率及穗型指数等,以 3 次重复的平均值代表代表该株系的表型值进行数据分析。

1.2.3 数据分析 利用 SPSS 20.0 软件对穗部性状进行方差分析、相关分析和通径分析。

2 结果与分析

2.1 穗部性状在双亲和 F_{2:3}群体的分布

表型分析结果表明,除了穗数、千粒重、一次枝梗千粒重和二次枝梗比例,东农 415 的多数性状值均高于龙稻 18(表 1)。

表 1 亲本和 F_{2:3} 群体穗部性状的表现与分布

性状 Trait	亲本 Parents		F _{2:3} 群体 F _{2:3} population			
	东农 415	龙稻 18	均值±标准差	变幅	偏度	峰度
	Dongnong 415	Longdao 18	Mean±SD	Range	Skweness	Kurtosis
穗数 Panicle number(PN)	10.00	15.00	13.33±4.61	5.00~30.00	0.85	0.78
穗重 Panicle weight(PaW)/g	4.19	4.13	4.13±0.68	2.13~6.40	0.13	-0.12
穗长 Panicle length(PL)/cm	22.03	21.53	21.18±1.34	17.53~25.37	-0.07	-0.28
每穗颖花数 Total spikelet number(TSN)	176.67	167.67	164.49±25.99	92.33~286.33	0.48	1.33
每穗粒数 Total grain number(TGN)	172.67	140.33	148.31±23.62	75.67~245.33	0.19	0.34
结实率 Seed setting rate(SR)/%	97.80	84.07	90.32±5.74	68.33~97.94	-1.26	1.45
千粒重 1000-grain weight(KGW)/g	22.63	25.85	26.25±2.09	19.88~36.85	0.61	1.53
着粒密度 Seed density(SeedDEN)	8.00	7.83	7.76±1.05	4.82~14.25	0.67	2.85
一次枝梗数 Primary branch number(PbrN)	10.67	10.67	10.41±1.17	8.00~15.00	0.31	0.05
一次枝梗粒数	60.00	57.00	59.41±7.88	39.33~83.67	0.27	-0.22
Primary branch total spikelet number(PbrtsN)						
一次枝梗实粒数	58.00	53.67	56.60±7.50	38.33~79.67	0.22	-0.31
Primary branch grain number(PbrgN)						
一次枝梗结实率	96.85	94.16	95.30±2.86	71.03~100.00	-3.00	18.10
Primary branch seed setting rate(PbSR)/%						
一次枝梗千粒重	24.54	28.66	27.76±2.40	20.01~38.89	0.52	1.44
1000-grain weight of primary(PbTGW)/g						
二次枝梗数	36.33	35.67	32.54±5.94	15.00~58.33	0.31	0.88
Secondary branch number(SbrN)						
二次枝梗粒数	116.67	110.67	105.04±23.27	42.00~215.33	0.44	1.07
Secondary branch total spikelet number(SbrtsN)						
二次枝梗实粒数	114.67	86.67	91.68±22.12	27.33~165.67	0.16	-0.05
Secondary branch grain number(SbrgN)						
二次枝结实率	98.25	78.86	87.13±8.83	54.52~98.56	-1.20	1.05
Secondary branch seed setting rate(SbSR)/%						
二次枝千粒重	24.24	24.04	25.26±2.11	19.04~35.69	0.51	1.24
1000-grain weight of secondary(SbTGW)/g						
二次枝梗比例	65.86	66.02	62.93±5.69	45.22~75.44	-0.47	-0.12
Secondary branch rate(Sbrate)/%						
穗型指数 Panicle trait index(PTI)	0.51	0.16	0.32±0.11	0.09~0.63	0.17	-0.58

各穗部性状的表型值在 F_{2:3} 群体中均呈连续变异,其峰度和偏度大多为正值(表 1),说明大多性状呈正偏态分布,且存在明显的双向超亲分离。大多性状的平均值介于双亲之间,千粒重、二次枝梗千粒重在 F_{2:3} 群体中的平均值超过双亲,每穗颖花数、二次枝梗数、二次枝梗粒数、二次枝梗比例在 F_{2:3} 群体中的平均值低于双亲。

2.2 穗部性状在 F_{2:3} 群体中的相关性

由表 2 可以看出,除穗数和一次枝梗结实率与各穗部性状之间无显著相关外,大多穗部性状间均存在一定的显著或极显著的相关关系。穗重与大多穗部性状具有显著或极显著正相关性,其中每穗粒数、每穗颖花数、二次枝梗数和二次枝梗粒数与穗重呈极显著正相关性,相关系数分别为 0.880,0.848,0.845,0.834;每穗颖花数和每穗粒数与大多穗部性状具有显著或极显著正相关性,

