

塔额垦区食用向日葵产量与主要经济性状关系的分析

罗静静, 王贺亚*, 艾海峰, 李怀胜 (新疆生产建设兵团第九师农业科学研究所(畜牧科学研究所), 新疆塔城 834601)

摘要 [目的]探究塔额垦区食用向日葵产量与主要经济性状之间的关系,找到提高产量潜力的主要性状因子。[方法]对16个食用向日葵品种的主要经济性状进行相关性、正态性检验、回归系数、通径分析和主成分分析。[结果]就产量构成因素来看,单盘籽粒数与产量关系不论在相关系数还是直接通径系数都较大,其次是千粒重的直接通径系数。产量性状的变异分析发现,食葵产量构成因素95%置信区间为:盘径19.76~21.11 cm,单盘籽粒704.74~808.14粒,千粒重214.81~233.09 g,结实率82.40%~85.40%。多元逐步回归分析显示,最优线性回归方程为 $y = -7\ 468.284\ 557 + 4.875\ 448x_1 + 15.615\ 314x_2 + 46.378\ 728x_3$ 。 x_1 、 x_2 、 x_3 与 y 的偏回归系数达到极显著。通径分析显示,直接通径系数的从高到低依次为单盘籽粒数、千粒重、结实率,表明食葵高产育种或栽培必须着重于单盘籽粒数的提高,同时兼顾千粒重和结实率易获得高产。[结论]在保证千粒重的基础上,主攻单盘籽粒数和花盘直径,协调优化两者之间的关系,才能提高本地区食用向日葵产量的潜力。

关键词 塔额垦区;食葵;产量潜力;经济性状;相关分析;通径分析;主成分分析

中图分类号 S565.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)22-0015-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.22.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis on the Relationship Between Edible Sunflower Yield and Main Economic Traits in Tal Reclamation Area

LUO Jing-jing, WANG He-ya, AI Hai-feng et al (Agricultural Science Institute (Institute of Animal Science) of the Ninth Division of the Xinjiang Production and Construction Corps, Tacheng, Xinjiang 834601)

Abstract [Objective] The relationship between edible sunflower yield and main economic traits was discussed to find out the main limiting factors of yield increase potential in Tal Reclamation Area. [Method] Correlation, normality test, regression coefficient, path analysis and principal component analysis were carried out on the main economic traits of 16 edible sunflower varieties. [Result] In terms of yield components, the correlation coefficient or path coefficient between the number of grains per plate and yield was the largest, followed by the larger path coefficient of thousand-grain weight. Through the variation analysis of yield traits, the confidence interval of yield components was as follows; plate diameter 19.76–21.11 cm, single plate grain 704.74–808.14, thousand-grain-grain weight 214.81–233.09 g, seed setting rate 82.40–85.40. Through multiple stepwise regression analysis, the optimal linear regression equation is $y = -7\ 468.284\ 557 + 4.875\ 448x_1 + 15.615\ 314x_2 + 46.378\ 728x_3$. The partial regression coefficients of x_1 , x_2 , x_3 and y are remarkable. Through path analysis, it is concluded that the direct path coefficient is in the order of single plate grain number > thousand-grain weight > seed setting rate, indicating that high-yield breeding or cultivation of sunflower must focus on the increase of single plate grain number, while taking into account the thousand-grain weight and seed setting rate is easy to obtain high yield. [Conclusion] On the basis of ensuring thousand-grain weight, the yield of edible sunflower in the region can be increased by increasing the number of grains per plate and the diameter of flower plate and coordinating the relationship between them.

