

刘俊娜, 孔治有, 张平, 等. 不同播期藜麦主要营养及抗氧化成分分析[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(5): 1082-1087.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2020.05.002

## 不同播期藜麦主要营养及抗氧化成分分析

刘俊娜<sup>1</sup>, 孔治有<sup>2</sup>, 张平<sup>1</sup>, 王倩朝<sup>1</sup>, 环秀菊<sup>1</sup>, 刘永江<sup>1</sup>, 李莉<sup>1</sup>, 覃鹏<sup>1</sup>

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 保山学院资源与环境学院, 云南 保山 678000)

**摘要:** 以滇藜 1 号(红藜)和滇藜 2 号(白藜)2 个藜麦品种为材料, 于 2018 年 4 月 1 日、4 月 15 日、5 月 1 日、5 月 15 日、6 月 1 日、6 月 15 日、7 月 1 日和 7 月 15 日在云南省丽江市分 8 期进行播种, 收获后测定其主要营养成分总氨基酸、可溶性蛋白质、可溶性糖和皂苷含量以及藜麦抗氧化成分类黄酮、维生素 E、抗坏血酸( $V_C$ )和花青素含量, 研究不同播期对藜麦主要营养成分和抗氧化成分含量的影响。结果显示, 红藜的营养品质和保健功能均优于白藜, 且红藜的主要营养成分和抗氧化成分含量较高; 播期对藜麦营养品质和抗氧化成分有较大影响, 藜麦成熟期温度逐渐降低, 氨基酸含量降低, 可溶性蛋白质、类黄酮、维生素 E、皂苷和花青素含量增加。适宜的播期能有效改善藜麦的品质性状, 以 6 月中旬至 7 月上旬为最适播期。

**关键词:** 藜麦; 播期; 营养品质; 抗氧化成分

**中图分类号:** S512.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2020)05-1082-06

## Analysis on main nutrients and antioxidant components of quinoa at different sowing dates

LIU Jun-na<sup>1</sup>, KONG Zhi-you<sup>2</sup>, ZHANG Ping<sup>1</sup>, WANG Qian-chao<sup>1</sup>, HUAN Xiu-ju<sup>1</sup>, LIU Yong-jiang<sup>1</sup>, LI Li<sup>1</sup>, QIN Peng<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. College of Resources and Environment, Baoshan University, Baoshan 678000, China)

**Abstract:** The effects of different sowing dates on the contents of main nutritional components and antioxidant components of quinoa were studied by using two quinoa varieties of Dianli 1 (red quinoa) and Dianli 2 (white quinoa) as material. The seeds were sown in eight stages of Lijiang City, Yunnan province on April 1, April 15, May 1, May 15, June 1, June 15, July 1 and July 15, 2018. The total amino acid content, soluble protein content, soluble sugar content, saponin content of the main nutritional components and the quinoa antioxidant components including flavonoid content, vitamin E content, ascorbic acid ( $V_C$ ) content and anthocyanin content were studied after harvest. The results showed that the nutritional qualities and health care functions of red quinoa were better than that of white quinoa, and the contents of main nutrients and antioxidant components of red quinoa were higher than that of white quinoa. The sowing dates had a great impact on

the nutritional qualities and the antioxidant components of quinoa. While the temperature gradually reduced during the mature period of quinoa, the amino acid content decreased, the contents of soluble proteins, flavonoids, vitamin E, saponins and anthocyanins increased. Appropriate sowing date can effectively improve the quality traits, with mid-June to early July as the optimum sowing date.

