

油用向日葵杂交种(组合)主要农艺性状与单株产量的相关及通径分析

梁春波^{1,2}

(1. 黑龙江省农业科学院 经济作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 博士后工作站, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为探讨油用向日葵产量与主要农艺性状的相关性和各性状对产量的直接和间接效应,对20个油用向日葵杂交种(组合)的生育日数(X_1),株高(X_2),茎粗(X_3),叶片数(X_4),花盘直径(X_5),单株粒数(X_6),百粒重(X_7),籽仁率(X_8),结实率(X_9)和单株产量(Y)进行相关分析和通径分析。相关分析结果表明:单株产量与结实率呈极显著正相关,与百粒重、单株粒数、生育日数、籽仁率呈显著正相关。通径分析结果表明:向日葵主要农艺性状对单株产量的直接作用大小依次为:百粒重>结实率>单株粒数>株高>籽仁率>花盘直径>生育日数>茎粗>叶片数。因此油用向日葵新品种的选育应首先考虑结实率、百粒重、单株粒数、花盘直径、籽仁率等主要性状,同时兼顾生育日数、叶片数、株高和茎粗等其它性状。

关键词:油用向日葵;单株产量;农艺性状;相关分析;通径分析

中图分类号:S565.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)12-0023-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.12.0023

向日葵是世界上第四大油料作物。2014年,全世界播种面积和总产量分别达到2 476.2万 hm^2 和4 133.5万t,仅次于大豆、棕榈和油菜;我国向日葵种植面积达到94.9万 hm^2 ,居于世界第五位^[1]。产量是受多基因控制的数量性状,且易受环境因素影响,在育种过程中明确各主要农艺性状对产量的主次关系对选育高产品种至关重要。一直以来,科学家们对不同作物产量与主要农艺性状的相关性进行了大量研究,但由于试验材料、试验地点、性状变异范围的不同,对产量和性状之间的关系研究结果也不尽一致^[2-10];油用向日葵和食用葵的研究结果也存在一定分歧^[11-18]。本研究通过对20个不同来源的油用向日葵杂交种(组合)的9个农艺性状与单株产量的相关性进行分析,再利用通径分析明确各性状对产量的重要性,为选育高产油用向日葵新品种提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究所用油用向日葵杂交种(组合)共20

个,其中黑龙江省农业科学院经济作物研究所提供组合10个(LKZ-1, LKZ-2, LKZ-3, LKZ-4, LKZ-5, LKZ-6, LKZ-7, LKZ12-1, LKZ13-1, LKZ13-2),塞尔维亚挪威萨德大田与蔬菜研究所提供组合10个(DUSKO, NS FANTAEIJA, NS OSKAR, ORFEJ, NOVOSADANIN, NS DONSTANTIN, NS ROMEO, NS DESPOT, NS NOVAR, NS ADMIRAL)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用随机区组设计,每个小区种植4行,行长5m,每行种植28株,株距24cm,小区面积16.7 m^2 ,3次重复。

试验于2015年在黑龙江省哈尔滨市康金试验基地进行,位于 $\text{N}46^{\circ}10'$, $\text{E}126^{\circ}50'$,海拔151.6m,土壤为淋溶黑钙土,前茬为亚麻,地势平坦,春耙起垄,5月29日播种。种肥施复合肥300 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,结合最后一遍中耕施尿素150 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。垄上人工刨掩点播,生育期间两铲三趟。试验地6月9日开始出苗,试验区出苗较全、长势正常,生育期间管理及时,2015年9月28日收获。

1.2.2 测定项目及方法 收获前进行田间调查,每个小区选择5株调查生育日数(X_1),株高(X_2),茎粗(X_3),叶片数(X_4),花盘直径(X_5),去掉小区两头各一株和断空的两侧株,每区随机收10头晒干清杂后进行测产,并对田间调查植株进行室内考种,考察单株粒数(X_6),百粒重(X_7),

收稿日期:2016-11-16

基金项目:黑龙江省青年基金资助项目(QC2015025);黑龙江省农业科学院引进博士科研启动金资助项目(201507-38);国家向日葵产业技术体系资助项目(CARS-16);中塞政府间科技合作资助项目(2-11)

作者简介:梁春波(1981-),女,黑龙江省哈尔滨市人,博士,助理研究员,从事向日葵遗传育种研究。E-mail: liangchunbo201@163.com。

籽仁率(X_8),结实率(X_9)和单株产量(Y)。试验所得数据用 DPS 软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 主要性状的变异系数

