

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.03.003

秋播藜麦生长发育规律及观赏特性

蒋欣琪,戴红燕,周世宇,邱真超,殷慧,华劲松*

(西昌学院农业科学学院,四川 西昌 615013)

摘要:藜麦因其丰富的遗传多样性和广泛的适应性而被世界各地引进种植,为探讨藜麦秋季种植及将其作为观赏植物开发利用的可行性,试验选取了 Q1~Q13 共 13 个材料进行秋播,通过对各材料生育进程、性状表现和单株产量的观察测定,研究秋播藜麦的生长发育规律和观赏特性。结果表明:秋播藜麦生育期较长,或不能成熟,各生育阶段中,灌浆至成熟所需时间最长;秋播藜麦植株较矮,茎细、分枝少,穗较短,单株产量较低,不同材料之间差异较大;藜麦观赏性则主要体现在株型、穗型和叶片、茎秆、穗的颜色上,多数材料在显穗至成熟期观赏特征明显,不同材料叶色、茎色、穗色差异较大。试验初步筛选出 Q2、Q4 和 Q6 具有较好的综合性状,可进一步扩大田间试验,为丰富藜麦种植模式及发展生态旅游观光农业提供一些参考。

关键词:物候期;经济性状;观赏特性;藜麦;秋播

中图分类号:S519 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)03-0012-05

Study on the Growth and Ornamental Characteristics of Quinoa Sown in Autumn

JIANG Xinqi, DAI Hongyan, ZHOU Shiyu, QIU Zhenchao, YIN Hui, HUA Jinsong*

(School of Agricultural Sciences, Xichang University, Xichang, Sichuan 615013, China)

Abstract: Quinoa has been introduced to the whole world for its rich genetic diversity and strong adaptability. To explore the feasibility of growing quinoa in autumn and to develop it as an ornamental plant, 13 materials were selected for autumn sowing in this experiment. The growth and development patterns and ornamental characteristics of autumn-sown quinoa were studied through the fertility process, trait performance and single plant yield of each material. The results showed that autumn-sown quinoa had a long or immature fertility period. Among the fertility stages, quinoa took the longest time from filling to maturity. Autumn-sown quinoa plants were characterized with shorter heights, thin stems, fewer branches, shorter spikes, and lower yield per plant, with distinctions among different materials. The ornamental properties of quinoa are mainly embodied in the shapes of the plants and spikes and the colors of leaves, stalks and spikes. Most of the materials showed distinct ornamental characteristics during the period from the spike budding to maturity. Leaf, stem and spike colors varied greatly among the materials. The trial selected Q2, Q4 and Q6 with better performance, which can be further experimented in field trials. This study provides some references for enriching quinoa planting patterns and developing eco-tourism and touristic agriculture.

Keywords: phenological period; economic traits; ornamental traits; quinoa; autumn sowing

0 引言

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)为苋科藜属 1a 生作物,又称藜谷、南美藜、昆诺阿藜等,原产于南美洲安第斯山区,是厄瓜多尔、哥伦比亚、玻利维亚、秘鲁等国的重要粮食作物^[1],被认为是最适合人类食用的完美全营养食物^[2-3]。藜麦具有耐旱^[4]、耐寒^[5]、耐盐碱^[6,8]、耐瘠薄^[9]等特性,对不同

农业气候区具有较强适应性,其纬度及垂直分布范围较为广泛,从海平面到海拔 4 000 m 的地区均可种植^[10],在年降水量 50~2 000 mm、温度-8~38 ℃ 的条件下均可生长^[11-12],因此不同区域有着不同的藜麦种植模式。此外,不同藜麦品种的叶片、茎秆、籽粒等呈现出不同的色彩变化,是较为理想的景观作物。观赏价值高的藜麦不仅可以作为粮食作物,而且可以丰富园林绿化模式,促进休闲观光农业的

收稿日期:2021-08-17

基金项目:凉山州技术研究开发与推广应用项目(17YYJS0074);西昌学院大创科研项目(S201910628091)。

作者简介:蒋欣琪(1999—),女,四川德阳人,本科生,研究方向:农作物栽培与育种。*通信作者:华劲松(1970—),男,重庆丰都人,研究员,硕士,研究方向:农作物遗传育种及栽培技术。

