

西藏青稞抽穗期多样性与稳定性分析

卓 嘎,达瓦顿珠,扎 桑,普布卓玛,旺 姆,伦珠朗杰*

(省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院 农业研究所,西藏 拉萨 850002)

摘 要:青稞是我国青藏高原地区的主要种植农作物,种质资源丰富。为探究青稞种质中极端抽穗期材料在林芝和拉萨的生长情况,选取来自青藏高原不同地区的40份材料,在不同年份种植于林芝和拉萨地区鉴定抽穗期,为青稞种质引种和育种提供参考。结果表明:极端抽穗期材料在不同环境下稳定性较差,多数材料抽穗期受外界环境影响显著。在极早抽穗和极晚抽穗材料中,稳定材料多来自于日喀则地区,而山南和那曲地区材料稳定性较差。极早抽穗品种中的ZDM5168,ZDM7548,ZDM7546和ZDM7347抽穗期早且稳定性较好,可用于广适性早熟品种培育;ZDM6611,ZDM4805和ZDM4409抽穗期较晚且稳定,可适用于晚熟广适性品种培育。该研究对于后续青藏地区的种质资源引进和种植情况具有重要的指导意义。

关键词:青稞;抽穗期;多样性;稳定性

中图分类号:S512.3

文献标志码:A

Growth Habit Identification and Diversity and Stability Analysis of Tibetan Barley (*Hordeum vulgare*.) at Heading Date

Zhuoga¹, Dawadunzhu¹, Zhasang¹, Pubuzhuoma¹, Wangmu¹, Lunzhulangjie^{*}

(State Key Laboratory of Barley and Yak Germplasm Resources Improvement/ Institute of Agricultural Research, TAAAS, Tibet Lhasa 850002, China)

Abstract: Barley is the main crop planted in the Qinghai-Tibet Plateau of China with rich germplasm resources. In order to explore the growth of highland barley germplasm at extreme heading stage in Tibet, 40 materials come from different regions of Tibet plateau were selected and planted in Nyingchi and Lhasa in different years to identify heading stage, so as to provide reference for highland barley germplasm introduction and breeding. The results showed that the materials with extreme heading stage had less stability under different environments, and the heading stage of most materials was significantly affected by the external environment. The most materials with stability were from Shigatse and the materials from Shannan and Naqu had less stability. Among the early heading varieties, ZDM5168, ZDM7548, ZDM7546 and ZDM7347 have earlier heading stage and good stability, which can be used for the cultivation of early maturing varieties with wide adaptability. ZDM 6611, ZDM 4805 and ZDM 4409 have late and stable heading stage, which can be used for the cultivation of late maturing and wide adaptability varieties. This study has important guiding significance for the subsequent introduction and planting of germplasm resources in Qinghai Tibet.

Key Words: Barley; heading date; diversity; stability

青稞 *Hordeum vulgare* 又称裸大麦,是我国青藏高原传统栽培作物,具有较高的营养价值^[1]。西藏青稞播种面积约为24万hm²,占西藏粮食作物面积的80%以上,相较于其他粮食作物,青稞具有较好的适应性和耐逆性,是我国西藏边境地区海拔较

高、肥力贫瘠、氧气稀薄的高原农田可正常种植的主要粮食作物^[2-3]。

适应性鉴定是决定外来种质能否正常生长和收获的基础。抽穗期是作物重要的驯化和农艺性状,亦是影响品种适应性的的重要因素。适应当地气候的抽穗期是种质可以正常生存和繁衍后代的基础^[2,4-5]。抽穗期受环境和基因共同影响^[6-8]。大麦抽穗期存在3个调控通路,分别是春化敏感性,即冬性和春性大麦;光周期,长日照促进开花;早晚熟相关基因调控,分为早熟型和晚熟型。目前,已分离鉴定出抽穗期的关键基因及基因家族,包括春化基因VRN-H1,VRN-H2和光周期基因PPD-H1,

收稿日期:2022-04-08

基金项目:省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室自主课题(XZNKY-2021-C-014-Z12)

作者简介:卓嘎(1986-),女,助理研究员,主要从事青稞遗传育种研究,E-mail:290945897@qq.com;*为通讯作者:伦珠朗杰(1992-),男,实习研究员,主要从事青稞遗传育种研究,E-mail:lhundrupnamgyal@163.com。