本研究对参试杂交种(组合)各性状的变异系数进行分析,结果表明各材料间变异较为丰富,变异系数在 1.73%~12.08%,其中单株粒数的变异系数最大,结实率、花盘直径、株高、百粒重等次之,丰富的变异为优异资源的筛选创造了条件。9 个农艺性状中,生育日数的变异系数最小,仅为 1.73%,表明供试 20 个油用向日葵杂交种(组合)生育日数较为稳定,均属于本地区中晚熟品种,能够安全成熟。

表 1 油用向日葵主要农艺性状变异系数

Table 1 Variation coefficient for agronomic traits of oil-type sunflower									
项目 Items	生育日数/d Days of growth	株高/cm Plant height	茎粗/cm Stem diameter	叶片数 Leaves number	花盘直径/cm Head diameter	单株粒数 Seed number per plant	百粒重/g Hundred seed weight	籽仁率/% Kernel rate	结实率/% Setting percentage
最大值 Max.	109	232.33	3.13	30.0	17.70	1667	6.00	75.46	86.14
最小值 Min.	102	186.00	2.03	22.0	13.23	1069	3.83	56.00	58.39
平均值 Average	105.75	209.75	2.68	27.10	15.61	1349.45	4.52	67.60	69.30
标准差 S. D.	1.83	20.51	0.35	2.25	1.49	162.99	0.43	5.17	7.80
变异系数/% C. V.	1.73	9.78	8.07	8.29	9.85	12.08	9.46	7.65	11.25

表 2 供试向日葵杂交种(组合)单株产量与农艺性状的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between agronomic traits and yield per plant of sunflower hybrids									
性状 Traits	生育日数 Days of growth	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	叶片数 Leaves number	花盘直径 Head diameter	单株粒数 Seed number	百粒重 Hundred seed weight	籽仁率 Kernel rate	结实率 Setting percentage
生育日数 Days of growth	1								
株高 Plant height	-0.1666	1							
茎粗 Stem diameter	0.1737	-0.0848	1						
叶片数 Leaves number	0.1344	0.345	0.1271	1					
花盘直径 Head diameter	0.1993	-0.2803	0.0412	0.0954	1				
单株粒数 Seed number per plant	-0.0546	-0.0882	0.0376	0.1194	0.7242	1			
百粒重 Hundred seed weight	0.5924	-0.1161	0.0773	0.1894	-0.0426	-0.3986	1		
籽仁率 kernel rate	-0.0131	-0.1301	0.0315	0.1481	0.3078	0.5133	-0.4227	1	
结实率 setting percentage	0.265	0.0553	-0.0264	0.134	-0.0651	-0.1476	0.2578	0.0637	1
单株产量 Yield per plant	0.4799	0.1259	-0.0259	0.2125	0.3389	0.4888	0.4961	0.4201	0.5904
P	0.0322	0.5968	0.9137	0.3683	0.1439	0.0313	0.0261	0.0429	0.0061

为进一步了解主要农艺性状对向日葵产量的真实影响,本研究采用系数矩阵逐步回归分析,

通过逐步对偏回归系数进行显著性检测,获得最优多元方程,筛选出与产量显著相关的主要性状。多元回归方程为:

$$Y=-237.879\ 114\ 6+0.547\ 1X_1+0.339\ 0X_2-1.830\ 7X_3-0.853\ 0X_4+1.839\ 5X_5+0.030\ 1X_6+9.119X_7+0.106\ 2X_8+0.838\ 3X_9$$

式中, X_1 为生育日数, X_2 为株高, X_3 为茎粗, X_4 为叶片数, X_5 为花盘直径, X_6 为单株粒数, X_7 为百粒重, X_8 为籽仁率, X_9 为结实率, Y 为单株产量。

逐步回归结果表明,油用向日葵杂交种(组合)单株产量与9个性状均具有相关性,所以油用向日葵高产育种应对这9个性状做综合考虑选择。

2.3 油用向日葵主要农艺性状对单株产量的通径分析

通径分析更能清楚的显示各性状对产量的影响,结果表明,供试油用向日葵杂交种(组合)9个性状对单株产量的重要性依次为百粒重>结实率>单株粒数>株高>籽仁率>花盘直径>生育日数>茎粗>叶片数。其中茎粗和叶片数两个性状的直接效应为负效应。此通径系数的 $R^2=0.956$,说明本研究所涉及的9个性状决定的变异占单株产量的95.6%,另外还有4.4%的变异来自其它未知因素或者实验误差。

