

藜麦主要农艺性状与单株产量的相关和通径分析

王艳青¹ 李勇军¹ 李春花¹ 卢文洁¹
孙道旺¹ 尹桂芳¹ 洪波² 王莉花¹

(¹ 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所/云南省农业生物技术重点实验室/农业农村部西南作物基因资源与种质创制重点实验室, 650205, 云南昆明; ² 会泽县宝云街道农业技术推广站, 654200, 云南会泽)

摘要 为探究藜麦主要农艺性状对单株产量的作用, 对 10 个藜麦新品系的 7 个主要农艺性状(生育期、株高、茎粗、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数、千粒重)与单株产量进行相关性、多元线性回归和通径分析。结果表明, 株高和茎粗与藜麦单株产量呈极显著正偏相关; 7 个农艺性状可以解释 51.60% 藜麦单株产量的变异, 株高(X_2)和茎粗(X_3)可以解释 48.20% 藜麦单株产量的变异, 最优回归方程为 $Y = -102.340 + 1.040X_2 + 3.257X_3$; 株高和茎粗对藜麦单株产量的直接影响最大。因此, 在适宜种植密度基础上, 将适当提高株高和茎粗作为云南昆明及周边地区高产藜麦选育的方向。

关键词 藜麦; 单株产量; 农艺性状; 相关分析; 通径分析

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd) 是苋科藜属的一年生双子叶植物, 原产于南美洲安第斯山地区, 迄今已有约 7 000 年的种植历史^[1-2]。与其他谷物相比, 藜麦子粒蛋白质含量高, 氨基酸比例均衡, 膳食纤维、维生素和矿物质含量高, 且不含麸质, 此外还富含黄酮、多酚、不饱和脂肪酸等多种营养功能因子^[3-5]。因其高营养价值和功能特性, 藜麦已成为国内外多个研究领域的热点^[2]。近年来, 随着市场对藜麦种子需求量逐步增大和藜麦价格持续增高, 国内多个省、市、自治区兴起了藜麦的引种、试种和种植推广热潮^[3]。云南自 2012 年引入藜麦种植以来, 在香格里拉、丽江、昆明、大理等海拔 1 500~3 200m 地区已推广种植 1 000hm² 左右。与传统高原作物马铃薯、荞麦等相比, 藜麦表现出较高的经济效益。藜麦在云南 2 400~3 200m 高海拔冷凉地区产量较高(平均达 3 750kg/hm²)^[6], 但在海拔 1 500~2 400m 的滇中、滇西山地产量较高海拔地区低, 普遍为 1 800kg/hm²。云南省耕地主要分布在海拔 1 000~2 500m 的区域,

其中海拔梯度为 1 500~2 500m 的耕地占全省耕地面积的 50.33%^[7]。因此, 有效提高 1 500~2 500m 海拔地区藜麦产量对云南藜麦产业发展有重要意义。

提高单株产量是增加藜麦产量的重要途径之一, 藜麦单株产量与农艺性状紧密相关^[8-13], 但引种藜麦的农艺性状对单株产量的具体影响尚未明确。宋娇等^[8]对 6 个藜麦品种(系)农艺性状进行简单相关性分析, 发现单株产量与株高、千粒重呈正相关, 但相关性不显著。王艳青等^[9]对 135 份国外引进的藜麦种质进行简单相关性分析, 发现单株产量与生育期呈极显著负相关, 与主花序长和千粒重呈显著正相关。黄杰等^[10]对 38 份藜麦种质进行简单相关性分析, 发现单株产量与冠幅呈显著正相关。

已有研究尚未明确藜麦各农艺性状对单株产量的真实作用和具体影响。在实际应用中, 任意两变量间的简单相关系数包含其他变量对其的影响, 不能真实反映两变量间的相关程度与性质^[14]。本研究采用相关性分析、多元线性回归分析和通径分析, 对笔者所在课题组前期筛选的 10 个藜麦新品系的 7 个农艺性状和单株产量进行系统分析, 明确各农艺性状对单株产量的具体作用, 旨在为云南昆明及周边地区引种藜麦高产品种选育提供理论参考。

作者简介: 王艳青, 高级实验师, 主要从事杂粮资源收集与研究; 李勇军为共同第一作者, 高级实验师, 主要从事经济作物育种与栽培研究

王莉花为通信作者, 研究员, 主要从事荞麦新品种选育和病虫害防控研究

基金项目: 国家农业部作物种质资源保护子项目(2016NWB030-06-01-5; 2018NWB030-06-01-3); 云南省农业科学院专项(2017yb26402)