发展。目前国内藜麦大多为春季播种,为了探讨藜麦秋冬种植的可行性,课题组对13个藜麦材料进行了秋季种植,研究其生长发育及主要性状表现,以期丰富藜麦种植模式和发展生态观光农业提供一些参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验材料13个,材料代号及编号分别为“西试1801”(Q1)、“D6-1”(Q2)、“YN1702”(Q3)、“西选17-6-1-7”(Q4)、“J1”(Q5)、“西选17-6-1-2”(Q6)、“西选17-4-1”(Q7)、“C2”(Q8)、“YW-6”(Q9)、“B3-6”(Q10)、“EL-1”(Q11)、“7-1-1-1”(Q12)、“西选17-4-2”(Q13),均由西昌学院高原及亚热带作物重点试验室提供。

1.2 试验地点及气候概况

试验设在西昌学院农学试验农场,试验地海拔1 550 m,属亚热带高原季风气候区,干湿季节分明,年均降水量1 013.1 mm,雨水主要集中在7~10月;年均气温17.0℃,昼夜温差较大,全年无霜期270 d以上,最低气温在12月上旬至翌年2月下旬,极端气温-3.8℃;全年日照时数2 431.4 h。

1.3 试验设计

试验于2020年10月1日播种于育苗盘中露天育苗,播种后30 d移栽入大田。试验不设重复,每个材料种植1个小区,小区面积4.5 m²(2.25 m×2 m),按照行距45 cm,株距20 cm进行移栽,每穴定苗1株。每个小区定点连续选取5株挂牌,在不同生育阶段进行性状观察记录。成熟后每个材料5点取样选取5株室内考种,测定植株主要经济性状和

单株产量。

1.4 测定项目及方法

物候期调查:参照任永峰等^[13]和Jacobsen^[14]的方法,将藜麦全生育期划分为播种期、出苗期、分枝期、显穗期、开花期、灌浆期、成熟期7个生育阶段,以75%植株达到该生育时期为标准,分别记载每种材料进入不同生育期的具体日期及持续时间。

主要经济性状及产量调查:包括株高、茎粗(离地面5 cm处茎的直径)、分枝数、主穗长度及单株产量,结果以“平均值±标准误”表示,利用SPSS19.0软件对数据进行差异统计学意义分析。

观赏性状调查:记录不同生育时期各材料的株型、穗型、茎色、叶色、穗色等表型性状,观察各材料观赏特征及观赏效果开始呈现的生育时期及持续时间,以此初步判断各藜麦材料的观赏价值。

2 结果与分析

2.1 物候期

各材料的物候期都不尽相同(表1),Q1在整个试验过程中未能开花结实,其余12个材料均能正常成熟,完成整个生育周期。除Q1外,其他各材料的全生育期为140~176 d,其中Q2最长,Q13最短,两者相差36 d。从生育进程来看,参照任永峰等^[13]的标准,将播种期至开花期定为营养生长阶段,将开花期至成熟期定为生殖生长阶段,则各材料的营养生长时间为61~85 d,生殖生长时间为78~97 d,生殖生长阶段长于营养生长阶段,Q11,Q12,Q13较其他材料更早进入开花期。从生育进程的情况来看,各材料均表现为灌浆至成熟期最长。