**Key words:** quinoa; sowing date; nutritional quality; antioxidant components

收稿日期: 2020-02-23

基金项目: 云南省程顺和院士工作站项目(2019IC006); 昆明市科技计划项目(2019-1-N-25318000002317)

作者简介: 刘俊娜(1992-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事作物遗传育种与品质改良研究。(Tel) 18468299165; (E-mail) 562701080@qq.com

通讯作者: 孔治有, (E-mail) kongzhiyou@sina.com; 覃鹏, (E-mail) qinpeng77@163.com

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 是一种异源四倍体 ( $2n=4x=36$ ) 的一年生藜科自交双子叶草本作物<sup>[1-2]</sup>。原产于南美洲安第斯山脉,有 5 000~7 000 多年的食用和种植历史<sup>[2]</sup>,海拔 2 800~4 200 m 都有分布。藜麦的食用品种主要种植在安第斯山海拔 3 000 m 以上、降雨量大约为 300 mm 的高海拔山区<sup>[3]</sup>。藜麦的生长期一般为 90~220 d,生长周期与不同播种时间及当地气候环境条件有关<sup>[4-7]</sup>。藜麦适应环境的能力较强,对寒冷、干旱、贫瘠、盐碱条件具有较高抗性或耐性,是喜冷凉和高海拔的 C3 作物<sup>[3]</sup>。联合国粮农组织 (FAO) 研究认为藜麦是唯一能够满足人体所有基本营养需求的植物,被称作全营养作物,正式推荐藜麦为人类最适宜食用的“全营养食品”<sup>[1,8-9]</sup>。联合国大会为明确藜麦在提供粮食和营养安全方面的突出作用而宣布 2013 年 12 月 18 日为国际藜麦年,以实现千年发展目标<sup>[10]</sup>。

藜麦具有全面的营养价值和较强的生态适应性与稳定性。藜麦籽粒是营养丰富的蛋白质碱性食品<sup>[11]</sup>,种子含人体所有必需氨基酸<sup>[12]</sup>、矿物质和重要营养成分<sup>[13-16]</sup>。Reguera 等研究发现栽培地域对藜麦种子的氨基酸谱、蛋白质含量和矿物质组成有较大影响<sup>[12]</sup>。通过不同播期的生态适应性试验,发现红藜和白藜营养成分除受环境因素控制之外,种质表型和基因型也受其起源地环境的影响,具有高度的多样性<sup>[7,17]</sup>。不同种质资源的品质性状之间较大的变化。关于藜麦营养性状多样性和相关性的研究表明,产量、蛋白质含量和氨基酸组成之间具有显著的相关性。Miranda 等<sup>[18]</sup>发现智利不同气候类型地区种植的藜麦产量和籽粒组成明显不同。本研究通过调节播期分析温度和降水量对藜麦重要营养成分形成及抗氧化成分积累的影响,旨在了解藜麦适宜的播期范围及其适应性,为进一步研究不同播期温度对藜麦主要抗氧化成分含量的影响及改善藜麦营养品质和有效利用营养特性提供理论依据,为藜麦的利用和品质育种提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用滇藜 1 号 (红藜) 和滇藜 2 号 (白藜) 2 个品种为试验材料。

### 1.2 试验地概况

云南省丽江市月平均气温和降水量变化见图

1。2018 年 1 月份平均气温最低,为 6.7 °C,6 月份平均气温最高,为 18.2 °C,全年气候较冷,且昼夜温差很大。降水量在 1 月、12 月最低,仅为 3 mm,7 月份降水量最高,为 245 mm,表现为典型的雨季 (夏季、秋季) 和旱季 (春季、冬季)。在丽江藜麦通常在 6 月中旬至 7 月初播种。

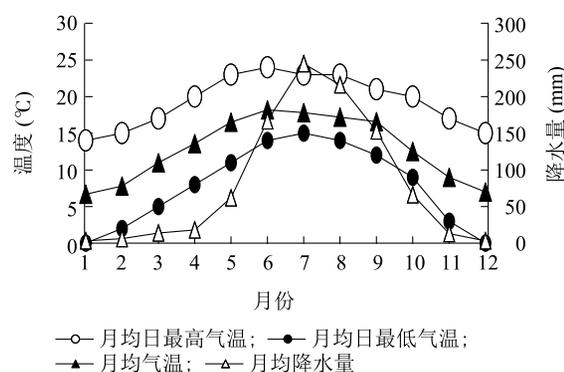


图 1 云南省丽江市月气温和降水量

Fig.1 Monthly air temperatures and precipitation in Lijiang City, Yunnan province