收稿日期: 2019-04-11; **修回日期:** 2019-07-29

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为笔者所在课题组前期从引进的 135 份藜麦种质中筛选得到的 10 个早熟、中秆、产量较高的藜麦品系^[9]。

1.2 试验方法

试验于 2017 年在云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所安宁试验基地（东经 102° 25′、北纬 24° 45′）进行。试验地海拔 1 887m，土质为红黏土，肥力中等，前茬为小麦。

试验采用随机区组排列，重复 3 次，小区面积为 12.0m²（5.0m×2.4m），小区间距 1.2m。采用育苗移栽法，5 月在大棚内育苗，于 7 叶期移栽至大田，行距 0.8m，株距 0.6m，3 行区，每小区 24 株，栽植密度 20 010 株/hm²，大田常规管理。成

熟时记录生育期，每小区第 2 行中间定点取样 6 个单株，参照王艳青等^[9]方法测定株高、茎粗、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数、千粒重、单株产量，并进行统计分析。

1.3 统计分析

利用 Excel 2007 进行数据处理，利用 SPSS 19.0 软件进行相关性分析、回归分析和通径分析。

2 结果与分析

2.1 藜麦单株产量与农艺性状的相关性分析

2.1.1 简单相关分析 从表 1 可看出，藜麦单株产量与 7 个农艺性状的简单相关系数排序为株高>茎粗>主茎分枝数>主花序分枝数>主花序长>千粒重>生育期。其中，株高、茎粗、主茎分枝数、主花序分枝数、主花序长与单株产量呈显著正相关。此外，各农艺性状间表现出不同程

表 1 藜麦单株产量与农艺性状的相关性分析
Table 1 Correlation analysis between yield per plant and agronomic traits in quinoa

性状 Trait	生育期 (X ₁) Growth period	株高 (X ₂) Plant height	茎粗 (X ₃) Stem diameter	主茎分枝数 (X ₄) Main stem branching number	主花序长 (X ₅) Main inflorescence length	主花序分枝数 (X ₆) Main inflorescence branching number	千粒重 (X ₇) 1000-grain weight	单株产量 (Y) Yield per plant
生育期 (X ₁) Growth period		0.169	-0.127	0.068	-0.176	-0.014	-0.343**	-0.091
株高 (X ₂) Plant height	0.145		0.084	0.492**	0.318**	0.238*	-0.100	0.531**
茎粗 (X ₃) Stem diameter	-0.061	0.503**		0.119	0.089	0.062	-0.079	0.255**
主茎分枝数 (X ₄) Main stem branching number	0.116	0.717**	0.422**		0.000	0.161	0.127	-0.083
主花序长 (X ₅) Main inflorescence length	-0.051	0.484**	0.310**	0.355**		0.065	-0.118	-0.137
主花序分枝数 (X ₆) Main inflorescence branching number	0.050	0.531**	0.319**	0.486**	0.317**		0.033	-0.071
千粒重 (X ₇) 1000-grain weight	-0.344**	-0.086	-0.034	0.010	-0.112	-0.012		0.122
单株产量 (Y) Yield per plant	-0.018	0.670**	0.493**	0.451**	0.250*	0.314**	0.059	

注：“*”表示显著相关（ $P<0.05$ ），“**”表示极显著相关（ $P<0.01$ ）；左下角为简单相关系数，右上角为偏相关系数
Note: “*” represents significant correlation ($P<0.05$), “**” represents extremely significant correlation ($P<0.01$); The simple correlation coefficients in the lower left corner and the partial correlation coefficients in the upper right corner

度的相关性。

2.1.2 偏相关分析 简单相关系数包含了两个变量之间的直接作用以及变量通过其他变量对另一变量的间接作用。为了研究两变量间的真实效应，对 7 个农艺性状和单株产量进行偏相关分析（表 1 右上角），表 1 表明，藜麦单株产量与株高、茎粗呈极显著正偏相关，与千粒重呈不显著的正偏相关，与生育期、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数呈不显著的负偏相关。主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数与株高均呈显著正偏相关。以上结果表明，株高、茎粗的增加可以直接极显著提高藜麦单株产量；主茎分枝数、主花序长、主