表1 各品种生育进程观察记载

材料	播种期 (月/日)	出苗期 (月/日)	分枝期 (月/日)	显穗期 (月/日)	开花期 (月/日)	灌浆期 (月/日)	成熟期 (月/日)	全生育期 /d
Q1	10/01	10/21(20 d)	11/30(40 d)	12/26(26 d)				
Q2	10/01	10/19(18 d)	11/26(38 d)	12/19(23 d)	01/21(33 d)	02/08(18 d)	03/25(46 d)	176
Q3	10/01	10/20(19 d)	11/23(34 d)	12/18(25 d)	01/20(33 d)	02/05(16 d)	03/23(47 d)	174
Q4	10/01	10/19(18 d)	11/22(35 d)	12/16(24 d)	01/18(33 d)	02/05(18 d)	03/22(46 d)	173
Q5	10/01	10/18(17 d)	11/23(36 d)	12/17(24 d)	01/17(31 d)	02/02(16 d)	03/17(44 d)	168
Q6	10/01	10/17(16 d)	11/13(27 d)	12/10(27 d)	01/05(26 d)	01/26(21 d)	03/10(44 d)	161
Q7	10/01	10/19(18 d)	11/22(34 d)	12/15(23 d)	01/13(29 d)	01/29(16 d)	03/09(40 d)	160
Q8	10/01	10/20(19 d)	11/20(31 d)	12/13(23 d)	01/14(32 d)	01/29(15 d)	03/08(39 d)	159
Q9	10/01	10/18(17 d)	11/20(33 d)	12/13(23 d)	01/11(29 d)	01/28(17 d)	03/07(39 d)	158
Q10	10/01	10/18(17 d)	11/14(27 d)	12/13(29 d)	01/09(27 d)	01/27(18 d)	03/07(40 d)	158
Q11	10/01	10/14(13 d)	11/06(23 d)	12/03(27 d)	12/30(27 d)	01/16(17 d)	02/20(35 d)	142
Q12	10/01	10/14(13 d)	11/06(23 d)	12/04(28 d)	12/29(25 d)	01/15(17 d)	02/20(36 d)	142
Q13	10/01	10/12(11 d)	11/05(24 d)	12/01(26 d)	12/26(25 d)	01/14(19 d)	02/18(35 d)	140

注:括号外数字为生育期时间(月/日),括号内数字为相邻生育时期间隔天数。

2.2 主要经济性状及单株产量

各材料主要经济性状及单株产量表现如表 2 所示。Q1 株高最高, Q2 最矮, 两者相差 65.1 cm, 与其余 11 个材料差异有统计学意义; 材料 Q1, Q4, Q5, Q8, Q9, Q10 与 Q2, Q6, Q7, Q11, Q12, Q13 的茎粗差异有统计学意义; 不同材料间的分枝数差异有统计学意义, 分枝最多的是 Q9, 达 21.67 个, 分枝最少的是 Q8, 仅为 7.67 个, Q2, Q3, Q5, Q6, Q7, Q9, Q10,

Q11 与 Q1, Q8, Q12, Q13 分枝数差异有统计学意义; 不同材料间的主穗长度差异有统计学意义, Q13 为参试材料中主穗长度最长的, Q3 最短, 两者相差 19.77 cm; 不同材料之间的单株产量同样存在着一定的差异, 其中材料 Q2, Q4, Q5, Q6 与 Q8, Q11 差异有统计学意义, Q10 与 Q3, Q7, Q8, Q9, Q11, Q12, Q13 差异有统计学意义。

表 2 各品种主要经济性状及单株产量表现

材料	株高/cm	茎粗/cm	分枝数/个	主穗长度/cm	单株产量/g
Q1	149.50±1.67a	1.43±0.09a	10.00±1.73d	—	—
Q2	84.40±1.70e	0.70±0.12c	20.00±1.73ab	25.20±1.21bcd	14.21±0.96ab
Q3	119.33±1.74b	1.20±0.06ab	18.67±2.33ab	12.53±1.73g	12.25±0.62bc
Q4	104.00±1.73cd	1.50±0.17a	16.00±1.73bc	26.47±1.24bc	13.47±0.16ab
Q5	97.47±2.74d	1.40±0.12a	16.67±1.20ab	21.10±1.24def	13.62±1.14ab
Q6	105.50±2.25cd	0.80±0.12c	20.00±1.15ab	28.07±1.27ab	14.25±0.44ab
Q7	112.00±1.91bc	0.67±0.03c	19.67±0.33ab	23.67±1.10cd	12.38±0.58bc
Q8	110.67±1.88bc	1.33±0.03a	7.67±1.45d	17.33±1.45f	10.26±1.05c
Q9	110.27±3.61bc	1.23±0.03a	21.67±2.03a	29.40±1.10ab	12.07±0.07bc
Q10	100.87±6.04d	1.50±0.10a	21.00±1.15ab	22.37±1.18cde	15.67±1.08a
Q11	103.37±1.17cd	0.80±0.17c	18.00±1.73ab	22.43±1.24cde	10.35±1.19c
Q12	110.43±1.39bc	0.83±0.03c	10.67±0.88d	18.80±0.61ef	11.53±0.57bc
Q13	104.10±1.82cd	0.87±0.12bc	11.33±0.88cd	32.30±1.24a	12.61±1.15bc