### 1.3 试验设计

在云南省丽江市玉龙县塔城乡 (海拔 2 800 m) 设置 8 个不同播期 (4 月 1 日、4 月 15 日、5 月 1 日、5 月 15 日、6 月 1 日、6 月 15 日、7 月 1 日、7 月 15 日) 试验,进行同一地域适应性观察。试验采用随机区组排列,3 次重复,行距 80 cm,株距 60 cm。该地区土壤类型为红壤,质地为壤土,土壤肥力中等。进行正常田间水肥管理,施基肥 (有机肥 15 t/hm<sup>2</sup>,复合肥 0.75 t/hm<sup>2</sup>)。记录生育期,在成熟期测定株高、千粒质量、单株产量。

### 1.4 试验方法

主要营养成分 (包括总氨基酸、可溶性蛋白质、可溶性糖及皂苷) 的含量和抗氧化成分 [包括类黄酮、维生素 E、抗坏血酸 (V<sub>C</sub>) 及花青素] 的含量均采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定。

### 1.5 统计分析

每个样品 3 次重复,用 SAS 9.0 软件对所有数据进行方差分析 (LSD 法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 播期对藜麦籽粒主要营养成分含量的影响

藜麦主要营养成分总氨基酸含量、可溶性蛋白质含量和可溶性糖含量在红藜和白藜 2 个品种和不同播期处理间均表现出显著差异 (表 1),表明不同

品种和不同播期影响其营养成分含量。皂苷含量在品种间表现差异极显著,在不同播期间表现差异不显著,表明不同品种皂苷含量明显不同。在品种和播期的综合作用下,总氨基酸含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量和皂苷含量也表现出显著差异。

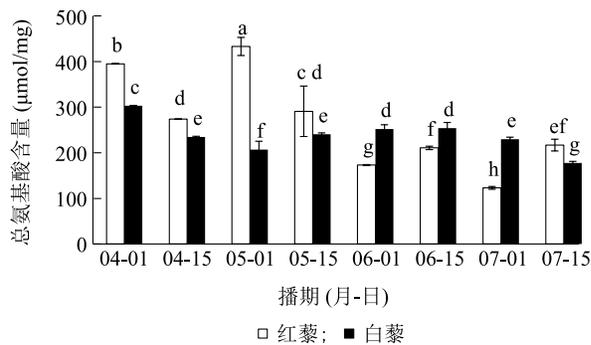
表1 藜麦几种重要营养素的方差分析(*F*值)

Table 1 Variance analysis of some important nutrients in quinoa (*F* value)

变异来源	自由度	总氨基酸含量	可溶性蛋白质含量	可溶性糖含量	皂苷含量
品种	1	16.78*	52.76*	358.30*	46.413**
播期	7	315.40*	63 218.50*	84.75*	1.287
品种×播期	7	12.29*	3 383.70*	21.62*	6.246*

\*表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

2.1.1 播期对藜麦总氨基酸含量的影响 总氨基酸含量随播期的延迟呈现下降趋势(图2)。除播期为6月、7月上旬的白藜总氨基酸含量高于红藜外,其他播期的红藜总氨基酸含量均高于白藜。播期4月1日的白藜总氨基酸含量最高为303.02  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ,比播期7月15日的白藜总氨基酸含量高125.3  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ 。播期5月1日的红藜总氨基酸含量最高为432.88  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ,比播期7月1日红藜总氨基酸含量高309  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ 。且白藜总氨基酸含量和红藜总氨基酸含量在5月1日差异为225.94  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ 。