结实率对单株产量的直接效应居第二位(0.490 0),但通过与生育日数、株高、茎粗、百粒重、籽仁率均产生正向效应,最终使得结实率对单株产量的总体效应达到0.590 4。这一结果表

明,结实率是影响产量的重要性状,在油用向日葵高产育种中应给予重点关注,并综合考虑百粒重、单株粒数等性状对产量的影响。

百粒重对单株产量的直接效应最大(0.565 8),但与株高、茎粗、叶片数、花盘直径、单株粒数、籽仁率均产生负向效应。说明在向日葵高产育种过程中,百粒重是重要的性状,但不能一味进行正向选择而要结合其它相关性状进行综合考虑。

单株粒数对单株产量的直接效应为0.467 4,在9个性状中位于第3位,且与花盘直径存在明显的正向效应(0.349 1),与百粒重之间均存在明显的负向效应(-0.225 5),最终总体效应为0.488 8。说明单株粒数是影响产量的重要性状,育种过程中应在考虑百粒重的情况下进行正向选择。

花盘直径对单株产量的直接效应和总体效应均为正向效应,与其它性状之间也未发现存在明显的负向效应,表明可在育种过程中进行适当的正向选择。

籽仁率对单株产量的直接效应为0.241 3,与花盘直径和百粒重之间均存在明显的正向效应,总体效应为0.420 1,说明籽仁率也是影响油用向日葵杂交种(组合)单株产量的重要性状,在育种过程中应给予足够的重视。

株高对单株产量的直接效应为0.318 0,通过与其它性状的间接效应,最终相关系数为0.125 9,未达到显著水平,说明在育种过程中应根据实际情况进行选择,不宜选育株高过高的品种。

表3 向日葵杂交组合单株产量与各性状的通经系数

Table 3 Path analysis coefficients between agronomic traits and yield of oil-type sunflower hybrids											
因子 Factor	直接通径系数 Directly path coefficient	→ X_1	→ X_2	→ X_3	→ X_4	→ X_5	→ X_6	→ X_7	→ X_8	→ X_9	相关系数 Correlation coefficient
X1	0.0751		-0.053	-0.0084	-0.0193	0.041	-0.0201	0.3352	-0.0005	0.1298	0.4799
X2	0.3180	-0.0125		0.0041	-0.0495	-0.0577	-0.0324	-0.0657	-0.0054	0.0271	0.1259
X3	-0.0481	0.0130	-0.027		-0.0183	0.0085	0.0138	0.0437	0.0013	-0.0129	-0.0259
X4	-0.1436	0.0101	0.1097	-0.0061		0.0196	0.0439	0.1072	0.0061	0.0657	0.2125
X5	0.2059	0.0150	-0.0891	-0.002	-0.0137		0.2661	-0.0241	0.0127	-0.0319	0.3389
X6	0.4674	-0.0041	-0.028	-0.0018	-0.0171	0.3491		-0.2255	0.0211	-0.0723	0.4888
X7	0.5658	0.0445	-0.0369	-0.0037	-0.0272	-0.0088	-0.1465		-0.0174	0.1263	0.4961
X8	0.2413	-0.0010	-0.0414	-0.0015	-0.0213	0.2634	0.1886	-0.2392		0.0312	0.4201
X9	0.4900	0.0199	0.0176	0.0013	-0.0192	-0.0134	-0.0542	0.1458	0.0026		0.5904

生育日数对单株产量的直接效应仅为 0.075 1,但通过与百粒重和结实率的正向效应,使得最终的总体效应达到 0.479 9。说明在本研究的变异范围内,应结合百粒重、结实率等性状对生育日数进行正向选择。

叶片数对产量的直接效应为负值,但通过与其它性状的间接效应,最终总体效应达到 0.212 5,表明在育种过程中叶片数也是一个不容忽视的性状,应根据生产实际情况与其它性状进行综合考量选择。茎粗对单株产量的直接效应和总体效应均为负值,说明在本研究的变异范围,茎粗的提高并未对产量和其它性状产生明显的正向效应,在育种过程中可根据实际情况进行选择。