Key words Tal Reclamation Area; Edible sunflower; Yield potential; Economic character; Correlation analysis; Path analysis; Principal component analysis

塔额垦区属于中温带干旱和半干旱地区,种植食葵具有明显优势,气候与土壤适宜食葵种植。食葵喜凉、耐瘠薄,非常适合在海拔高、纬度高、气候冷凉的地区种植。食葵是一种适应性很强的经济作物,是塔额垦区的主要经济作物之一,经济效益高,价格多在11~13元/kg,种植面积超过0.67万 hm^2 。

产量是食葵育种和栽培的主要目标,只有在一定产量的基础上,食葵优质、高效、生态、安全才具有实际意义^[1-3]。产量性状一般为数量性状,受多基因支配和多种环境因素的影响且性状间彼此关联,某一性状的变化必然导致其他性状的变化,因此在实践中较难掌握^[4-6]。目前,已有诸多学者从不同作物的产量与经济性状进行了分析,如水稻、胡麻^[7-8]、花生^[9-10]等作物。但塔额垦区食葵产量与主要经济性状关系

的研究还鲜见报道。鉴于此,笔者对16个塔额垦区食用向日葵品种进行比较试验,对产量及主要经济性状进行相关性分析、正态性检验,采用回归系数分析、通径分析和主成分分析^[1-10],研究产量对经济性状的关联性,旨在揭示各主要经济性状影响产量的原因及其相对重要性,筛选出适合塔额垦区推广种植的高产、稳产的食葵品种,并为食葵育种提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2021年3—10月在新疆生产建设兵团第九师农(畜)科所团结农场4连试验地(46°31'N, 83°29'E)进行,前茬为冬小麦,属典型的大陆性温带气候,四季鲜明,昼夜温差大,夏季日照时间长,光热资源充足。供试土壤为砂质壤土,耕层土壤(0~20 cm)的基本理化性状为有机质29.34 g/kg,碱解氮101.5 mg/kg,有效磷46.66 mg/kg,速效钾371.97 mg/kg, pH 8.06。

1.2 供试材料 供试品种共16个,分别是飞天1号、双星44、乐丰30、jk518、同庆5号、金禾8号、双星5号、恒福睿9号、sh363、zf-5、ZT-11、双星1911、双星6号、kt36、恒福睿6号、同欣1号。

基金项目 第九师科技特派员创新创业项目“特色作物高产栽培科技特派员团队创新创业”;兵团财政计划重点领域科技攻关项目“北疆边境团场食葵提质增效关键技术集成与示范”(2021AB011)。

作者简介 罗静静(1989—),女,河南扶沟人,助理研究员,从事植物保护、作物栽培研究。*通信作者,助理研究员,从事作物栽培与水肥一体化研究。

收稿日期 2021-12-31;修回日期 2022-02-09

1.3 试验设计与方法 试验采用随机区组设计,设3次重复。采用50 cm×90 cm宽窄行种植,行长5.0 m,宽2.8 m,小区面积14 m²,种植密度为25 500株/hm²,滴管带铺设在50 cm窄行中。

1.4 播种及田间管理 2021年5月28日播种,人工点播,干播湿出。人工除草2次,分别是6月15日和28日。全生育期共浇水4次,分别在7月22日、8月8日、8月20日、8月31日采用滴灌方式灌溉。随水施肥总量尿素30 kg/hm²、磷酸二铵15 kg/hm²、硫酸钾15 kg/hm²。9月15日人工收获。

1.5 调查方法 观察记载各品种的物候期,成熟后每个小区随机取10株测量株高、茎粗及花盘直径。随机取10个花盘样品,对结实率、百粒重、粒长、粒宽进行室内考种,按小区实

际收获计算产量。

在成熟期考察盘径(x_1)、单盘粒数(x_2)、千粒重(x_3)、结实率(x_4)和实收产量(y)等经济性状。

1.6 数据分析 采用Microsoft Excel 2003软件对试验数据进行处理;采用SPSS统计分析软件对不同性状进行相关分析、正态性检验;采用回归系数分析、通径分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同向日葵品种生育期比较 由表1可知,不同向日葵品种播种期均为5月28日,播种期到出苗期均为9 d,生育期在110~118 d。不同向日葵品种中,同庆5号生育期最长,为118 d;乐丰30、恒福睿6号生育期较短,均为110 d。