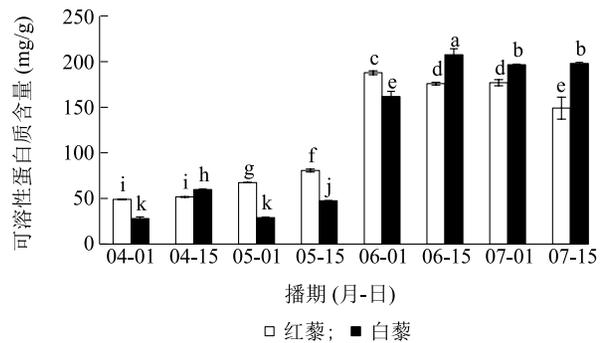
不同小写字母表示差异显著。

图2 播期对藜麦总氨基酸含量的影响

Fig.2 Effect of sowing date on the content of total amino acids in quinoa

2.1.2 播期对藜麦可溶性蛋白质含量的影响 可溶性蛋白质含量随播期的延迟而迅速增加,然后基本持平(图3)。播期在4月1日至5月5日,红藜可溶性蛋白质含量显著高于白藜,而播期在6月15日以后

红藜蛋白质含量显著低于白藜。播期4月1日的红藜可溶性蛋白质含量最低,为49.0  $\text{mg}/\text{g}$ ,播期6月1日的红藜可溶性蛋白质含量最高,为176.9  $\text{mg}/\text{g}$ 。播期4月1日的白藜可溶性蛋白质含量最低,为28.0  $\text{mg}/\text{g}$ ,播期6月15日的白藜可溶性蛋白质含量最高,为194.8  $\text{mg}/\text{g}$ 。对于藜麦来说,不同播期使藜麦的可溶性蛋白质含量变化起伏相对较大,播期为6月、7月的藜麦可溶性蛋白质含量相对稳定。

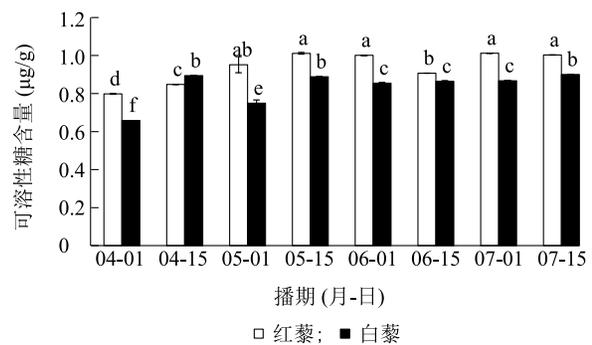


不同小写字母表示差异显著。

图3 播期对藜麦可溶性蛋白质含量的影响

Fig.3 Effect of sowing date on the content of soluble proteins in quinoa

2.1.3 播期对藜麦可溶性糖含量的影响 红藜可溶性糖含量最高为0.192  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,白藜最高为0.168  $\mu\text{g}/\text{g}$ 。可溶性糖含量随播期变化不大,除4月15日播期外,各播期红藜的可溶性糖含量均高于白藜(图4)。



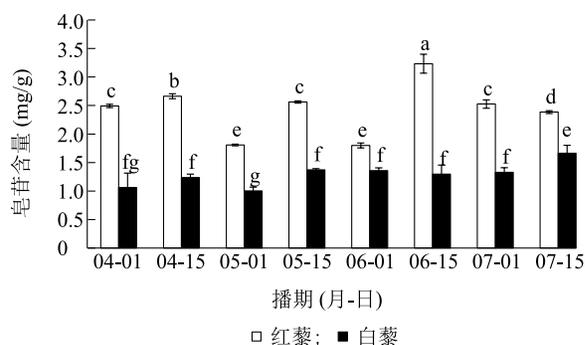
不同小写字母表示差异显著。

图4 播期对藜麦可溶性糖含量的影响

Fig.4 Effect of sowing date on the content of soluble sugars in quinoa

2.1.4 播期对藜麦皂苷含量的影响 红藜皂苷含量显著高于白藜,播期6月15日的红藜皂苷含量最高为3.232  $\text{mg}/\text{g}$ ,比播期5月1日的红藜皂苷含量高1.424  $\text{mg}/\text{g}$ 。对于白藜来说,播期7月15日的皂苷