其中与穗重、着粒密度、二次枝梗数和二次枝梗粒数的相关性较大;结实率与二次枝梗结实率呈极显著正相关性,相关系数达 0.976;千粒重与一、二次枝梗千粒重呈极显著正相关;着粒密度与每穗颖花数、每穗粒数、二次枝梗数和二次枝梗粒数呈极显著正相关,与穗重、一次枝梗数、一次枝梗粒数和二次枝梗比例呈显著正相关;二次枝梗比例与穗重、每穗颖花数、每穗粒数和二次枝梗数呈显著正相关,与二次枝梗粒数呈极显著正相关;穗型指数与大多穗部性状呈负相关,且与穗重、穗长、每穗颖花数、每穗粒数、二次枝梗数、二次枝梗粒数和二次枝梗比例呈显著负相关。进一步分析可以看出,穗重、每穗粒数、着粒密度与穗部二次枝梗性状的相关系数更高,说明二次枝梗性状的改良对穗部性状非常重要(图 1)。

表 2 穗部性状间的相关分析
Table 2 Correlation coefficients among panicle traits

性状 Trait	穗数 PN	穗重 PaW	穗长 PL	每穗颖 花数 TSN	每穗粒 数 TGN	结实 率 SR	千粒重 KGW	着粒密度 SeedDEN	一次枝 梗数 PlrN	一次枝 梗粒数 PlrNsN	一次枝梗 结实率 PlsSR	一次枝梗 千粒重 PlbTGW	二次枝 梗数 SlrN	二次枝 梗粒数 SlrNsN	二次枝梗 结实率 SlSR	二次枝梗 千粒重 SlbTGW	二次枝 梗比例 Slrate
穗重 PaW	0.001																
穗长 PL	0.021	0.629 *															
每穗颖花数 TSN	-0.008	0.848 **	0.545 *														
每穗粒数 TGN	-0.012	0.880 **	0.546 *	0.912 **													
结实率 SR	-0.009	0.119	0.027	-0.163	0.251												
千粒重 KGW	0.022	0.313	0.173	-0.093	-0.095	-0.002											
着粒密度 SeedDEN	-0.009	0.699 *	0.167	0.915 **	0.815 **	-0.193	-0.189										
一次枝梗数 PlrN	-0.047	0.369	0.206	0.506 *	0.343	-0.369	-0.018	0.496 *									
一次枝梗粒数 PlrNsN	-0.018	0.339	0.205	0.480 *	0.313	-0.384	-0.007	0.466 *	0.956 **								
一次枝梗结实率 PlsSR	-0.015	0.114	-0.006	-0.007	0.168	0.436	-0.029	0.001	-0.093	-0.108							
一次枝梗千粒重 PlbTGW	-0.019	0.317	0.156	-0.035	-0.060	-0.054	0.922 **	-0.115	0.016	0.021	-0.032						
二次枝梗数 SlrN	0.014	0.845 **	0.532 *	0.972 **	0.909 **	-0.101	-0.083	0.890 **	0.410 *	0.366	0.035	-0.031					
二次枝梗粒数 SlrNsN	0	0.834 **	0.540 *	0.955 **	0.912 **	-0.053	-0.102	0.864 **	0.241	0.199	0.033	-0.048	0.963 **				
二次枝梗结实率 SlSR	-0.004	0.161	0.067	-0.105	0.295	0.976 **	-0.009	-0.144	-0.388	-0.403 *	0.288	-0.059	-0.038	0.020			
二次枝千粒重 SlbTGW	0.045	0.345	0.211	-0.060	-0.022	0.093	0.941 **	-0.166	-0.093	-0.089	-0.035	0.769 *	-0.038	-0.041	0.092		
二次枝梗比例 Slrate	0.026	0.606 *	0.409 *	0.628 *	0.689 *	0.179	-0.081	0.551 *	-0.296	-0.356	0.100	-0.049	0.708 *	0.822 **	0.257	0.026	
穗型指数 PTI	0.033	-0.528 *	-0.402 *	-0.423 *	-0.501 *	-0.213	-0.165	-0.317	-0.010	-0.014	-0.053	-0.153	-0.445 *	-0.466 *	-0.252	-0.232	-0.463 *

* 和 ** 分别表示 5% 和 1% 的显著水平。
* and ** indicate the significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