表1 不同向日葵品种物候期比较

Table 1 Comparison of growth period of different sunflower varieties

序号 Code	品种名称 Variety name	播种期 Sowing date	出苗期 Emergence date	现蕾期 Budding date	开花期 Anthesis date	成熟期 Maturation period	生育期 Growth period//d
1	飞天1号	05-28	06-05	07-12	08-01	09-16	112
2	双星44	05-28	06-05	07-13	07-31	09-18	114
3	乐丰30	05-28	06-05	07-13	08-01	09-14	110
4	jk518E	05-28	06-05	07-14	08-01	09-16	112
5	同庆5号	05-28	06-05	07-18	08-04	09-22	118
6	金禾8号	05-28	06-05	07-10	07-31	09-16	112
7	双星5号	05-28	06-05	07-13	08-01	09-17	113
8	恒福睿9号	05-28	06-05	07-11	07-30	09-17	113
9	sh363	05-28	06-05	07-18	08-02	09-20	116
10	zf-5	05-28	06-05	07-10	07-31	09-18	114
11	ZT-11	05-28	06-05	07-13	08-02	09-18	114
12	双星1911	05-28	06-05	07-10	07-29	09-15	111
13	双星6号	05-28	06-05	07-13	08-01	09-17	113
14	kt36	05-28	06-05	07-15	08-03	09-15	111
15	恒福睿6号	05-28	06-05	07-19	08-01	09-14	110
16	同欣1号	05-28	06-05	07-18	08-02	09-20	116

2.2 不同向日葵品种主要农艺性状比较 由表2可知,16个向日葵品种的平均产量为3 607.76 kg/hm²。其中,同庆5号产量最高,为4 071.63 kg/hm²;其次是恒福睿6号,产量为

4 037.70 kg/hm²;产量位列第3的是双星1911,为3 995.85 kg/hm²;产量最低的为恒福睿9号,为2 915.23 kg/hm²。

表2 不同向日葵品种主要农艺性状比较

Table 2 Comparison of main agronomic characters of different sunflower varieties

序号 Code	品种名称 Variety name	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter cm	粒长 Grain length cm	粒宽 Grain width cm	盘径 Disk diameter cm	单盘粒数 Single plate grain number//粒	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	产量 Yield kg/hm ²	位次 Rank
1	同庆5号	239.40	37.78	2.41	1.02	20.46	893.41	211.50	84.35	4 071.63	1
2	恒福睿6号	233.00	42.95	2.47	0.89	20.64	836.75	217.37	86.90	4 037.70	2
3	双星1911	206.33	36.99	2.62	1.11	20.62	767.77	243.93	83.52	3 995.85	3
4	ZT-11	218.00	46.40	2.31	0.78	20.62	844.53	217.57	84.14	3 949.48	4
5	kt36	246.67	32.24	2.46	1.02	22.24	762.59	236.07	84.70	3 895.19	5
6	双星5号	223.00	35.69	2.46	1.12	21.06	830.34	217.77	81.39	3 759.47	6
7	双星6号	222.20	35.63	2.46	1.12	19.92	781.75	217.77	86.36	3 755.74	7
8	同欣1号	273.00	41.28	2.32	1.06	17.72	896.55	213.83	76.58	3 750.43	8
9	飞天1号	206.20	39.15	2.42	0.94	19.70	750.64	221.93	85.94	3 657.33	9
10	jk518E	216.00	38.75	2.61	1.04	20.30	682.03	243.60	85.22	3 616.85	10
11	sh363	264.00	37.93	2.42	0.96	19.26	715.96	225.10	85.00	3 499.34	11
12	双星44	215.40	40.42	2.73	1.10	23.60	634.19	252.27	84.36	3 447.79	12
13	zf-5	222.00	40.36	2.52	0.91	20.08	794.39	197.30	80.11	3 207.54	13
14	金禾8号	213.60	36.98	2.37	0.98	20.64	737.30	191.60	86.24	3 112.06	14
15	乐丰30	202.40	38.61	2.29	0.92	20.46	562.34	245.40	86.59	3 052.53	15
16	恒福睿9号	203.40	35.12	2.45	1.01	19.60	612.50	230.17	80.95	2 915.23	16

向日葵产量性状变异分析显示,不同向日葵品种在产量性状上有较大差异^[10-12]。由表 3 可知,5 个经济性状变异系数幅度在 3.36%~12.83%,其中单盘籽粒数变异系数最大,为 12.83%,其次是产量变异系数,为 10.24%;其余经济性状的变异系数较小。由此可见,参试品种的单盘籽粒数、产量有