含量最高为 1.664 mg/g,随播期的延迟皂苷含量变化幅度不大(图 5)。



不同小写字母表示差异显著。

图 5 播期对藜麦皂苷含量的影响

Fig.5 Effect of sowing date on the content of saponins in quinoa

## 2.2 播期对藜麦抗氧化成分含量的影响

藜麦抗氧化成分包括藜麦类黄酮、维生素 E、抗坏血酸( $V_c$ )和花青素。类黄酮含量、维生素 E 含量和抗坏血酸( $V_c$ )含量在红藜和白藜 2 个不同品种间、不同播期间以及品种和播期综合作用下均表现出显著差异(表 2)。而花青素含量在品种间和品种与播期综合作用下均表现出极显著差异,可见品种不同皂苷含量明显不同。

表 2 藜麦几种抗氧化剂成分的分方差分析( $F$  值)

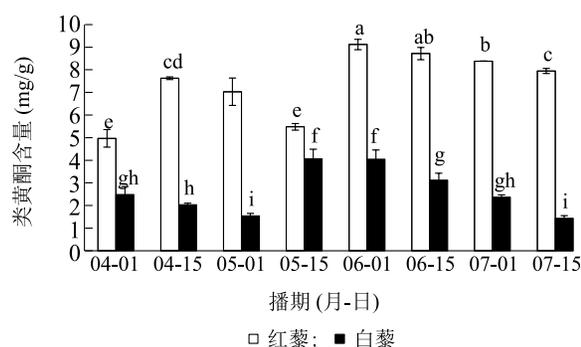
Table 2 Variance analysis of some antioxidant components in quinoa ( $F$  value)

变异来源	自由度	类黄酮含量	维生素 E 含量	抗坏血酸( $V_c$ )含量	花青素含量
品种	1	561.90*	128.20*	9.09*	349.07**
播期	7	10.22*	490.30*	34.04*	3.25
品种×播期	7	10.14*	21.10*	25.03*	26.38**

\*表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

2.2.1 播期对藜麦类黄酮含量的影响 随着播期的延迟,红藜类黄酮含量呈跳跃式变化趋势,播期 4 月 1 日至 5 月 15 日的呈先上升后下降趋势,播期 6 月 1 日以后的先上升后呈下降趋势;白藜类黄酮含量播期 4 月 1 日至 5 月 1 日的呈下降趋势,播期 5 月 15 日以后的先急剧上升后下降(图 6)。各播期红藜类黄酮含量均显著高于白藜。红藜播期在 6 月、7 月的类黄酮含量均较高,播期 6 月 1 日的红藜类黄酮含量最高,为 9.12 mg/g。