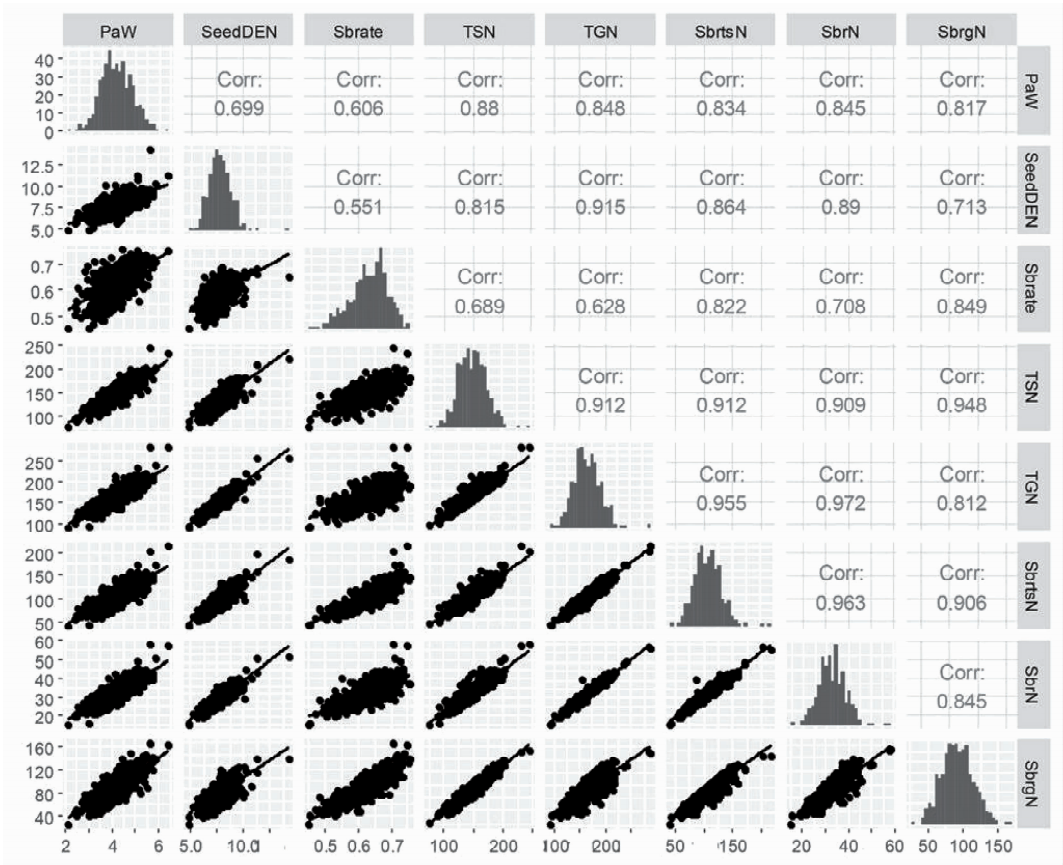


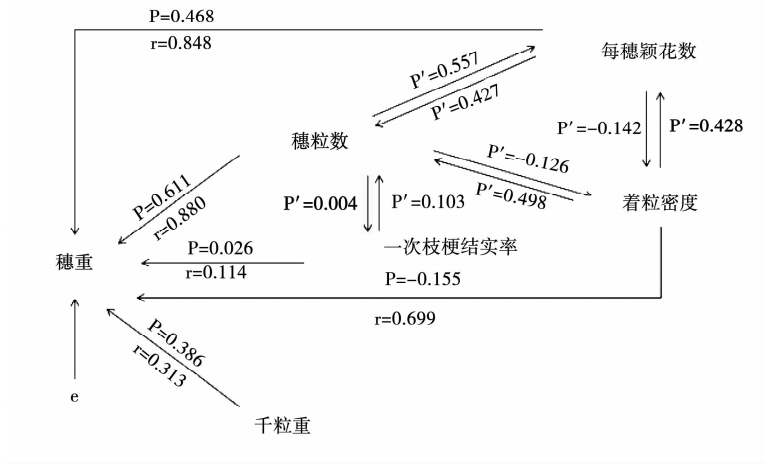
图 1 部分穗部性状之间的相关性及其分布

Fig. 1 Correlation and distribution of part of panicle traits

2.3 穗重与其构成因素的通径分析

由通径分析结果可知，每穗粒数、每穗颖花数、千粒重和一次枝梗结实率对穗重的效应依次

减弱，且每穗粒数、千粒重、每穗颖花数的效应远远大于一次枝梗结实率，而着粒密度对穗重产生负效应(图2)。该结果与相关分析的结果不尽相



P: Direct path coefficient; r: Correlation coefficient; P': Indirect path coefficient.