PPD-H2等^[9-13]。抽穗期受外界环境影响显著,相同材料在不同环境下种植,抽穗期差异很大。因此,在不同区域引种和育种时,开展抽穗期鉴定非常重要^[14-15]。

本研究选用来自我国青藏高原地区的40份在林芝和拉萨地区开展多环境抽穗期鉴定,探究不同环境中极端材料青稞抽穗期的变化规律,为青稞种质资源的利用与广适性青稞品种的选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

从国家作物种质资源库提供的310份青稞地方品种资源中,选取40份抽穗期极端品种(早晚熟各20个)。其中,20份极早抽穗材料分别来自日喀则(13份)、阿里(2份)、昌都(2份)、拉萨、林芝和山南地区各1份。20份极晚抽穗材料分别来自山南(8份)、林芝(5份)、拉萨(3份)、昌都和日喀则地区各2份。

1.2 试验方法

2020年3月、2020年10月和2021年3月,于西藏农牧学院植物科学院试验基地(海拔2 900 m, 94°34'E, 26°67'N)进行春播和秋播工作;2020年4月和2021年4月在西藏农牧科学院农业研究所3号试验地(海拔3 660 m, 91°04'E, 29°64'N)进行春

播。所有试验均采用随机区组设计,每份材料种植1行(设3个重复),行长1.5 m,行距30 cm,按当地常规方法管理。材料中50%的穗子抽出其叶鞘一半的时间记为抽穗期。

1.3 数据分析

采用Microsoft Excel 2021及R语言整理和分析数据,采用SAS v9.1 (https://www.sas.com/en_us/home.html)的Corr功能分析相关性。

2 结果与分析

2.1 40份极端抽穗期材料不同环境下的表型分析

在2020年林芝春播环境下,20份极早抽穗材料平均抽穗期为66.4 d,变幅为61.0~78.0 d,变异系数为5.23%。其中,5份材料抽穗期较早(≤64 d),分别来自日喀则(3份)、阿里和昌都地区(各1份);14份材料介于65~69 d之间,来自日喀则9份,山南、阿里、昌都、拉萨和林芝各1份;1份材料抽穗期最晚,为78 d。20份极晚抽穗材料平均抽穗期为82.6 d,变幅为77.0~91.0 d,变异系数为3.93%。其中,4份材料抽穗期较早(<80 d),分别来自拉萨(2份)、山南和昌都(各1份);15份材料介于81~86 d之间,其中来源于山南7份、林芝4份,日喀则2份,昌都和拉萨各1份;1份材料抽穗期最晚,为91 d,来自林芝(表1,表2)。

表1 40份极端抽穗期材料不同环境下的抽穗期表型

类型	编号	来源	归属	2020年	2020年	2021年	2020年	2021年	当地熟期
			地区	林芝春播 /d	林芝秋播 /d	林芝春播 /d	拉萨春播 /d	拉萨春播 /d	
早熟	ZDM07432	芒康	昌都	64	164	87	55.7	51.7	中
	ZDM06834	类乌齐	昌都	68	200	64	56.0	53.0	中
	ZDM07273	朗县	林芝	68	167	66	57.0	56.3	中
	ZDM04941	拉萨	拉萨	65	168	63	56.3	52.0	早
	ZDM07347	浪卡子	山南	65	161	62	51.7	52.7	中
	ZDM07526	日喀则	日喀则	64	164	63	53.3	48.3	早
	ZDM07548	吉隆	日喀则	61	164	62	53.4	48.7	中
	ZDM07572	亚东	日喀则	65	161	62	57.3	48.0	早
	ZDM05168	樟木口岸	日喀则	66	160	62	55.0	51.7	-
	ZDM07066	萨迦	日喀则	78	173	62	53.7	53.3	早
	ZDM06897	定日	日喀则	69	165	66	55.0	52.7	早
	ZDM07477	定日	日喀则	66	164	67	56.0	52.7	早
	ZDM04417	江孜	日喀则	64	162	65	56.3	52.7	中
	ZDM07621	定结	日喀则	65	168	63	56.3	53.3	早