花序分枝数均是通过影响株高间接影响藜麦单株产量。

简单相关和偏相关分析均显示株高、茎粗、千粒重与藜麦单株产量呈正相关。简单相关分析中，主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数与藜麦单株产量为显著正相关，但偏相关分析中，主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数与藜麦单株产量为不显著的负偏相关。因此，探究变量间真实关系有必要进行偏相关分析。

2.2 藜麦单株产量与农艺性状的回归分析

回归分析和通径分析需要对因变量做正态性检验，本研究参照杜家菊等^[15]方法，利用 SPSS

SPSS 19.0 软件采用 Shapiro-Wilk 方法对藜麦单株产量进行正态性检验, 检验结果 $P=0.17>0.05$, 说明因变量(藜麦单株产量)呈正态分布, 可以进行回归和通径分析。

2.2.1 藜麦单株产量与农艺性状的多元线性回归分析 利用 SPSS 19.0 软件对因变量(藜麦单株产量)与 7 个自变量(生育期、株高、茎粗、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数、千粒重)进行多元线性回归分析。方差分析(表 2)表明, 藜麦单株产量与 7 个农艺性状间存在显著的直线回归关系。从表 3 可知, 7 个农艺性状与藜麦单株产量的复相关系数 $R=0.718$, 决定系数 $R^2=0.516$, 说

表 2 藜麦单株产量和 7 个农艺性状的多元线性回归方程的方差分析
Table 2 Analysis of variance of multivariate linear regression equation for yield per plant and 7 agronomic traits in quinoa

模型 Model	平方和 SS	df	均方 MS	F	Sig.
1 回归 Regression	48 401.791	7	6 914.542	12.466	0.000
残差 Residual error	45 481.365	82	554.651		
总计 Total	93 883.156	89			

表 4 藜麦单株产量和 7 个农艺性状的多元线性回归分析系数
Table 4 Coefficient of multivariate linear regression analysis for yield per plant and 7 agronomic traits in quinoa

模型 Model	非标准化系数 Non-standardized coefficient		标准系数 Standard coefficient	t	Sig.
	B	标准误差 Standard error			
1 常量 Constant	0.126	153.087	—	0.001	0.999
生育期 Growth period (X_1)	-1.172	1.409	-0.071	-0.832	0.408
株高 Plant height (X_2)	1.339	0.236	0.727	5.681	0.000
茎粗 Stem diameter (X_3)	3.373	1.413	0.217	2.388	0.019
主茎分枝数 Main stem branching number (X_4)	-0.706	0.931	-0.086	-0.758	0.451
主花序长 Main inflorescence length (X_5)	-0.644	0.515	-0.112	-1.250	0.215
主花序分枝数 Main inflorescence branching number (X_6)	-0.739	1.147	-0.060	-0.644	0.521
千粒重 1000-grain weight (X_7)	9.262	8.313	0.093	1.114	0.268

剔除不显著性状, 建立最优回归方程。

2.2.2 藜麦单株产量与农艺性状的多元线性逐步回归分析 剔除不显著性状后的多元线性逐步回归结果(表 5)表明, 株高、茎粗与藜麦单株产量的复相关系数 $R=0.694$, 决定系数 $R^2=0.482$, 说明株高和茎粗 2 个性状可以解释 48.20% 藜麦单株产量的变异。

根据表 6 的回归系数建立最优回归方程 $Y=-102.340+1.040X_2+3.257X_3$ 。该方程表明, 7 个农艺性状中, 仅有株高和茎粗对藜麦单株产量有直接显著影响, 其他 5 个性状对单株产量的直接影响不显著。最优回归方程表明, 在 10 个藜麦材

明这 7 个农艺性状可以解释藜麦单株产量 51.60% 的变异, 剩下藜麦单株产量 48.40% 的变异不能由这 7 个农艺性状解释, 可见影响藜麦单株产量的农艺性状不止这 7 个。

表 3 藜麦单株产量和 7 个农艺性状的多元线性回归模型概述输出结果
Table 3 Summary of output results of multivariate linear regression models for yield per plant and 7 agronomic traits in quinoa

模型 Model	R	R^2	调整 R^2 Adjust R^2	标准估计的误差 Standard estimate error
1	0.718 ^a	0.516	0.474	23.551

注: ^a 预测变量包括常量、生育期、株高、茎粗、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数、千粒重
Note: ^a Predictors including constant, growth period, plant height, stem diameter, main stem branching number, main inflorescence length, main inflorescence branching number, 1000-grain weight