注: 同一列数据后不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 观赏特性

2.3.1 观赏性状

藜麦观赏性状主要表现在株型、穗型及叶片、茎秆、穗部的颜色上(表 3)。各材料株型均为紧凑型。穗型则主要分为总状、伞形及圆锥 3 大类型, Q3, Q4, Q5, Q6, Q10 为圆锥穗型, Q1, Q7, Q9, Q11, Q13 为总状穗型, Q2, Q8, Q12 为伞形穗型。各材料成熟时的叶色、茎色、穗色上有较大差异, 叶色主要表现为紫红色、黄色、红色 3 大类, 其中黄色占试验品种数量的 50% 以上; 成熟时茎秆颜色以黄白色居多, Q4 和 Q8 分别表现出明显的红黄相间条纹状色彩和浅红色条纹状色彩, Q2 和 Q9 则分别呈现出紫红色和紫色; 各材料的穗部色彩差异也很明显, Q6, Q7, Q11 为金黄色, Q2, Q8 为紫红色。

2.3.2 观赏性状动态变化

多数材料从显穗开始呈现出观赏特性, 在成熟前 30~60 d, 观赏特征呈现明显, 通过对 13 个材料观赏性状调查, Q5, Q8, Q10, Q11, Q12 在不同生育期间, 叶片和茎秆颜色无明显变化, 另外 8 个材料在叶色、茎色、穗色上有较大的动态变化, 表现出较为理想的观赏效果(表 4)。Q3, Q9 从开花期开始观赏

效果逐渐呈现; Q4, Q6, Q7, Q13 从灌浆期开始观赏效果逐渐呈现; 材料 Q2 虽生长周期长, 但从出苗期植株就开始呈现出较为雅观的景致, 观赏效果贯穿整个生长周期; Q1 虽未能开花结实, 但植株同样从出苗期开始就表现出较为理想的观赏效果。

表 3 各品种观赏性状表现

材料	穗型	株型	成熟叶色	成熟茎秆色	成熟穗色
Q1	总状	紧凑	—	—	—
Q2	伞形	紧凑	紫红色	紫红色	紫红色
Q3	圆锥	紧凑	紫红色	红色	玫红色
Q4	圆锥	紧凑	黄色	红黄色条纹状	橘红色
Q5	圆锥	紧凑	黄色	黄白色	黄白色
Q6	圆锥	紧凑	金黄色	黄白色	金黄色
Q7	总状	紧凑	黄色	黄白色	金黄色
Q8	伞形	紧凑	浅红色	浅红色条纹状	浅紫红
Q9	总状	紧凑	红色	紫色	紫色
Q10	圆锥	紧凑	黄色	黄白色	浅粉色
Q11	总状	紧凑	黄色	黄白色	金黄色
Q12	伞形	紧凑	黄色	黄色	黄白色
Q13	总状	紧凑	黄色	黄白色	乳白色

注: Q1 未能正常成熟, 无法观测成熟时的叶色、茎色和穗色。

表4 8个材料植株观赏性状的动态变化

材料	观赏日期 (月/日)	生育时期	植株观赏 性状及变化	观赏性持 续天数/d
Q1	10/26—	出苗期—	新叶由粉紫渐变为紫红色,叶阔而肥,茎秆粗壮,茎色粉紫带绿色条纹状,随生育期的推进变为红色	至试验结束
Q2	10/23— 03/25	出苗期— 成熟期	苗期开始植株叶片一直呈现紫红色,茎色紫红带绿色条纹状,随生育进程推进加深为深紫色,穗色深紫而明艳	154
Q3	01/20— 03/23	开花期— 成熟期	株型紧凑,穗色由花期浅粉色逐渐转变为玫红色,新叶紫红色,茎秆由绿白相间条纹状逐渐转变为红色	63
Q4	02/05— 03/22	灌浆期— 成熟期	株型紧凑,穗较长饱满,橘红穗色逐渐加深,叶片由绿转黄,茎秆红黄相间条纹状色彩加深	46
Q6	01/26— 03/10	灌浆期— 成熟期	株型紧凑,穗色由绿转变为淡黄色再到金黄色,绿色叶片由叶尖到叶柄逐渐蜕变为金黄色,茎秆黄白色	44
Q7	01/29— 03/09	灌浆期— 成熟期	株型紧凑,主穗大而紧实,成熟后穗色由绿转为金黄色,叶片及茎秆分别为黄色及黄白色	40
Q9	01/11— 03/07	开花期— 成熟期	株型紧凑,主茎直立,穗色由花期黄绿略带浅紫红色逐渐变为紫色,叶脉渐变紫红,叶片渐变为红色,茎秆由粉紫色绿条纹转为紫色	56
Q13	01/14— 02/18	灌浆期— 成熟期	株型紧凑,穗色由白绿色逐渐变为乳白色,叶片由绿转黄,茎秆黄白色	35

