

# 大麦不同穗位粒重和淀粉含量的比较

王蕾<sup>1</sup>, 严宗山<sup>1</sup>, 张想平<sup>1\*</sup>, 李润喜<sup>1</sup>, 谢忠清<sup>1</sup>, 张自强<sup>1</sup>, 牛小霞<sup>2</sup>, 徐也<sup>1</sup>, 邓超超<sup>1</sup>, 周琦<sup>1</sup>, 蔡小斌<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业工程技术研究院, 甘肃武威 733006, 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃兰州 730000)

**摘要** 为探明不同品种(系)大麦不同穗位粒重和淀粉各组分含量差异, 选用不同棱形和糯性的大麦为试验材料, 测定了灌浆前、中和成熟期不同穗位粒重及成熟期不同穗位淀粉各组分含量和积累量。结果表明, 整个灌浆过程中不同品种(系)大麦粒重从大到小依次为中部、基部、顶部, 中部粒重显著大于基部和顶部, 其中二棱大麦中部与基部和顶部粒重的差异小于六棱大麦; 基部与顶部粒重在灌浆初期差异较小, 随着灌浆进程推进差异逐渐增大, 非糯大麦淀粉、直链淀粉含量和直/支比均为基部和顶部高于中部, 支链淀粉含量不同穗位间没有显著差异, 且不同穗位淀粉各组分含量差异均在5%以内; 糯大麦淀粉和支链淀粉含量由高到低均为基部、中部、顶部, 基部与顶部淀粉各组分含量差异大于5%。淀粉和支链淀粉积累量由高到低均为中部、基部、顶部, 直链淀粉积累量顶部最低。因此, 大麦顶部穗位籽粒粒重、淀粉各组分含量和积累量较低, 在以后育种中提高顶部穗位籽粒粒重是高产优质育种的重点目标之一。

**关键词** 大麦; 穗位; 粒重; 直链淀粉; 支链淀粉

中图分类号 S512.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)18-0037-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.18.011



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Comparison of Grain Weight and Starch Contents at Various Spikelet Positions of Barley

WANG Lei, YAN Zong-shan, ZHANG Xiang-ping et al (Gansu Academy of Agri-Engineering Technology, Wuwei, Gansu 733006; 2. Gansu Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

**Abstract** To explore different grain weight and starch component contents at various spikelet positions of barley varieties, four cultivars with different rows and waxy or non-waxy barley were used as experimental materials, the dynamic changes of grain weight during grain filling period and starch components contents and accumulations at maturity stage were measured according to different positions. Result showed that the grain weight of different barley varieties were in the order of middle>basal>upper position during grain filling, middle position were significantly higher than basal and upper position and the difference of grain weights between upper and basal position were smaller than that of six-rowed barley. At the initial filling stage, the discrepancy of grain weights between basal and upper positions of two-rowed barley were smaller, and then became larger with the grouting process. Starch contents, amylose contents and amylose/amylopectin ratio of the upper and basal position grains were superior to the middle position grains, amylopectin contents showed no significant difference with spikelet position, meanwhile the difference value of starch components contents below 5% in non-waxy barley. Starch contents and amylopectin contents of basal position were the highest, followed by middle position, and basal position were the least, the difference value between basal and upper position was above 5% in waxy barley. Starch accumulations and amylopectin accumulations of middle position were higher than basal and upper positions, amylose accumulations of upper position were the smallest. In conclusion, upper position grain weight, starch composition contents and accumulations were smaller, which was important to improve upper position grain weights for high-yield and high-quality barley breeding.

**Key words** Barley; Spikelet position; Grain weight; Amylose; Amylopectin

禾谷类作物同一穗轴上不同穗位籽粒发育存在时空差异性, 造成不同部位籽粒粒重和品质的差异<sup>[1]</sup>。报道显示, 水稻开花早、灌浆速率高、充实度好和粒重高的为强势粒, 开花迟、灌浆速率较低、充实度差和粒重低的为弱势粒<sup>[2]</sup>。小麦不同穗位粒重表现为中部和下部高于上部, 上部穗位不同粒位则表现为第1位粒>第2位粒>第3位粒, 中部和下部穗位不同粒位表现为第2位粒>第1位粒>第3位粒, 中部和下部穗位的第2位粒籽粒对穗粒重的贡献较大<sup>[3]</sup>。顾自奋等<sup>[4]</sup>把大麦中下部的中央小穗粒称为强势粒, 顶部与基部小穗粒称为弱势粒。殷琛等<sup>[5]</sup>认为, 大麦粒重在穗轴上呈纺锤形分布, 粒重表现为中部>基部>顶部, 造成这种差异的主要原因是中部籽粒发育早, 在营养物质的吸收利用上处于优势地位<sup>[6]</sup>。