根据表 4 的回归系数建立多元线性回归方程 $Y=0.126-1.172X_1+1.339X_2+3.373X_3-0.706X_4-0.644X_5-0.739X_6+9.262X_7$ 。各回归系数显著性检验结果(表 4)表明, 仅有株高和茎粗的回归系数达显著水平 ($P<0.05$), 应进一步进行多元线性逐步回归分析,

表 5 藜麦单株产量和 7 个农艺性状的多元线性逐步回归模型概述输出结果
Table 5 Summary of output results of multivariate linear stepwise regression models for yield per plant and 7 agronomic traits in quinoa

模型 Model	R	R^2	调整 R^2 Adjust R^2	标准估计的误差 Standard estimate error
1	0.670 ^a	0.449	0.443	24.243
2	0.694 ^b	0.482	0.470	23.643

注: ^a 预测变量包括常量、株高; ^b 预测变量包括常量、株高、茎粗
Note: ^a Predictors including constant, plant height; ^b Predictors including constant, plant height, stem diameter

料的茎粗和株高测定值范围内, 若茎粗保持不变的情况下, 株高每增加 1cm, 藜麦单株产量增加 1.040g; 若株高保持不变的情况下, 茎粗每增加

表 6 藜麦单株产量和 7 个农艺性状的多元线性逐步回归分析系数

Table 6 Multiple linear stepwise regression analysis coefficient for yield per plant and 7 agronomic traits in quinoa

模型 Model	非标准化系数 Non-standardized coefficient		标准系数 Standard coefficient	<i>t</i>	Sig.
	B	标准误差 Standard error			
1 常量 Constant	-76.082	17.923	-	-4.245	0.000
株高 Plant height (<i>X</i> ₂)	1.234	0.146	0.670	8.470	0.000
2 常量 Constant	-102.340	20.748	-	-4.933	0.000
株高 Plant height (<i>X</i> ₂)	1.040	0.164	0.565	6.328	0.000
茎粗 Stem diameter (<i>X</i> ₃)	3.257	1.386	0.210	2.349	0.021

1mm，藜麦单株产量增加 3.257g。

性状。千粒重对单株产量的直接通径系数为 0.093，说明千粒重增大，藜麦单株产量增加。

2.3 藜麦单株产量的通径分析

为明确藜麦 7 个农艺性状对单株产量的具体作用，参照宋小园等^[16]方法进行通径分析，计算出各性状的间接通径系数，整理后得到表 7。

直接通径系数越大，对因变量（单株产量）的直接影响越大。结果（表 7）表明，株高的直接通径系数（0.727）最大，其次是茎粗（0.217），说明株高、茎粗是直接影响藜麦单株产量的重要

从间接通径系数可知，株高通过茎粗的间接通径系数（0.109）较大，说明株高通过茎粗对藜麦单株产量产生较大影响。主茎分枝数、主花序分枝数、茎粗、主花序长通过株高的间接通径系数较大，分别为 0.521、0.386、0.366、0.352，说明这 4 个性状通过株高对藜麦单株产量产生较大影响。

表 7 藜麦单株产量的通径分析

Table 7 Path analysis of yield per plant in quinoa

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient							合计 Total
			<i>X</i> ₁ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₂ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₃ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₄ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₅ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₆ → <i>Y</i>	<i>X</i> ₇ → <i>Y</i>	
生育期 (<i>X</i> ₁) Growth period	-0.018	-0.071	-	0.105	-0.013	-0.010	0.006	-0.003	-0.032	0.053
株高 (<i>X</i> ₂) Plant height	0.670	0.727	-0.010	-	0.109	-0.062	-0.054	-0.032	-0.008	-0.057
茎粗 (<i>X</i> ₃) Stem diameter	0.493	0.217	0.004	0.366	-	-0.037	-0.034	-0.019	-0.003	0.277
主茎分枝数 (<i>X</i> ₄) Main stem branching number	0.451	-0.086	-0.008	0.521	0.092	-	-0.040	-0.029	0.001	0.537
主花序长 (<i>X</i> ₅) Main inflorescence length	0.250	-0.112	0.004	0.352	0.067	-0.031	-	-0.019	-0.010	0.363
主花序分枝数 (<i>X</i> ₆) Main inflorescence branching number	0.314	-0.060	-0.004	0.386	0.069	-0.042	-0.036	-	0.001	0.374
千粒重 (<i>X</i> ₇) 1000-grain weight	0.059	0.093	0.024	-0.063	-0.007	-0.001	0.013	0.001	-	-0.033