较大的变异性,选择空间较大。从产量构成因素变异的情况分析可以得出,食用向日葵产量构成因素 95%的置信区间为:盘径 19.76~21.11 cm,单盘籽粒 704.74~808.14 粒,千粒重 214.81~233.09 g,结实率 82.40%~85.40%。

表 3 向日葵产量性状变异分析

Table 3 Variation analysis of yield characters of sunflower

项目 Item	盘径 Disk diameter//cm	单盘籽粒数 Number of seeds	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	产量 Yield//kg/hm ²
平均值 Mean value	20.43	756.44	223.95	83.90	3 607.76
标准差 Standard deviation	1.27	97.03	17.15	2.82	369.59
实际幅度 Actual amplitude	17.72~23.60	562.43~896.55	191.60~252.27	76.58~86.90	2 915.23~4 017.63
CV//%	6.22	12.83	7.66	3.36	10.24

2.3 相关分析 计算 4 个经济性状因子和产量的相关系数,得相关系数矩阵^[12-14],如表 4 所示。由表 4 可知,产量与 4 个性状因子均呈正相关。其中,产量与单盘籽数达到极显著正相关($r=0.732 5^*$),说明在一定范围内,提高单盘籽粒数可以显著提高产量。

从性状间相关分析可以看出,盘径与单盘籽粒数、单盘籽粒数与结实率呈现弱负相关,单盘籽粒数和千粒重呈显著负相关($r=-0.598 3^*$),说明单盘籽粒数过多,千粒重显著降低,其余经济性状间均呈正相关。

2.4 线性方程回归的建立 正态性检验输出结果显示,Shapiro-Wilk 统计量 0.925,显著水平 Sig. = 0.20>0.05,因此 y 服从正态分布,即 y 是正态变量,可以进行回归分析。通过逐步回归分析,选出单盘籽粒数(x_1)、千粒重(x_2)、结实率(x_3)对产量(y)极显著的变量。

的显著性,准确描述产量对经济性状的依赖关系,建立产量的最优线性回归方程为 $y = -7 468.284 557 + 4.875 448 x_1 + 15.615 314 x_2 + 46.378 728 x_3$ 。 x_1 、 x_2 、 x_3 与 y 的偏回归系数达到极显著。因此,可以用该方程来预测产量。

表 4 经济性状和产量间的相关分析

Table 4 Correlation analysis between economic traits and yield

因素 Factor	盘径 Disk diameter	单盘籽粒数 Number of seeds	千粒重 1 000-grain weight	结实率 Seed-setting rate
单盘籽粒数 Number of seeds		-0.283 8		
千粒重 1 000-grain weight	0.412 4	-0.598 3 [*]		
结实率 Seed setting rate	0.408 2	-0.322 2	0.207 4	
产量 Yield	0.081 4	0.732 5 ^{**}	0.032 2	0.091 5

注:相关关系临界值: $R_{0.05} = 0.497$, $R_{0.01} = 0.623$; * 表示在 0.05 水平差异显著

Note: Critical value of correlation: $R_{0.05} = 0.497$, $R_{0.01} = 0.623$; * indicated significant differences at 0.05 level

由表 5 可知,为了明确各产量经济性状对产量线性效应

表 5 回归系数输出结果

Table 5 Output results of regression coefficient

模型 Model	项目 Item	非标准化系数 Nonstandard coefficient	标准误差 Standard error	标准系数 Standard coefficient	t	Sig.
1	常量	1 497.302 362	528.283 005	—	2.834 281	0.013 254
	x_1	2.789 987	0.693 056	0.732 469	4.025 632	0.001 252
2	常量	-3 301.842 978	829.024 254	—	-3.982 806	0.001 562
	x_1	4.459 869	0.454 332	1.170 872	9.816 317	0.000 000
	x_2	15.789 235	2.571 64	0.732 759	6.143 279	0.000 035
3	常量	-7 468.284 557	360.147 661 8	—	-20.736 789	0.000 000
	x_1	4.875 448	0.116 613	1.279 976	41.808 793	0.000 000
	x_2	15.615 314	0.638 381	0.724 688	24.460 811	0.000 000
	x_3	46.378 728	3.289 367	0.353 571	14.099 591	0.000 000