3 结论与讨论

本研究通过对油用向日葵产量因素与产量的相关分析和通径分析,对各农艺性状对产量的相对重要性进行客观评价。分析结果表明,各性状与单株产量相关系数大小依次为:结实率>百粒重>单株粒数>生育日数>籽仁率>花盘直径>叶片数>株高>茎粗。其中结实率与单株产量达到极显著正相关,这与刘庆鹏^[12]、崔良基^[14]、王佰重^[16]、李玉发^[17]等人的研究结果一致,也有许多研究认为应通过栽培方法改善作物结实率^[19],本研究认为在采取相应栽培措施的同时,选择自身结实率高的杂交组合对于选育高产油用向日葵新品种至关重要,这样即可以减少人工成本,也可避免人工或蜂蜜授粉中的混杂问题。本研究通径分析结果为:百粒重>结实率>单株粒数>株高>籽仁率>花盘直径>生育日数>茎粗>叶片数。相关分析和通径分析结果表明,性状间的相互作用是复杂的,既相辅相成,又相互制约。某一性状的加强,常常伴随着一些性状作用的加强和另一些性状作用的削弱。从本研究的分析结果得知,为提高向日葵产量,应该抓住结实率、百粒重、单株粒数、花盘直径、籽仁率等主要性状进行选择和调控,同时兼顾生育日数、叶片数、株高、茎粗等其它性状。协调好各个农艺性状之间的关系以发挥每个农艺性状对向日葵产量的最大作用。

参考文献:

- [1] 国际粮农组织官方网站数据库[DB/OL]. [2016-11-16]. <http://faostat.fao.org>.
- [2] 张锦芳,蒲晓斌,李浩杰,等. 不同来源甘蓝型油菜主要农艺性状与产量的相关分析[J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 587-590.
- [3] 田广文,徐爱退. 低芥酸油菜产量与主要农艺性状相关通径分析[J]. 陕西农业科学, 2007(3): 1-4.
- [4] 腾辉升,张述宽,陈天渊,等. 青贮玉米生物产量与主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 作物杂志, 2007(5): 48-50.
- [5] 陈玉君,邓小华,肖守斌,等. 稻田春播杂交玉米产量与主要农艺性状的相关及通径分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(19): 8950-8952.
- [6] 李金琴,张智勇,何智彪,等. 矮秆蓖麻杂交种产量与主要农艺性状的相关及多元回归分析[J]. 内蒙古民族大学学报, 2010, 25(1): 40-43.
- [7] 和凤美,朱芮,朱永平,等. 超甜玉米自交系主要农艺性状与鲜穗产量的相关及通径分析[J]. 华北农学报, 2014(29): 142-145.
- [8] 欧阳裕元,余东梅,杨梅. 蚕豆主要农艺性状与单株产量的相关及通径分析[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 763-768.
- [9] 元振,赵广才,常旭虹,等. 小麦产量与农艺性状的相关分析和通径分析[J]. 作物杂志, 2016(3): 45-50.
- [10] 孔素萍,孙敬强,吴雄,等. 大蒜主要农艺性状变异特征及其与产量相关构成分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(6): 1240-1248.
- [11] 朱东旭,关中波,徐桂真,等. 油用向日葵品种主要农艺性状的主成分分析和聚类分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(12): 152-156.
- [12] 刘庆鹏,张玮,薛伟,等. 油用向日葵杂交种主要性状与产量间的灰色关联分析[J]. 北方农业学报, 2016, 44(1): 12-14.
- [13] 吕德贵,陈皆辉,董金生,等. 油用向日葵主要性状的变异系数与产量的相关研究[J]. 内蒙古农业科技, 2005(2): 20, 25.
- [14] 崔良基,王德兴. 油用型向日葵杂交种主要性状及与产量关系的研究[J]. 杂粮作物, 2003, 23(2): 89-92.
- [15] 贾秀苹,卯旭辉,岳云. 向日葵不同品种(系)主要性状与产量间的相关分析[J]. 中国种业, 2014(12): 50-53.
- [16] 王佰重,李玉发,刘红欣,等. 食用向日葵产量及主要农艺性状相关与通径分析[J]. 现代农业科技, 2014(22): 18-19.
- [17] 李玉发,梁军,窦忠玉,等. 食用向日葵杂交种主要性状与产量间的灰色关联分析[J]. 山东农业科学, 2011(12): 19-21.
- [18] 张雷,宋宝军,于学鹏,等. 食用向日葵产量与主要性状相关及通径分析[J]. 黑龙江农业科学, 2010(9): 46-49.
- [19] 李素萍,安玉麟,聂惠,等. 食用型向日葵杂交种主要性状的典型性相关分析[J]. 内蒙古农业科技, 2007(1): 29-31.