通径分析的结果进一步印证了株高和茎粗是直接影响藜麦单株产量的重要性状，主茎分枝数、主花序分枝数、主花序长通过株高对藜麦单株产量产生较大影响。

3 讨论

本研究结果表明，株高和茎粗是直接影响藜麦单株产量的主要性状。Bhargava 等^[11-12]和 Bertero 等^[13]发现，增加藜麦茎粗和株高能够显著提高产量。王官等^[17]认为，山西晋中地区影响绿豆单株产量的主要性状为单株荚数和株高。王鹏等^[18]认为适当增加株高、叶数、茎粗可以提高向日葵产量。郑本川等^[19]认为，株高是影响甘白远

缘杂交材料单株产量最主要的因素。本研究结果与上述研究结果基本一致。本研究开展于 2017 年，当年试验地雨水多，参试藜麦为中秆品系，植株长势较旺盛。庞春花等^[20]发现，充足水分促进藜麦根系、茎和叶的生长，光合作用增强，有机物积累多，单株粒重增大。分析高秆、粗茎可显著提高藜麦单株产量的原因，可能为高秆、粗茎的植株枝叶繁茂，光合作用强，生物量高，积累的干物质多，子粒产量高。本研究中千粒重对单株产量直接通径系数（0.093）为正，说明千粒重增大也可直接引起藜麦单株产量增加。Bertero 等^[13]发现，对藜麦高产和大粒两个性状可以同时进行选择。因此，可将高秆、粗茎、大粒作为高产藜

麦育种的方向。

本研究中,多元线性回归分析中得到的各性状直接通径系数与偏相关系数数值的显著性、符号和排序基本一致,说明偏相关系数和直接通径系数具有相似的性质。本研究发现,主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数对藜麦单株产量直接通径系数小,且为负值,说明这3种性状值的增加会直接导致藜麦单株产量降低,分析其原因,可能为主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数越多,需要的生物量越多,导致收获指数减小,单株产量降低。但它们通过株高对藜麦单株产量的间接通径系数较大,且为正值,所以藜麦高产育种时,应重点关注株高和粗茎。本研究中多元线性回归分析结果显示,10个藜麦材料的7个农艺性状(生育期、株高、茎粗、主茎分枝数、主花序长、主花序分枝数、千粒重)可以解释51.60%的藜麦单株产量变异,其中株高和茎粗可以解释48.20%的藜麦单株产量变异,还有剩余的48.40%的变异不能由本研究中的7个农艺性状解释。说明还存在其他影响藜麦单株产量的性状。Bhargava等^[11-12]发现,藜麦单株产量与主花序直径、叶面积、单株干物质质量呈显著正相关。黄杰等^[10]发现藜麦单株产量与冠幅(花序直径)呈显著正相关。马伟宝等^[21]发现单株根鲜重是影响银柴胡单株种子产量的重要因素。后续应选择主花序直径、叶面积、根鲜重等更多的农艺性状进一步分析研究其对藜麦单株产量的影响。

藜麦在云南昆明地区反季(秋冬季播种)试种的成功^[22-23]表明藜麦适宜在云南昆明地区反季种植,本试验仅研究了云南昆明地区正季(春秋两季播种)种植藜麦的农艺性状对其单株产量的影响,有关反季种植藜麦影响其产量的性状有待后续研究。影响藜麦产量的因素众多^[24],且不同的供试材料、栽培措施、生态环境可能会导致研究结果不同,后续应继续开展针对供试材料、栽培措施、生态环境等不同条件下影响藜麦单株产量的主要性状的相关研究,以期为藜麦的高产育种提供更全面的参考依据。