3 结论与讨论

3.1 秋播藜麦生长发育进程

藜麦具有丰富的遗传多样性和广泛的适应性,除 Q1 未能完成生育周期外,其余 12 个材料皆能完

成整个生育周期。已有研究表明,藜麦有 5 种生态类型^[15],这些生态类型的藜麦在对不同纬度适应性和光周期响应等方面存在差异^[16],同时藜麦是典型的环境适应型作物^[17],在驯化种植过程中极易产生出一系列的适应性变化,表现出对不同环境的特殊适应性,因此秋季种植藜麦可行性较大。但试验中各材料生育周期都较春季种植有所延长,其中营养生长期时间延长较为明显。这可能是由于温度和光周期的共同影响,一是藜麦营养生长阶段虽然对温度不太敏感,但从营养生长向生殖生长转变,即花芽分化需要建立在一定的有效积温之上,秋播藜麦前期生长所处的时期温度较低,所以需要较长的生长时间以达到有效积温。二是不同生态型的藜麦对光周期敏感性不同,可以分为短日型、长日型和不敏感型^[18],秋季播种可能导致某些材料花芽分化及花芽形成所需要的营养物质得不到满足,或对成花起主导作用的暗期长度不能达到材料要求。因此,充分考虑材料类型,结合积温情况及光周期选择适宜的材料是藜麦秋季种植的关键。

3.2 秋播藜麦植株形态特征

藜麦的适应性不仅表现在生育进程上,还表现在形态特征的适应性上。藜麦在繁殖、传播过程中会出现一系列复杂的适应性变化,使之能在栖息地不稳定的环境中占据一席之地^[19]。秋播藜麦形态特征变化较大,主要表现为植株高度显著下降,茎秆变细,分枝减少,藜麦的这种生态特性表现出一种积极的强适应性特点,有利于藜麦在不同生态气候区广泛种植,但秋播藜麦需增大种植密度。

3.3 秋播藜麦单株产量

藜麦单株产量受多重因素影响,其中低温是制约藜麦产量的重要因素之一^[20]。虽然藜麦是少数能忍受一定程度冻害的作物,但其在花芽形成期对低温较为敏感^[21]。秋播藜麦的灌浆期主要集中在 2~3 月,该段时间的低温不仅会使藜麦营养器官的建成受到一定阻碍,同时生殖器官的形成也会受到一定抑制,从而影响一些材料花芽的形成而使花的数量大幅减少。此外,部分生态型材料生育后期对干旱和低温十分敏感,干旱、低温和光照时间的减少都会缩短籽粒的有效灌浆期而造成粒重的降低^[22],而 2~3 月恰好也是该地区最干旱的季节。秋播藜麦产量虽较春播的低,但能充分利用冬闲地,增加复种指数,即使不能结实,藜麦全植株营养价值丰富,茎叶口感脆嫩,甜涩多汁^[23-24],也可作为新型优质青汁饲料进行开发利用。

3.4 秋播藜麦观赏特性

藜麦植株因材料差异而呈现出不同的颜色变

化。通过对各生育期主要性状的观察,藜麦的株型、穗型及叶色、茎色、穗色等性状是藜麦的主要观赏性状。随着生育进程的推进,特别是生长后期,观赏特征呈现明显,且在不同生育期内呈现不同的动态变化,各材料的最佳观赏期主要集中在显穗期至成熟期。因此对秋播藜麦而言,除了收获粮食,