2.5 通径分析 相关系数仅是简单测定了 2 个经济性状间的相互关系,但不能了解其中相关原因和效应大小。通径分析^[13-15]可将相关系数剖解为直接作用和间接作用各组成部分,并可估量各分量对总决定度的相对贡献。

各品种产量对产量构成因素的通径分析的结果见表 6。从表 6 可以看出,3 个产量构成因素的直接通径系数的由大到小依次为单盘籽粒数>千粒重>结实率,表明食葵高产育种或栽培必须着重于单盘籽粒数的提高,同时兼顾千粒重和结

实率易获得高产。

在各间接通径系数中,单盘籽粒数通过结实率对产量有正向效应($x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow y = 0.145 813$),结实率通过单盘籽粒数对产量也有正向效应($x_3 \rightarrow x_1 \rightarrow y = 0.527 862$),其余的间接通径系数均为负值,表明结实率对产量影响虽然没有单盘籽粒数明显,但各因素间仍存在相互协调的问题。

2.6 主成分分析 对 8 个与产量相关的经济性状进行主成分分析,结果显示前 3 个主成分中的累积贡献率已包含了 8

个变量的 71.74% 的信息^[16-17]。

表 6 产量构成因素对产量的通径分析

Table 6 Path analysis of yield components on yield

因子 Factor	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect		
		$x_1 \rightarrow y$	$x_2 \rightarrow y$	$x_3 \rightarrow y$
单盘籽粒数 Num- ber of seeds(x_1)	1.279 976		-0.205 666	0.145 813
千粒重 1 000-grain weight(x_2)	0.724 688	-0.363 257		-0.211 542
结实率 Seed setting rate(x_3)	0.353 571	0.527 862	-0.433 581	

由表 7 可知,第一主成分因子特征值为 2.96,其贡献率为 37.04%,对应特征向量中,千粒重分值较大(0.436 0),其次为盘径、粒长,而单盘籽粒数则表现为较高的负向量(-0.414 8)。这说明盘径增大、籽粒增长,可提高千粒重,降低单盘籽粒数,故称第一主成分为“千粒重因子”。

第二主成分因子特征值为 1.76,其贡献率为 22.05%,对

应特征向量中,粒宽分值较大(0.627 2),其次是株高、粒长、单盘籽粒数,而结实率表现为较高的负向量(-0.439 0),说明单盘籽粒增多,籽粒增宽、株高增高、籽粒增长,而结实率降低。故第二主成分为“粒数因子”。

第三主成分因子特征值为 1.01,其贡献率为 12.65%,对应特征向量中,茎粗分值较大(0.585 8),其次为粒长、单盘籽粒数、盘径,而结实率为较低的负向量(-0.138 5),说明盘径增加,茎粗增粗、籽粒也增长,而结实率下降。故第三主成分因子为“盘径因子”。

综上所述,构成食用向日葵产量变化的主成分因子分别是千粒因子、粒数因子、盘径因子,其中千粒重因子贡献最大,其次是粒数因子,而盘径因子贡献率较小。因此高产育种或栽培中,在适宜千粒重的基础上,应注重选择籽粒数多、花盘直径大的植株容易获得高产,这与姜敏等^[10]试验结果相似。

表 7 主成分特征根和特征向量

Table 7 Feature root and feature vector

主成分 Principal component	分量来源 Component source			特征向量 Eigenvector							
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate//%	累计贡献率 Accumulative contribution rate//%	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	盘径 Disc diameter	单盘籽粒数 Number of seeds	千粒重 1 000- grain weight	结实率 Seed- setting rate
F ₁	2.96	37.04	37.04	-0.333 5	-0.247 2	0.406 9	0.252 2	0.415 0	-0.414 8	0.436 0	0.253 4
F ₂	1.76	22.05	59.09	0.363 6	-0.421 6	0.226 9	0.627 2	-0.105 4	0.208 2	0.015 9	-0.439 0
F ₃	1.01	12.65	71.74	0.150 6	0.585 8	0.519 4	-0.046 9	0.410 8	0.411 5	0.070 9	-0.138 5