2.2.2 播期对藜麦维生素 E 含量的影响 随着播期的延迟,红藜和白藜维生素 E 含量均呈现先缓慢下降

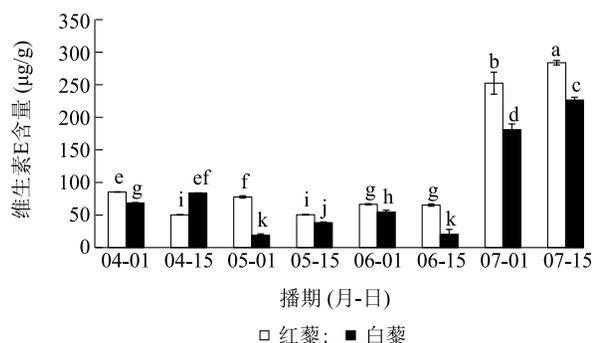


不同小写字母表示差异显著。

图 6 播期对藜麦类黄酮含量的影响

Fig.6 Effect of sowing date on the content of flavonoids in quinoa

后急剧上升趋势,播期 7 月 15 日的均达到最大值,红藜维生素 E 含量为 283.8  $\mu\text{g/g}$ ,白藜维生素 E 含量为 226.2  $\mu\text{g/g}$ 。播期 4 月 15 日的红藜维生素 E 含量最低,为 50.4  $\mu\text{g/g}$ ,播期 5 月 1 日的白藜维生素 E 含量最低,为 19.3  $\mu\text{g/g}$ 。除播期 4 月 15 日外,各播期红藜维生素 E 含量均显著高于白藜(图 7)。



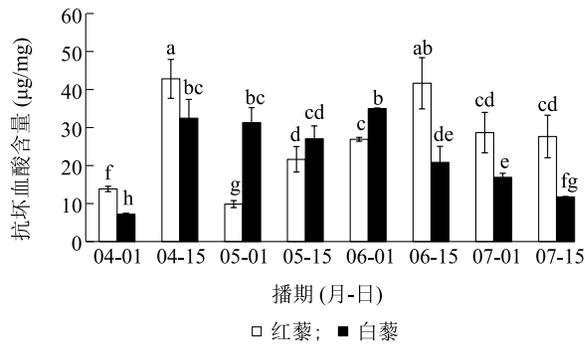
不同小写字母表示差异显著。

图 7 播期对藜麦维生素 E 含量的影响

Fig.7 Effect of sowing date on the content of vitamin E in quinoa

2.2.3 播期对藜麦抗坏血酸( $V_c$ )含量的影响 不同播期藜麦的抗坏血酸( $V_c$ )含量变化较大,其中红藜呈先升高后急剧降低然后上升后再缓慢下降的趋势,然而白藜呈先上升后下降的趋势。播期 6 月 15 日的红藜抗坏血酸含量最高,为 41.64  $\mu\text{g/g}$ ,播期 5 月 1 日的红藜抗坏血酸含量最低,为 9.84  $\mu\text{g/g}$ 。播期 6 月 1 日的白藜抗坏血酸含量最高,为 34.96  $\mu\text{g/g}$ ,播期 4 月 1 日的白藜抗坏血酸最低,为 7.19  $\mu\text{g/g}$ (图 8)。

2.2.4 播期对藜麦花青素含量的影响 红藜的花青素含量显著高于白藜。播期 6 月 15 日的红藜花青素含量最高,为 23.13 nmol/g。红藜花青素含量随播期的延迟先逐渐增加,然后缓慢下降(图 9)。



不同小写字母表示差异显著。

图8 播期对藜麦抗坏血酸(V<sub>C</sub>)含量的影响

Fig.8 Effect of sowing date on the content of ascorbic acid (V<sub>C</sub>) in quinoa

白藜花青素含量随播期的延迟略微增高,最高为5.4 nmol/g。

### 2.3 不同播期藜麦主要营养成分与抗氧化成分之间的相关性

播期与总氨基酸含量、可溶性蛋白质含量、维生素

表3 不同播期藜麦主要营养成分与抗氧化成分之间的相关性分析

Table 3 Correlation analysis between main nutrients and antioxidants of quinoa at different sowing dates