续表

类型	编号	来源	归属	2020年	2020年	2021年	2020年	2021年	当地熟期
			地区	林芝春播 /d	林芝秋播 /d	林芝春播 /d	拉萨春播 /d	拉萨春播 /d	
早熟	ZDM07486	白朗	日喀则	65	166	65	58.0	52.3	早
	ZDM04384	昂仁	日喀则	67	178	65	57.0	54.7	早
	ZDM04385	昂仁	日喀则	69	167	68	58.3	55.0	早
	ZDM07068	仁布	日喀则	67	162	67	59.0	55.3	早
	ZDM04816	阿里	阿里	63	171	61	57.3	52.7	早
	ZDM06877	日土	阿里	69	170	65	57.7	53.3	早
晚熟	ZDM05468	贡觉	昌都	78	181	82	78.3	82.7	中
	ZDM06856	察雅	昌都	83	—	83	75.3	70.0	中
	ZDM07104	朗县	林芝	84	188	83	74.3	73.3	中
	ZDM06732	朗县	林芝	82	—	88	77.7	71.3	中
	ZDM06590	林芝	林芝	82	161	80	76.3	73.7	晚
	ZDM04805	波密	林芝	86	—	87	78.3	75.0	晚
	ZDM04727	察隅	林芝	91	181	81	79.7	76.7	早
	ZDM04249	达孜	拉萨	77	176	70	78.0	71.7	中
	ZDM06860	拉萨	拉萨	84	185	85	75.0	75.3	中
	ZDM06631	曲水	拉萨	79	182	74	78.3	73.0	中
	ZDM06608	乃东	山南	85	173	86	73.3	72.3	中
	ZDM04581	错那	山南	85	194	82	75.3	70.7	早
	ZDM06829	错那	山南	83	203	75	75.0	71.0	中
	ZDM06611	加查	山南	82	161	79	74.7	71.7	中
	ZDM05143	穷结	山南	78	184	76	77.0	70.7	晚
	ZDM06720	山南	山南	82	198	87	79.7	70.0	中
	ZDM07138	错那	山南	83	178	82	71.7	80.0	中
	ZDM07329	乃东	山南	82	161	81	76.3	78.0	中
	ZDM07429	仁布	日喀则	81	174	82	77.7	70.7	中
	ZDM04409	江孜	日喀则	86	184	87	81.0	73.7	晚

在2020林芝秋播条件下,20份极早抽穗材料平均抽穗期为167.7 d,变幅为160.0~200.0 d,变异系数为5.25%。其中,5份抽穗期较早(≤ 162 d),4份来自日喀则,1份来自山南地区;14份材料介于164~178 d之间,主要来自日喀则地区(9份),2份来自阿里地区,昌都、拉萨和林芝地区各一份;来自昌都地区的1份材料抽穗最晚,为200 d。20份极晚抽穗材料平均抽穗期为180.2 d,变幅为161.0~203.0 d,变异系数为6.74%。其中,3份抽穗期最

早(161 d),2份来自山南,1份来自林芝;11份材料介于173~188 d之间,主要来自山南(3份)、拉萨(3份)、日喀则(2份)、林芝(2份)和昌都(1份);来自山南的3份材料抽穗期较晚,介于194~203 d之间(表1,表2)。

在2021林芝春播条件下,20份极早抽穗材料平均抽穗期为65.3 d,变幅为61.0~87.0 d,变异系数为8.44%。其中,6份(日喀则4份、山南1份、阿里1份)抽穗期较早,介于61~62 d之间;13份材料介于

63~68 d之间,分别来源于日喀则(9份)、阿里、昌都、拉萨和林芝各1份;1份来自于昌都的材料抽穗期最晚,为81.5 d。20份极晚抽穗材料平均抽穗期为87 d,变幅为70.0~88.0,变异系数为5.91%。其中3份(拉萨2份、山南1份)抽穗期较早,均≤75 d;其余17份材料介于76~88 d之间,其中1份来自林芝的材料抽穗期最晚,为88 d(表1,表2)。

在2020拉萨春播条件下,20份极早抽穗材料平均抽穗期为56.0 d。变幅为51.0~59.0,变异系数为3.33%。其中,4份(日喀则3份、山南1)抽穗期最早,为51~54 d;其余16份材料介于55~59 d之间,来自日喀则的1份抽穗期最晚,为59 d。20份极晚抽穗材料平均抽穗期为76.7 d,变幅为71.0~81.0,变异系数为3.05%。其中,4份(山南3份、林芝1)抽穗期最早,均<75 d,其余16份材料介于75~81 d之间,来自日喀则的1份材料抽穗期最晚,为81 d(表1,表2)。