其还是一种极具潜力的景观作物,它的种植可为冬季荒芜的田野增添一抹靓丽的色彩。试验通过对各材料的生长发育情况、观赏性状表现及单株产量进行对比分析,初步筛选出 Q2、Q4 和 Q6 具有较好的综合性状,可进一步扩大田间试验,为丰富藜麦种植模式及发展生态旅游观光农业提供一些参考。

参考文献:

- [1] BHARGAVA A, SHUKLA S, OHRI D. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective[J]. *Industrial Crops & Products*, 2005, 23(1): 73-87.
- [2] ESCUREDO O, MARTÍN 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(1): 67-74.
- [3] VEGA-GÁLVEZ 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.
- [4] 张紫薇, 庞春花, 张永清, 等. 等渗 NaCl 和 PEG 胁迫及复水处理对藜麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *作物杂志*, 2017(1): 119-126.
- [5] 薛爽, 饶丽莎, 左丹丹, 等. 植物低温胁迫响应机理的研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2016(33): 17-19.
- [6] 杨发荣, 刘文瑜, 黄杰, 等. 不同藜麦品种对盐胁迫的生理响应及耐盐性评价[J]. *草业学报*, 2017, 26(12): 77-88.
- [7] 刘建霞, 温日宇, 张晴雯, 等. 3 种盐胁迫下静乐藜麦种子与幼苗抗逆指标的检测[J]. *种子*, 2018(2): 82-85.
- [8] 戚维聪, 张体付, 陈曦, 等. 藜麦的耐盐性评价及在滨海盐土的试种表现[J]. *核农学报*, 2017, 31(1): 145-155.
- [9] 刘敏国, 杨倩, 杨梅, 等. 藜麦的饲用潜力及适应性[J]. *草业科学*, 2017, 34(6): 1264-1271.
- [10] HARIADI Y, MARANDON K, TIAN Y, et al. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2011, 62(1): 185-193.
- [11] FUENTES F F, BAZILE D, BHARGAVA A, et al. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2012, 150(6): 702-716.
- [12] 肖正春, 张广伦. 藜麦及其资源开发利用[J]. *中国野生植物资源*, 2014, 33(2): 62-66.
- [13] 任永峰, 梅丽, 杨亚东, 等. 播期对藜麦农艺性状及产量的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2018, 26(5): 643-656.
- [14] JACOBSEN S E. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern[J]. *Euphytica*, 1997, 93(1): 41-48.
- [15] ADMON A J, BAZILE J, MAKUNGWA H, et al. Assessing and improving data quality from community health workers: a successful intervention in Neno, Malawi[J]. *Public Health Action*, 2013, 3(1): 56-59.
- [16] BERTERO H D. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Food Reviews International*, 2003, 19(1-2): 87-97.
- [17] JACOBSEN S E, MUJICA A, JENSEN C R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors [J]. *Food Reviews International*, 2003, 19(1-2): 99-109.
- [18] 王新国. 杂粮新宠——藜麦及其栽培技术[J]. *科学种养*, 2016(4): 15-17.
- [19] 宋娇. 藜麦种质资源遗传多样性研究及藜麦品种(系)变异率分析[D]. 西宁: 青海大学, 2018.
- [20] 王倩朝, 张慧, 刘永江, 等. 播期对藜麦主要农艺及品质性状的影响[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2020, 35(5): 737-742.
- [21] JACOBSEN S E, MONTEROS C, CHRISTIANSEN J L, et al. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages[J]. *European Journal of Agronomy*, 2004, 22(2): 131-139.
- [22] 王伟东, 王璞, 王启现. 灌浆期温度和水分对玉米籽粒建成及粒重的影响[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2001, 13(2): 19-24.
- [23] 杨发荣, 黄杰, 魏玉明, 等. 藜麦生物学特性及应用[J]. *草业科学*, 2017, 34(3): 607-613.
- [24] 刘敏国, 杨倩, 杨梅, 等. 藜麦的饲用潜力及适应性[J]. *草业科学*, 2017, 34(6): 1264-1271.