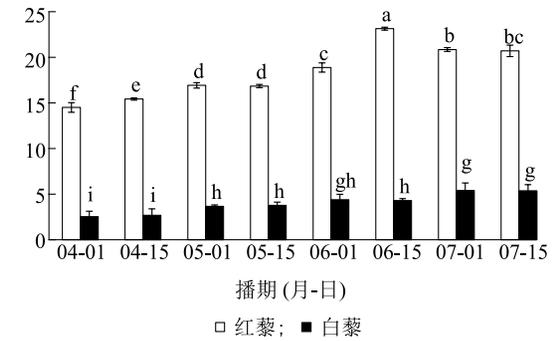
项目	品种	播期	总氨基酸含量	可溶性蛋白质含量	可溶性糖含量	皂苷含量	类黄酮含量	维生素E含量	抗坏血酸含量
总氨基酸含量	-0.18	-0.64**							
可溶性蛋白质含量	-0.01	0.87**	-0.55*						
可溶性糖含量	-0.56*	0.57*	-0.29	0.48					
皂苷含量	-0.86**	0.16	0.01	0.14	0.49*				
类黄酮含量	-0.89**	0.17	-0.05	0.20	0.62**	0.77**			
维生素E含量	-0.18	0.66**	-0.40	0.46	0.42	0.23	0.17		
抗坏血酸含量	-0.18	0.07	-0.45	0.06	0.20	0.36	0.38	-0.18	
花青素含量	-0.96**	0.23	-0.02	0.21	0.65**	0.88**	0.93**	0.31	0.25

\*表示显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示极显著( $P < 0.01$ )。

## 3 讨论

藜麦具有极高的营养价值和经济价值,它是一种富含蛋白质、氨基酸、维生素和类黄酮等多种化合物的种子作物,对人类具有潜在益处<sup>[19-23]</sup>。本研究在云南省丽江市高海拔(2 800 m)地区,采用不同播期种植,探索藜麦在该地区种植的可行性和适宜的播期。藜麦穗发芽非常严重,成熟后若未及时收获而发生降雨会立即发芽。本研究发现在丽江市适宜的播期能有效地改善品质性状,以6月中旬至7月上旬为最适播期,前期相对较高的温度和较大降水量可保证藜麦较好处地进行营养生长,而后期较大

的昼夜温差及极少的降水有利于藜麦灌浆期间干物质积累。此外,本研究发现藜麦主要功能成分中类黄酮、总氨基酸、抗坏血酸、可溶性蛋白质、维生素E及皂苷含量受播期的影响较大,说明生育期的气温和降水对藜麦营养品质有较大影响。红藜的产量和类黄酮类、可溶性糖、维生素E、抗坏血酸、可溶性蛋白质、皂苷和花青素等重要成分含量较高,仅总氨基酸含量略低,表明红藜的营养品质和保健功能均优于白藜;在早播和灌浆-成熟期高温条件下红藜的可溶性蛋白质含量也高于白藜,但在灌浆-成熟期较低温度条件下,白藜的可溶性蛋白质含量相对略高。



不同小写字母表示差异显著。

图9 播期对藜麦花青素含量的影响

Fig.9 Effect of sowing date on the content of anthocyanins in quinoa

品种间籽粒蛋白质含量和氨基酸组成有明显差

异,主要氨基酸组成受环境和气候因素的影响大于籽粒产量和蛋白质水平<sup>[3]</sup>。低温会导致拟南芥中类黄酮积累的增加,因为类黄酮生物合成受到各种调节因子的光照调节<sup>[24]</sup>。在本研究中,随着温度逐渐降低,氨基酸含量逐渐降低,表明适当高温和降水有利于氨基酸的生物合成;但可溶性蛋白质、可溶性糖、类黄酮、维生素 E、皂苷和花青素含量增加,表明低温有利于这几种成分的合成和积累;温度对抗坏血酸含量的影响不大。这些结果表明,温度对藜麦的生长发育具有重要影响,适当的播期可有效提高藜麦的产量并改善藜麦的品质特性,有利于藜麦中重要物质的合成和积累。