在2021拉萨春播条件下,20份极早抽穗材料平均抽穗期为52.5 d、变幅为48.0~56.0 d,变异系数为4.15%。其中,3份来自日喀则的材料抽穗期最早,<49 d;剩余17份材料抽穗期差异不大,介于51~57 d之间,来自林芝的1份材料抽穗期最晚,为56.3 d。20份极晚抽穗材料平均抽穗期为73.6 d,变幅为70.0~82.0 d,变异系数为4.73%。其中,5份来自山南(3份)、日喀则(1份)和昌都(1份)地区的材料抽穗期最早,≤71 d;14份材料抽穗期差异不大,介于71.3~78.0 d之间,来自山南和昌都的2份材料抽穗期较晚,为80 d和82.7 d(表1,表2)。

表2 40份极端抽穗期材料不同环境下的抽穗期表型分析

环境	品种类型	平均值(d)	变幅(d)	变异系数(%)
2020年林芝春播	极早抽穗	66.4	61.0~78.0	5.23
	极晚抽穗	82.6	77.0~91.0	3.93
2020年林芝秋播	极早抽穗	167.7	160.0~200.0	5.25
	极晚抽穗	180.2	161.0~203.0	6.74
2021年林芝春播	极早抽穗	65.3	61.0~87.0	8.44
	极晚抽穗	81.5	70.0~88.0	5.91
2020年拉萨春播	极早抽穗	56.0	51.0~59.0	3.33
	极晚抽穗	76.7	71.0~81.0	3.05

续表

环境	品种类型	平均值(d)	变幅(d)	变异系数(%)
2021年拉萨春播	极早抽穗	52.5	48.0~56.0	4.15
	极晚抽穗	73.6	70.0~82.0	4.73

2.2 不同环境条件下抽穗期比较

对于40份极端抽穗期材料(20份极端早抽穗材料和20份极端晚抽穗材料)在2020林芝春播、2020林芝秋播、2021林芝春播、2020拉萨春播和2021拉萨春播条件下差异均具有统计学意义($p<0.05$)。对于20份极早抽穗期材料,在4个春播条件下,2020和2021拉萨环境较2020和2021林芝环境更早抽穗,且差异具有统计学意义($p<0.01$);而2020林芝春播和2021林芝春播环境下差异不具有统计学意义,2020拉萨春播和2021拉萨春播环境下也不具有统计学意义。对于20份极晚抽穗材料,4个春播条件下抽穗期差异均不具有统计学意义。

2.3 不同环境下抽穗期相关系分析

不同材料在不同地理和年份间抽穗期存在差异。在20份极端早抽穗材料中,不同环境间相关性较低(表3)。其中,2020林芝春播和2021拉萨春播环境间相关性最高,相关系数为0.46,呈显著正相关($p<0.05$);其次为2020拉萨春播和2021拉萨春播环境,相关系数为0.44,呈显著正相关($p<0.05$);2020林芝春播和2020林芝秋播之间相关系数为0.31,相关性不显著;其余环境间相关系数较低。在20份极端晚抽穗材料中,不同环境间相关性较低(表4)。其中,2020林芝春播和2021林芝春播之间相关性最高,为0.54,呈显著正相关($p<0.05$);其余环境间相关性不显著。

表3 极早抽穗材料不同环境下抽穗期相关系分析

环境	2020林芝春播	2020林芝秋播	2021林芝春播	2020拉萨春播
2020林芝秋播	0.31			
2021林芝春播	-0.074	-0.094		
2020拉萨春播	0.001	0.102	0.155	
2021拉萨春播	0.46*	0.250	0.132	0.44*

表4 极晚抽穗材料不同环境下抽穗期相关系分析

环境	2020林芝春播	2020林芝秋播	2021拉萨春播	2020拉萨春播
2020林芝秋播	0.137			
2021林芝春播	0.54 [*]	0.077		
2020拉萨春播	0.004	0.145	0.062	
2021拉萨春播	0.067	-0.266	0.106	-0.053