图 2 穗重与其构成因素的通径关系

Fig. 2 Path relationship of panicle weight and its components

同,主要是因为着粒密度与每穗颖花数、每穗粒数存在极显著正相关,使其通过两者对穗重的间接效应较大。同时,每穗颖花数与每穗粒数通过彼此对穗重的间接效应,进一步增加了其对穗重的影响力。从上述通径分析结果可以看出,改良穗重的最优途径是增加每穗粒数。

3 结论与讨论

本试验以上部优势型品种东农 415(二次枝梗集中于穗中上部)和下部优势型品种龙稻18(二次枝梗集中于穗下部)杂交衍生的包含 464 个株系的 $F_{2:3}$ 家系分离群体为材料,对其穗部相关性状进行方差分析、相关分析和通径分析。结果表明:各穗部性状的表型值在 $F_{2:3}$ 群体中均呈连续变异,且存在明显的双向超亲分离,符合数量性状的遗传特征;穗重与大多穗部性状具有显著或极显著正相关,其中与每穗粒数、每穗颖花数、二次枝梗数和二次枝梗粒数的相关性较大。另外,每穗颖花数和每穗粒数与二次枝梗数和二次枝梗粒数间呈极显著正相关,结实率与二次枝梗结实率呈极显著正相关,相关系数达 0.976,说明二次枝梗对穗重的影响很大,这与前人研究结果一致,即通过增加二次枝梗数并同时提高二次枝梗结实率对提高穗重有重要意义。此外,穗型指数与大多穗部性状呈负相关,且与穗重、穗长、每穗颖花数、每穗实粒数、二次枝梗数、二次枝梗粒数和二次枝梗比例呈显著负相关关系,说明提高二次枝梗粒数有助于下部优势型品种产量的提高;而通径分析表明每穗粒数、千粒重和每穗颖花数对穗重的效应较大,可以通过改良每穗粒数实现穗重的增加。

不同学者对水稻穗部性状关系进行了许多研究。据相关研究报道,一次枝梗结实率在北方不同省份的区域试验品种间差异不明显,其他穗部性状差异均达显著或极显著水平。由于梗稻二次枝梗相关性状受环境影响较大,二次枝梗数和二次枝梗粒数的变化幅度较大,而一次枝梗相关性状主要受遗传控制,因此,增加每穗粒数的主要方法是提高二次枝梗数和二次枝梗粒数^[14]。但是,也有学者对几个大穗型杂优组合的穗部性状研究发现,其一次枝梗的千粒重和结实率均高于二次

枝梗^[15]。认为增加一次枝梗数将有助于提高产量。徐正进等^[16-17]认为,增加一、二次枝梗数是增加每穗粒数的前提,一次枝梗数多和二次枝梗偏向穗轴中上部分布有助于提高结实率。本研究也印证了类似的观点。因此,一次枝梗数在育种的早期阶段即可进行较为严格的筛选,而对二次枝梗数的早期选择强度不宜过高。本研究以两种不同穗型的优质寒地梗稻为亲本,大多穗部性状在其杂交衍生获得的 $F_{2:3}$ 家系群体发生了明显的分离,并获得了一些下部优势型的超亲株系。穗部性状间的关系分析发现,穗重、每穗粒数、着粒密度与穗部二次枝梗性状的相关系数较高,说明二次枝梗性状的改良对穗部性状非常重要,此外,根据穗型指数的相关性分析发现二次枝梗对下部优势型品种产量的提高至关重要。因此,通过加强二次枝梗性状的选择有望获得新型高产优质寒地水稻。

参考文献:

- [1] 真中多喜夫. 穂相の診断. 稲作診断法(下巻)[M]. 東京:農業技術協会,1962:55-71.
- [2] 笹原健夫. 水稻の穂の構造と機能に関する研究:第1報 穂および植物体による¹⁴Cの同化と分配[J]. 日本作物學會紀事,1981,50(3):253-261.
- [3] 笹原健夫. 水稻の穂の構造と機能に関する研究:第2報 穂の光合成・呼吸速度[J]. 日本作物學會紀事,1981,50(3):289-295.
- [4] 笹原健夫,高橋征徳,上林美保子. 水稻の穂の構造と機能に関する研究:第3報 登熟期間中における穂重,穂重増加速度およびわら重減少速度[J]. 日本作物學會紀事,1982,51(1):18-25.
- [5] 笹原健夫,児玉憲一,上林美保子. 1982. 水稻の穂の構造と機能に関する研究:第4報 穂軸節位別二次枝梗粒数による穗型の分類[J]. 日本作物學會紀事,1982,51(1):26-34.
- [6] 上林美保子,熊谷幸博,佐藤友彦,等. 姜延波水稻の穂の構造と機能に関する研究:第5報 栽植密度肥料水準をかえた場合の穗型の変動[J]. 日本作物學會紀事,1983,52(3):266-282.
- [7] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 不同穗型水稻冠层光分布的比较研究[J]. 中国农业科学,1990,23(4):6-1.
- [8] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 直立穗型水稻生理生态特性及其利用前景[J]. 科学通报,1996,41(12):1122-1126.
- [9] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 水稻理想穗型设计的原理与参数[J]. 科学通报,2005,50(18):2037-2039.