### 参考文献:

- [1] ESCUREDO O, MARTIN M I G, MONCADA G W, et al. Amino acid profile of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques[J]. *Journal of Cereal Science*, 2014, 60: 67.
- [2] VEGA-GDLVEZ A, MIRANDA M, VERGARA J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(15): 2541-2547.
- [3] JACOBSEN S E. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Food Reviews International*, 2003, 19(1/2): 167-177.
- [4] 黄杰, 杨发荣. 藜麦在甘肃的研发现状及前景[J]. *甘肃农业科技*, 2015(1): 49-52.
- [5] 闫书耀, 路世斌. 高寒山区藜麦绿色配套栽培技术[J]. *农民致富之友*, 2015(10): 178.
- [6] 周萍萍, 赵军, 颜红海, 等. 播期、播种量与施肥量对裸燕麦籽粒产量及农艺性状的影响[J]. *草业科学*, 2015, 32(3): 433-441.
- [7] TÁRTARA S M C, BRAMARDI S J, BERTERO H D. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a reflection of landscape structure in Northwest Argentina[J]. *Conservation Genetics*, 2012, 13(4): 1027-1038.
- [8] FAO. Food and agriculture organization of the United States/World health organization/United Nations University, Energy and protein requirements[C]. FAO, WHO, UNU. Report of a joint FAO/WHO/UNU meeting. Geneva: World Health Organization, 1985.
- [9] REPO-CARRASCO R, ESPINOZA C, JACOBSEN S E. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) [J]. *Food Reviews International*, 2003, 19(1): 179-189.
- [10] 王晨静, 赵习武, 陆国权, 等. 藜麦特性及开发利用研究进展[J]. *浙江农林大学学报*, 2014, 31(2): 296-301.
- [11] BHARGAVA A, SRIVASTAVA S, BHARGAVA A, et al. Quinoa: botany, production and uses[J]. *Quinoa Botany Production & Uses*, 2013, 8: 168-184.
- [12] REGUERA M, CONESA C M, GIL-GÓMEZ A, et al. The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds[J]. *Peer J*, 2018, 6(2): e4442.
- [13] SERENA F, FRANCESCA P, FRANCESCO E, et al. Novel biologically active principles from spinach, goji and quinoa[J]. *Food Chemistry*, 2019, 276: 262.
- [14] LAMACCHIA C, CHILLO S, LAMPARELLI S, et al. Amaranth, quinoa and oat doughs: mechanical and rheological behavior, polymeric protein size distribution and extractability[J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 96: 97.
- [15] FUENTES F F, MARTINEZ E A, HINRICHSEN P V, et al. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers[J]. *Conservation Genetics*, 2009, 10: 369.
- [16] MURPHY K S, MATANGUIHAN J. Quinoa: Improvement and sustainable production[M]. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015.
- [17] CURTI R N, ANDRADE A J, BRAMARDI S, et al. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina[J]. *Annals of Applied Biology*, 2012, 160(2): 114-125.
- [18] MIRANDA M, VEGA-GÁLVEZ A, MARTÍNEZ E A, et al. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties[J]. *Chil J Agric Res*, 2013, 73: 108-116.
- [19] ABDERRAHIM F, HUANATICO E, SEGUR R, et al. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano[J]. *Food Chemistry*, 2015, 183: 83-90.
- [20] 华艳宏, 庞春花, 张永清, 等. 藜麦种子不同溶剂提取物及其抗氧化活性[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(20): 225-228.
- [21] 时丕彪, 耿安红, 李亚芳, 等. 江苏沿海地区 12 个藜麦品种田间综合评价及优良品种的耐渍性分析[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(15): 64-67.
- [22] ALOISI I, PARROTTA L, RUIZ K B, et al. New insight into quinoa seed quality under salinity: changes in proteomic and amino acid profiles, phenolic content, and antioxidant activity of protein extracts[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 656.
- [23] ABUGOCH J L E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties[J]. *Adv Food Nutr Res*, 2009, 58(9): 1-31.
- [24] CHITRA B, ASHUTOSH P, SUBHASH R G, et al. Low temperature enhanced flavonol synthesis requires light-associated regulatory components in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Plant and Cell Physiology*, 2018, 59(10): 2099-2112.

(责任编辑:张震林)