2.4 青稞种质资源不同环境之间的稳定性分析

在极早抽穗品种中,ZDM05168的稳定性最好,除2020林芝春播环境外,其他环境下均为最早熟。综合来看,来自日喀则地区的ZDM7548,ZDM7546和来自山南地区的ZDM7347稳定性较好,在5个环境下抽穗期较早且稳定;来自于日喀则的ZDM4384,ZDM4385,ZDM6877和ZDM7273稳定性较好,但抽穗期较晚;其他材料在不同环境下抽穗期不一致。其中,来自阿里地区的ZDM4816稳定性最差,在2020林芝春播和2021林芝春播环境下抽穗期较短,是较早熟材料;而在2021林芝秋播、2020拉萨春播环境下则相对晚熟(表1)。

20份极晚抽穗品种不同环境下抽穗期差异也较大。其中,来自山南地区的ZDM6611相对抽穗期较早且稳定,除2021拉萨春播环境外,其他环境下抽穗期均较早;而来自于林芝地区的ZDM4805和来自日喀则地区的ZDM4409抽穗期较晚且稳定,在2个环境下抽穗期均较晚。其余材料不同环境下抽穗期差异较大,其中来自山南的ZDM4581和昌都的ZDM6856在2020林芝春播、2021林芝秋播和2021林芝春播条件下抽穗较晚,而在2020拉萨春播和2021拉萨春播条件下则抽穗较早,受地理环境影响较大。而来自林芝的ZDM6590和拉萨的ZDM6631则在2020拉萨春播和2021拉萨春播条件下抽穗较晚,在2020林芝春播、2021林芝春播和2021林芝秋播条件下则抽穗较早(表1)。

3 讨论

青稞是我国青藏高原地区的主要种植农作物,在青藏高原各地区均有分布。其中,拉萨、日喀则、山南、昌都和林芝地区的种质资源占全国98%左右^[16]。为探究青稞种质中极端抽穗期材料在林芝和拉萨的生长情况,我们在310份种质材料中选取了极端早熟/晚熟各20份品种,分别在不同年份种植于林芝和拉萨地区,鉴定极端抽穗期材料在不同地

区的适应性。本研究材料虽仅选取了40份,但来源地广泛,包括拉萨、日喀则、山南、昌都和林芝地区,几乎覆盖西藏所有生态区,对于后续西藏地区的种质资源引进和种植情况具有重要的指导意义。

极端早熟品种主要来自藏西北地区,如日喀则;而极端晚熟品种则主要来自藏东南地区,如林芝和山南地区,与伦珠朗杰^[17]分别在拉萨和林芝两地环境下对1605份青稞种质资源进行抽穗期多样性分析结果基本一致。在极早熟品种中,稳定性较好的材料主要来自日喀则地区,如ZDM5168,ZDM7548,ZDM7526,ZDM7572,ZDM7068,ZDM4384和ZDM4385;稳定性较差的材料则多来自昌都、拉萨和阿里地区。在极晚熟品种中,稳定性较好的材料也多来自日喀则(ZDM5168,ZDM7548,ZDM7526,ZDM7572,ZDM7068,ZDM4384)、山南(ZDM6611和ZDM5143)、林芝地区(ZDM4727和ZDM4805);而稳定性较差的材料则来自昌都和林芝地区较多。

不同环境间抽穗期差异显著,相关性较低(表3)。在20份极早抽穗材料中,2020林芝春播和2021拉萨春播环境间呈显著正相关;2020拉萨春播和2021拉萨春播环境之间呈显著正相关;其余环境间相关系数较低。在20份极晚抽穗材料中,2020林芝春播和2021林芝秋播呈显著正相关;其余环境间相关性不显著。相关性较差可能有以下原因:①选择材料较少,本研究所探讨的40份极端抽穗材料的适应性,整体欠缺代表性;②材料本身特性问题,材料来源广泛,遗传结构差异很大,在不同环境下不能有效适应,导致相关性较差。以上结果也表明,在种质资源引进和推广过程中,开展多环境适应性鉴定非常必要。品种抽穗期等性状在不同环境下可能存在很大差异,仅根据产量或籽粒性状就开展引种和推广工作,很可能给大麦生产带来经济损失。

作物品种抽穗期是最重要的农艺性状之一,抽穗期的稳定性与育成品种的生长情况基本一致^[18]。对于抽穗期波动较小的品种,环境改变不会引起表型上较大的变化,环境稳定性较高。对于抽穗期波动较大的品种,环境改变会引起表型上较大的变化,环境稳定性较低。因此,广适性青稞品种的选育应注重参考品种抽穗期的稳定性^[19]。在青稞育种史上,存在多个优异材料由于适应性问题无法解决而不能大面积推广的情况,如林芝波密县白玉村