Correlation and Path Analysis Between Agronomic Traits and Yield per Plant in Oil-type Sunflower Hybrids

LIANG Chun-bo^{1,2}

(1. Insititute of Industrail Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Postdoctoral Workstation of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

CO₂浓度及环境温度增加对寒地粳稻不同品种倒伏风险的影响

孙 兵¹,肖明纲¹,迟立勇¹,赵宏亮¹,李明贤¹,李阳春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. 黑龙江省疾病预防控制中心,黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要:为了探究气候变化可能对水稻倒伏风险造成的影响,利用构建的人工气候室,调控CO₂浓度并实时监控环境温度,选择不同抗倒能力品种龙庆稻1号、龙稻5号,设置不同的CO₂浓度(对照:384 μmol·mol⁻¹,升高处理584 μmol·mol⁻¹),并检测两年的环境温度,来评估和量化水稻不同品种响应气候变化的倒伏风险。结果表明:CO₂浓度对不同品种抗倒伏性影响极显著,CO₂浓度增加与环境温度升高共同作用增加了龙稻5号的倒伏风险,主要是因为环境因素的改变增加了株高。环境温度的升高可使水稻基部节间伸长从而增加了倒伏风险。从试验数据发现,CO₂浓度增加与环境温度升高对不同水稻品种倒伏风险影响的结果呈现不同趋势,因此,日后可通过培育适应气候变化的新品种抵御倒伏风险。

关键词:水稻;倒伏;CO₂浓度;环境温度

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)12-0027-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.12.0027

倒伏是水稻生产中常见的导致减产并伴随稻米品质下降的一种生理性现象,普遍发生在乳熟期至蜡熟期,自身穗重和极端的自然天气(例如狂风、暴雨)均会导致水稻倒伏现象的发生,倒伏目前已被公认为实现水稻高产的重要限制因素之一^[1-5]。水稻植株在发生倒伏后,正常的根冠结构遭到严重的破坏,光合作用及干物质合成能力明

显下降,阻碍养分吸收和运输,并且,倒伏的植株极易受真菌及病毒的侵害。Setter等人指出,水稻生长过程中,若有2%的植株发生倒伏,则最终会减产1%^[6-8]。

水稻植株的抗倒伏能力则成为保证水稻产量与品质的重要因素,目前已经确定水稻节间抗折力,基部节间长度,茎壁厚度、直径、横截面面积等均与水稻倒伏呈紧密相关。二氧化碳浓度增加伴随环境温度升高可以改变这些与植物形态学相关的因素,然而到目前为止,只有单独的针对CO₂浓度增加对水稻茎秆倒伏风险的研究,并确定其可以改变水稻的倒伏风险^[9-11]。

收稿日期:2016-11-19
基金项目:哈尔滨市科技局青年后备人才资助项目(2014RFQYJ109);哈尔滨市科技局创新人才研究专项资金资助项目(2014RFQGJ044)
第一作者简介:孙兵(1983-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,助理研究员,从事水稻栽培及育种学研究。E-mail:bingbing7581@sina.com。

Abstract: In order to explore correlation between yield, main agronomic traits, direct and indirect effects of various characters on yield of oil-type sunflower, nine traits days of growth(X_1), plant height(X_2), stem diameter(X_3), leaves number per plant(X_4), head diameter(X_5), seed number per plant(X_6), hundred seed weight(X_7), kernel rate(X_8) and setting percentage(X_9) in 20 oil-type sunflower hybrids were studied by correlation analysis and path analysis. Correlation analysis showed that setting percentage(X_9), hundred seed weight(X_7), seed number per plant(X_6) and kernel rate(X_8) showed significantly positive correlations with the yield per plant. The results of path showed that the direct effect of nine traits on yield per plant followed the order: seed hundred seed weight(X_7) > setting percentage(X_9) > seed number per plant(X_6) > plant height > kernel rate > head diameter > days of growth > stem diameter > leaves number per plant. In the breeding for high yield oil-type sunflower hybrids, setting percentage, hundred seed weight, seed number per plant, head diameter and kernel rate should be selected primarily, days of growth, leaves number per plant, plant height and stem diameter also should be taken into consideration.

Keywords: oil-type sunflower; yield per plant; agronomic trait; correlation analysis; path analysis