淀粉是禾谷类作物籽粒重要组成部分, 有直链淀粉和支链淀粉2类。王磊磊<sup>[7]</sup>认为强势粒淀粉含量大于弱势粒, 也有研究表明强势粒淀粉含量低于弱势粒<sup>[8]</sup>。朱海江等<sup>[9]</sup>通

过对水稻不同穗位直链淀粉含量研究认为, 穗顶部籽粒直链淀粉含量相对较高, 穗基部和中部较低。闫素辉等<sup>[10]</sup>以不同穗型小麦为试验材料, 发现强势粒直链淀粉和支链淀粉积累量均高于弱势粒。目前, 对大麦不同穗位淀粉各组分含量及积累量的研究较少。鉴于此, 笔者以不同棱形和糯性的大麦为试验材料, 研究不同灌浆时期粒重变化和成熟期不同穗位籽粒淀粉、直链淀粉和支链淀粉含量和积累量差异, 深化对不同类型大麦穗部籽粒发育的认识。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试材料为啤大麦(甘垦啤7号)、裸大麦(甘垦6号)、裸糯大麦(C2-1和甘垦5号)。其中, 甘垦啤7号、甘垦6号和C2-1为二棱, 甘垦5号为六棱。

**1.2 试验方法** 试验在甘肃省农业工程技术研究院试验田(103°15'E, 37°30'N)进行。试验地前茬为玉米。试验采用随机区组排列, 3次重复, 小区面积12 m<sup>2</sup>, 区长4.0 m, 宽3.0 m, 株距25 cm。全生育期施磷二铵300 kg/hm<sup>2</sup>, 尿素225 kg/hm<sup>2</sup>, 基肥一次性施入。田间统一管理, 2019年3月底种植, 7月底收获。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 取样与粒重测定。** 开花期选择同一时期开花、穗型大

**基金项目** 国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05); 甘肃省青年科技基金计划(18JR3RA009); 甘肃省科技计划重大专项项目(18ZD2NA008)。

**作者简介** 王蕾(1992—), 女, 甘肃定西人, 助理研究员, 硕士, 从事大麦育种学研究。\*通信作者, 研究员, 从事大麦育种工作。

**收稿日期** 2020-02-22

小基本一致的穗子挂牌标记 130 个。于灌浆前、中期取标记穗 30 穗、成熟期 60 穗,分别摘下中部、基部和顶部籽粒于 105 ℃杀青,70 ℃烘干至恒重,人工剥去颖壳后称重。穗位划分如下:先确定中部穗,即中间两侧各 3 个小穗(六棱大麦:中间两侧各 2 个小穗,每穗取第 1 位粒);基部穗位,即从底部开始,两侧各 2 个小穗(六棱大麦:基部两侧各 1 个小穗,每穗取第 2、3 位粒);顶部穗位,即从顶部往下,两侧各 2 个小穗(六棱大麦:顶部两侧各 1 个小穗,每穗取第 2、3 位粒)。

**1.3.2 籽粒总淀粉含量测定。**采用赵世杰等(2002)<sup>[11]</sup>蒽酮比色法测定总淀粉含量。

**1.3.3 籽粒直、支链淀粉含量测定。**采用 Megazyme 公司生产的直链淀粉/支链淀粉试剂盒测定直链淀粉占总淀粉比例,根据总淀粉含量计算支链淀粉和直链淀粉含量。

**1.3.4 淀粉及组分积累量。**淀粉、直链淀粉和支链淀粉积累量为含量乘以粒重。

**1.4 数据处理** 采用 Word 2013 和 SPSS 18.0 进行数据方差分析及绘图。

## 2 结果与分析

**2.1 不同穗位粒重比较** 从表 1 可以看出,二棱皮大麦 GPK 7 不同穗位粒重在整个灌浆期均高于其他品种(系),二棱裸大麦 GK 6 和二棱裸糯大麦 C 2-1 不同穗位粒重居中,两者差异较小,六棱裸糯大麦 GK 5 粒重均最低,推测六棱大麦比二棱大麦养分竞争大,导致粒重均低于二棱大麦。GPK 7 不同穗位粒重在灌浆前期表现为中部显著高于基部和顶