的紫芒、20世纪90年代审定的藏青148^[1-3]。研究表明,极早抽穗品种中的ZDM05168、ZDM7548、ZDM7546和ZDM7347抽穗期早且稳定性较好,来自于日喀则的ZDM4384, ZDM385, ZDM6877和ZDM7273抽穗期较晚但稳定性较好;20份极晚熟品种中ZDM6611, ZDM4805和ZDM4409抽穗期较晚且稳定。因此,以上这些材料具备对西藏青稞品种生态适应性进行改良的潜力。在青稞育种选择亲本配制组合时,基于推广范围和育种目的选择适合于当地熟期的品种非常重要。根据青稞种植生态区的特点,利用以上抽穗期早晚熟较稳定的材料来改良其生育期,从而取得理想的育种效果。

4 结论

本研究从国家种质库的310份西藏不同地区地方品种种质材料中,选择40份分别在拉萨和林芝地区开展多环境稳定性评价,筛选广适性种质,为青藏高原地区青稞种质的引进、推广和育种提供参考。

参考文献:

- [1] 朱睦元,张京.大麦(青稞)营养分析及其食品加工[M].杭州:浙江大学出版社,2015.
- [2] 张京,曹永生.我国大麦基因库的群体结构和表型多样性研究[J].中国农业科学,1998,32(4):20-26.
- [3] 冯宗云.徐廷文大麦学术文集[M].成都:四川科学技术出版社,2006.
- [4] 黄海皎,廖文华,李杨.西藏69份青稞地方品种种质资源的农艺性状[J].西藏农业科技,2020,42(S1):31-34.
- [5] 都斌斌.大麦抽穗期不同叶片形态与灌浆期籽粒表型和灌浆特性的QTL定位[D].武汉:华中农业大学,2019.
- [6] 赵淮,齐军仓,李剑,等.新疆不同刈割期对春性大麦干草产量和青贮品质影响的研究[J].作物杂志,2019(5):180-185.
- [7] 伦珠朗杰,李慧慧,郭刚刚,等.西藏青稞冬春性鉴定及抽穗期多样性与稳定性分析[J].作物学报,2019,45(12):1796-1805.
- [8] 达瓦顿珠.中国大麦低温春化和光周期基因单倍型及表型关联分析[D].北京:中国农业科学院,2015.
- [9] Hemming M N, Fieg S, Peacock W J, et al. Regions associated with repression of the barley (*Hordeum vulgare*) VERNALIZATION 1 gene are not required for cold induction. *Mol J Genet Genom*, 2009, 282: 107-117.
- [10] Comadran J, Kilian B, Russell J, et al. Natural variation in a homolog of *Antirrhinum CENTRORADIALIS* contributed to spring growth habit and environmental adaptation in cultivated barley[J]. *Nat Genet*, 2012, 44: 1388-1392.
- [11] Ibrahim A, Harrison M, Meinke H, et al. A regulator of early flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). *PLoS One*, 2018, 13: e0200722.
- [12] 栾运芳,王建林,王恒良.西藏春播青稞冬、春习性的研究分析[J].大麦与谷类科学,2007(2):34-37.
- [13] 刘梅金,陈丽娟,尚晓花等.甘南州青稞新品种(系)引种试验结果[J].甘肃农业科技,2004(12):20-22.
- [14] Dondup D, Dong G Q, Xu D D, et al. Allelic variation and geographic distribution of vernalization genes *HvVRN1* and *HvVRN2* in Chinese barley germplasm[J]. *Mol Breed*, 2016, 36: 11.
- [15] Alqudah A M, Schnurbusch T. Heading date is not flowering time in spring barley[J]. *Front Plant Sci*, 2017, 8: 896.
- [16] Ma D Q. Genetic Resources of Tibetan Barley in China[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2000.
- [17] 伦珠朗杰.青稞种质资源遗传多样性及生态适应性评价[D].拉萨:西藏大学,2019.
- [18] Pourkheirandish M, Komatsuda T. The importance of barley genetics and domestication in a global perspective. *Ann Bot*, 2007, 100: 999-1008.
- [19] Turner A, Beales J, Faure S, et al. The pseudo-response regulator Ppd-H1 provides adaptation to photoperiod in barley[J]. *Science*, 2005, 310: 1031-1034.