4 结论

在云南昆明地区,藜麦株高和茎粗的增加可以显著提高其单株产量。结合大粒藜麦在市场广受欢迎,

建议在云南昆明及周边地区进行藜麦高产育种时,在适宜的种植密度下,可适当增加株高和茎粗,兼顾大粒,提高单株产量,进而提高藜麦产量。

参考文献

- [1]阿图尔·博汗格瓦,希尔皮·斯利瓦斯塔瓦.藜麦生产与应用.任贵兴,叶全宝,译.北京:科学出版社,2014.
- [2]K.墨菲,J.马坦吉翰.藜麦研究进展和可持续生产.任贵兴,赵刚,译.北京:科学出版社,2018.
- [3]崔宏亮,刑宝,姚庆,等.新疆伊犁河谷藜麦产业发展的SWOT分析.作物杂志,2019(1):32-37.
- [4]胡一波,杨修仕,陆平,等.中国北部藜麦品质性状的多样性和相关性分析.作物学报,2017,43(3):464-470.
- [5]魏爱春,杨修仕,么杨,等.藜麦营养成分及生物活性研究进展.食品科学,2015,36(15):272-276.
- [6]彭识,李朝凤,王灿星,等.丽江优质藜麦栽培技术.中国农技推广,2018,34(12):44-45.
- [7]余菊,郑宏刚,文杰,等.云南省不同海拔梯度耕地自然质量等特征分析.水土保持研究,2014,21(4):224-228.
- [8]宋娇,姚有华,刘洋,等.6个藜麦品种(系)农艺性状的主成分分析.青海大学学报,2017,35(6):6-10.
- [9]王艳青,李春花,卢文洁,等.135份国外藜麦种质主要农艺性状的遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2018,19(5):887-894.
- [10]黄杰,刘文瑜,吕玮,等.38份藜麦种质资源农艺性状与产量的关系分析.甘肃农业科技,2018(12):72-75.
- [11]Bhargava A, Shukla S, Ohri D. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research, 2007, 101(1): 104-116.
- [12]Bhargava A, Shukla S, Rajan S, et al. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution, 2007, 54(1): 167-173.
- [13]Bertero H D, Ruiz R A. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. European Journal Agronomy, 2008, 28(3): 186-194.
- [14]陈庆富.生物统计学.北京:高等教育出版社,2011.
- [15]杜家菊,陈志伟.使用SPSS线性回归实现通径分析的方法.生物学通报,2010,45(2):4-6.
- [16]宋小园,朱仲元,刘艳伟,等.通径分析在SPSS逐步线性回归中的实现.干旱区研究,2016,33(1):108-113.
- [17]王官,刘璋,薛丁丁,等.绿豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析.中国农学通报,2019,35(8):12-16.
- [18]王鹏,陈寅初,李万云,等.抗列当向日葵品种(系)植物学性状对产量预测模型的影响.作物杂志,2016(1):38-45.
- [19]郑本川,李浩杰,崔成,等.甘白远缘杂交新材料单株产量与农艺性状的相关性分析.中国农学通报,2019,35(9):22-27.
- [20]庞春花,张紫薇,张永清.水磷耦合对藜麦根系生长、生物量积累及产量的影响.中国农业科学,2017,50(21):4107-4117.
- [21]马伟宝,彭励,李海洋,等.银柴胡单株种子产量与农艺性状的相关及通径分析.中国现代中药,2017,19(11):1612-1614,1630.
- [22]代梦媛,李文昌,高梅,等.藜麦品种冬春季试种初报.云南农业,2017(10):50-52.
- [23]东川反季藜麦试种成功.农村百事通,2019(12):26.
- [24]任永峰,梅丽,杨亚东,等.播期对藜麦农艺性状及产量的影响.中国生态农业学报,2018,26(5):643-656.

Correlation and Path Analysis of the Main Agronomic Traits and Yield per Plant of Quinoa

Wang Yanqing¹, Li Yongjun¹, Li Chunhua¹, Lu Wenjie¹,
Sun Daowang¹, Yin Guifang¹, Hong Bo², Wang Lihua¹

(¹Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yunnan Provincial Key Laboratory of Agricultural Biotechnology/Key Laboratory of Southwestern Crop Gene Resources and Germplasm Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Kunming 650205, Yunnan, China;
²Baoyun Station for Popularizing Agricultural Technique, Huize 654200, Yunnan, China)

Abstract Using correlation, multiple linear regression and path analysis, seven main agronomic traits including growth period, plant height, stem diameter, main stem branching number, main inflorescence length, main inflorescence branching number and 1000-grain weight, were analyzed with yield per plant in 10 new quinoa (*chenopodium quinoa*) strains. The results showed that plant height, stem diameter and yield per plant were significantly positive and partial correlation. The seven agronomic traits could explain 51.60% variation of the yield per plant. The plant height (X_2) and stem diameter (X_3) of quinoa could explain 48.20% variation of the yield per plant (Y). The optimal regression equation was $Y = -102.340 + 1.040X_2 + 3.257X_3$. The yield per plant was directly affected more by the plant height and stem diameter of quinoa. Therefore, on the basis of suitable planting density, proper increase in stem diameter and plant height can help the selection of high yield quinoa in Kunming and surrounding areas.

Key words Quinoa; Yield per plant; Agronomic trait; Correlation analysis; Path analysis