部,较基部和顶部分别高 6.30 和 6.62 mg,基部与顶部粒重差异未达显著水平;灌浆中期,中部粒重与基部和顶部达显著水平,较基部和顶部分别高 8.20 和 11.54 mg;成熟期不同穗位间粒重差异均达显著水平,中部较基部和顶部粒重分别高 5.43 和 14.87 mg。GK 6 不同灌浆时期不同穗位粒重差异均达显著水平,灌浆前期、中期和成熟期,中部粒重较基部和顶部分别高 3.51 和 7.58 mg、8.52 和 15.49 mg、4.88 和 17.87 mg。C 2-1 灌浆前期中部籽粒显著高于顶部和基部,较基部和顶部粒重分别高 5.01 和 6.52 mg,顶部和基部粒重差异未达显著水平;灌浆中期和成熟期不同穗位粒重均达显著水平,灌浆中期,中部较基部和顶部分别高 4.79 和 10.27 mg,成熟期,中部较基部和顶部分别高 4.83 和 15.91 mg。GK 5 灌浆前期和中期中部粒重显著高于顶部和基部,顶部和基部粒重差异未达显著水平,灌浆前期,中部较基部和顶部粒重分别高 3.75 和 4.64 mg;灌浆中期,中部较基部和顶部粒重分别高 11.25 和 13.20 mg;成熟期不同穗位粒重差异均达显著水平,中部较基部和顶部分别高 16.44 和 20.61 mg,这说明不同品种(系)大麦不同穗位粒重均为中部>基部>顶部,中部粒重均显著高于基部和顶部,灌浆前期基部与顶部粒重差异较小,随着灌浆的进行,二棱大麦中部与基部粒重差异先升高后降低,中部和基部与顶部粒重差异逐渐增大;六棱大麦顶部与基部第 2、3 位粒重与中部第 1 位粒重随灌浆推进差异逐渐增大,顶部与基部籽粒差异相对较小;成熟期,六棱大麦顶部和基部与中部粒重差值高于二棱大麦顶部和基部与中部粒重差值。

表 1 不同灌浆时期各穗位粒重的比较

Table 1 Comparison of the grain weight of different spikelet positions at different filling stages

品种(系)名称 Variety name	穗位 Spikelet position	灌浆前期 Initial filling stage	灌浆中期 Medium filling stage	成熟期 Maturity stage
GPK 7	顶部	16.47±1.06 b	30.06±1.25 b	41.32±1.64 c
	中部	23.09±1.51 a	41.60±1.09 a	56.19±0.34 a
	基部	16.79±1.03 b	33.40±1.65 b	50.76±0.70 b
GK 6	顶部	11.33±1.01 c	21.07±0.93 c	31.35±0.88 c
	中部	18.91±0.98 a	36.56±1.21 a	49.22±0.55 a
	基部	15.40±0.59 b	28.04±0.79 b	44.34±0.62 b
C 2-1	顶部	13.27±0.25 b	23.56±0.80 c	31.20±1.29 c
	中部	19.79±0.76 a	33.83±1.25 a	47.11±0.63 a
	基部	14.78±0.27 b	29.04±0.42 b	42.28±1.38 b
GK 5	顶部	7.28±0.54 b	15.97±0.35 b	22.59±0.55 c
	中部	11.92±0.59 a	29.17±1.67 a	43.20±0.43 a
	基部	8.17±0.43 b	17.92±1.06 b	26.76±0.39 b

注:GPK 7.甘垦啤 7 号;GK 6.甘垦 6 号;GK 5.甘垦 5 号;同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note:GPK 7.Gankenpi 7;GK 6.Ganken 6;GK 5.Ganken 5;different lowercases in the same column indicated significant difference at 0.05 level

**2.2 不同穗位淀粉含量比较** 不同品种(系)大麦不同穗位淀粉各组分含量存在显著差异(表 2)。GPK 7 基部淀粉含量、直链淀粉含量和直/支比均最高,顶部次之,中部最低,淀粉和直链淀粉含量不同穗位最大差值为 3.86%和 3.97%;支链淀粉含量则顶部穗位最高,不同穗位间差异不显著,最大差值为 1.26%。GK 6 顶部淀粉含量、直链淀粉含量和直/支比均最高,中部值最低,淀粉和直链淀粉含量不同穗位间最

大差值为 2.14%和 3.17%;支链淀粉含量则基部穗位值最高,不同穗位间差异不显著,最大差值为 2.12%。糯大麦直链淀粉含量低于 5.00%,不作考虑。C 2-1 基部穗位籽粒淀粉含量和支链淀粉含量均最高,显著高于中部,极显著高于顶部,淀粉含量和支链淀粉含量最大差值分别为 12.29%和 12.67%。GK 5 淀粉含量、支链淀粉含量均为基部最高,显著高于中部和顶部,中部和顶部间差异不显著,最大差值为 7.90%