3 结果

该研究结果表明,食用向日葵的主要经济性状间相互影响、相互制约,他们对产量的直接作用不同程度被间接作用所影响^[18-19]。从产量构成因素来看,单盘籽粒数与产量关系的相关系数和直接通径系数均较大,其次是千粒重的直接通径系数。

多元逐步回归和通径分析结果表明,食葵产量构成因素区间为盘径 19.76~21.11 cm,单盘籽粒 704.74~808.14 粒,千粒重 214.81~233.09 g,结实率 82.40%~85.40%。从主成分分析结果可以看出,在适宜千粒重的基础上,应注重选择籽粒数多、花盘直径大的品种,容易获得高产。

4 结论

综上所述,塔额垦区食葵育种或栽培在保证千粒重的基础上^[20-21],主攻单盘籽粒数和花盘直径,协调优化两者之间的关系,才能提高该地区食用向日葵产量的潜力。

参考文献

[1] 尤艳蓉,李锦龙,李城德,等.食用向日葵杂种 SH361 种植密度试验研究[J].中国农技推广,2019,35(8):59-60.
 [2] 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.
 [3] 杨海峰,段学艳,卫玲,等.食用向日葵产量性状的遗传研究[J].作物杂志,2020,(5):93-97.
 [4] 孙祥春,苗三明,王雪娇,等.种植密度与株行距配置对河套灌区食用向日葵产量性状的影响[J].北方农业学报,2021,49(1):34-39.
 [5] 葛玉彬.食用向日葵主要农艺性状及产量遗传分析[D].兰州:甘肃农业大学,2016.

[6] 李军,闫文艺,张静,等.种植密度对食用向日葵籽粒性状和产量及其它经济性状的影响[J].黑龙江农业科学,2010(9):26-27.
 [7] 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.
 [8] 杨治伟,钱爱萍,张炜,等.不同胡麻品种(系)农艺性状与产量性状的差异分析[J].农业科技通讯,2021(11):187-191.
 [9] 刘卫星,张枫叶,贺群,等.60 个小粒花生育成品种农艺、产量及品质性状综合鉴定与评价[J].山东农业科学,2021,53(11):8-15.
 [10] 姜敏,饶庆琳,胡廷会,等.贵州花生产量与农艺性状灰色关联度分析[J].贵州农业科学,2021,49(11):41-46.
 [11] 郝晓煜,李雪,武晨清,等.春播区绿豆产量与主要农艺性状相关性分析[J].东北农业科学,2022,47(4):20-23.
 [12] 李金琴,张智勇,何智彪,等.矮秆蓖麻杂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(自然科学版),2010,25(1):40-43.
 [13] 陈珊宇,张慧,黄玉韬,等.油葵和食葵在浙江主要农艺性状差异和遗传分析[J].分子植物育种,2021,19(11):3771-3785.
 [14] 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.
 [15] 贾晓军,丁变红,杨芬,等.食用向日葵主要农艺性状与产量的多元分析[J].中国农学通报,2019,35(4):1-6.
 [16] 王兴珍,贾秀苹,梁根生,等.食用向日葵杂种主要农艺性状与产量的相关性分析[J].甘肃农业科技,2018(11):1-5.
 [17] 魏廷武.油用型向日葵籽实主要经济性状与含油率相关性研究[J].种子世界,2004(11):25-26.
 [18] 马军,王文军,郭永利,等.钾肥作用与向日葵主要性状和品质的相关性分析[J].宁夏农林科技,2015,56(7):67-68.
 [19] 李素萍,张明宇,聂惠,等.食葵主要农艺性状的遗传变异及相关性和典型性相关分析[C]//中国作物学会油料作物专业委员会第八次会员代表大会暨学术年会综述与摘要集.北京:中国作物学会,2018:293.
 [20] 赵超.施肥对食用向日葵产量及相关性状的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2015.
 [21] 殷春渊,王书玉,刘贺梅,等.水稻食味品质性状间相关性分析及其与叶片光合作用的关系[J].中国农业科技导报,2021,23(4):119-127.