- [10] 姜延波,李荣田,崔成焕,等.水稻穗型构成性状的遗传分析[J].黑龙江农业科学,1996(6):1-5.
- [11] 姜延波,李荣田,崔成焕,等.水稻穗型构成性状的相关与通径分析[J].东北农业大学学报,1995,26(4):330-335.
- [12] 刘坚,陶红剑,施思,等.水稻穗型的遗传和育种改良[J].中国水稻科学,2012,26(2):227-234.
- [13] 侯升林,邹德堂,崔成焕,等.寒地水稻杂交后代穗部性状遗传特性研究[J].东北农业大学学报,2005,36(4):4222-425.
- [14] 徐正进,邵国军,韩勇,等.东北三省水稻产量和品质及其与穗部性状关系的初步研究[J].作物学报,2006,32(12):1878-1883.
- [15] 叶新福,蒋家焕,卢礼斌,等.大穗型杂交水稻穗部性状及其影响[J].中国农学通报,2004,20(6):120-122.
- [16] 徐海,朱春杰,郭艳华,等.粳梗交后代中的穗型指数与亚种特性及产量性状的关系[J].中国水稻科学,2009,23(6):616-620.
- [17] 徐正进,陈温福,孙占惠,等.辽宁水稻籽粒在穗轴上分布特点及其与结实性的关系[J].中国农业科学,2004,37(7):963-967.
- [18] Huang X Z, Qian Q, Liu Z B, et al. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice[J]. Nature Genetics, 2009, 41(4): 494-497.
- [19] Kotaro M, Mayuko I, Atsushi M, et al. OsSPL14 promotes panicle branching and higher grain productivity in rice[J]. Nature Genetics, 2010, 42: 545-549.
- [20] 杜家菊,陈志伟.使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J].生物学通报,2010,45(2):4-5.
- [21] 薄凯亮,沈佳,钱春桃,等.‘北京截头’×西双版纳黄爪重组自交系群体重要农艺性状的遗传分析[J].南京农业大学学报,2011,34(3):20-24.

Analysis of the Relationship Between Panicle Traits of Rice in Cold Region by Using $F_{2:3}$ Separation Population

PAN Ming-quan^{1,2,3,4}, JANG Shu-kun^{1,2,3,4}, WANG Li-zhi^{1,3,4}, ZHAO Hong-liang^{1,3,4}, YANG Xian-li^{1,3,4}, LI Zhong-jie^{1,3,4}, CHI Li-yong^{1,3,4}, ZOU De-tang²

(1. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Practical Education Demonstration Base for Graduate Students of Master Degree of Agriculture, Northeast Agricultural University - Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology in cold region, Harbin 150086, China; 4. Heilongjiang Provincial Engineering Technology Research Center of Crop Cold Damage, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to analyze the relationship between panicle traits of rice in cold region and provide a reference to improve panicle traits of rice in cold region. In this study, twenty panicle related traits including panicle number, panicle weight, panicle length, total spikelet number, seed density, primary branch number and secondary branch number were investigated in variance analysis, correlation analysis, and path analysis by using the high-yield variety Dongnong 415 (the second branch was concentrated in the upper part of the ear), the high-quality variety Longdao 18 (the second branch was concentrated in the under part of the ear) and its hybrid-derived $F_{2:3}$ separation population containing 464 strains. The results showed that transgressive segregation for all traits was observed in $F_{2:3}$ population and the frequency of these traits was approximately normally distributed. The correlation analysis indicated that panicle number and primary branch seed setting rate were showed no significant correlation between the others panicle traits, the majority were showed significant or very significant correlation between each other. For instance, panicle weight was significant or very significant correlated with the others panicle traits, moreover, total grain number, total spikelet number, secondary branch number, secondary branch total spikelet number and secondary branch grain number were showed higher correlation coefficient with panicle weight. The result of path analysis suggested that total grain number, total spikelet number and 1000-grain weight played a more important role on panicle weight.

Keywords: $F_{2:3}$ population; panicle related trait; correlation analysis; path analysis