和7.04%。综上可知,非糯大麦基部和顶部淀粉含量、直链淀粉含量和直/支比均高于中部籽粒,且不同穗粒位淀粉各组分含量差异均在5%以下,糯大麦淀粉和支链淀粉含量均为基部>中部>顶部,基部与顶部淀粉各组分含量差异大于5.00%。

表 2 成熟期不同穗位籽粒淀粉各组分含量比较

Table 2 The comparison of starch components contents of different spikelet position at maturity stage

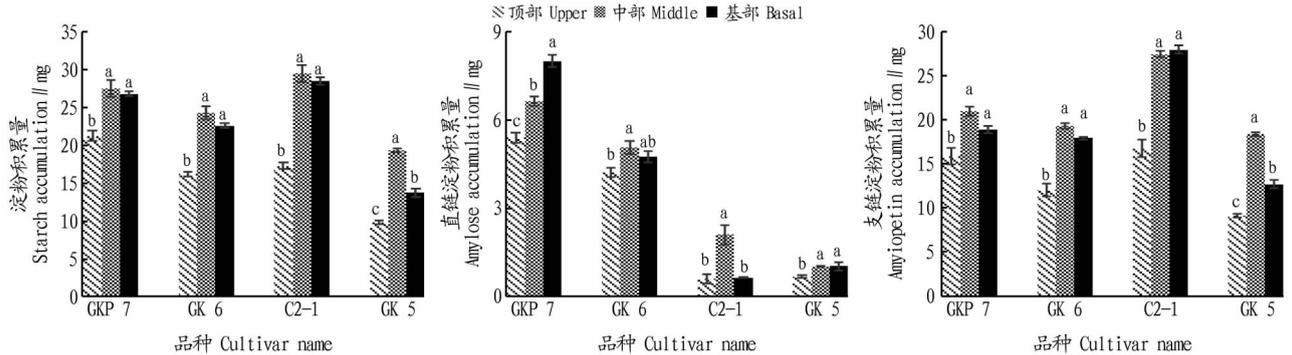
品种(系)名称 Variety name	穗粒位 Spikelet position	淀粉含量 Starch content %	直链淀粉含量 Amylose content %	支链淀粉含量 Amylopectin content %	直/支比 Amylose-amylopectin ratio
GKP 7	顶部	51.44±1.06 ab	13.06±0.15 b	38.39±1.19 a	0.34±0.010 b
	中部	49.03±0.96 b	11.79±0.23 c	37.24±0.73 a	0.32±0.010 b
	基部	52.89±0.09 a	15.76±0.53 a	37.13±0.44 a	0.42±0.020 a
GK 6	顶部	51.58±1.32 a	13.41±0.19 a	38.17±1.27 a	0.35±0.010 a
	中部	49.43±0.08 a	10.24±0.44 b	39.19±0.36 a	0.26±0.010 b
	基部	50.98±0.03 a	10.68±0.34 b	40.29±0.34 a	0.27±0.010 b
C 2-1	顶部	55.27±1.44 c	1.89±0.49 b	53.40±1.03 c	0.04±0.009 b
	中部	62.61±0.13 b	4.42±0.68 a	58.18±0.68 b	0.08±0.010 a
	基部	67.56±1.46 a	1.49±0.03 b	66.08±1.43 a	0.02±0.001 b
GK 5	顶部	43.23±0.17 b	2.92±0.13 ab	40.31±0.15 b	0.07±0.003 ab
	中部	44.70±0.26 b	2.32±0.01 b	42.38±0.25 b	0.05±0.001 b
	基部	51.12±1.74 a	3.78±0.51 a	47.35±1.27 a	0.08±0.009 a

注:GKP 7.甘垦啤7号;GK 6.甘垦6号;GK 5.甘垦5号;同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note:GKP 7.Gankenpi 7;GK 6.Ganken 6;GK 5.Ganken 5;different lowercases in the same column indicated significant difference at 0.05 level

2.3 不同穗位淀粉积累量比较 由图1可知,不同品种(系)大麦籽粒淀粉积累量和支链淀粉积累量分布特点为中部>基部>顶部,其中3个二棱大麦积累量中部与基部差异不显著,但显著高于顶部,六棱大麦 GK 5 不同穗位积累量均有

显著差异;直链淀粉积累量不同参试材料变化规律不一致,GKP 7 直链淀粉积累量分布特点为基部>中部>顶部,GK 6 为中部>基部>顶部,糯大麦 C 2-1 和 GK 5 直链淀粉积累量较低,均为中部>基部>顶部。



注:GKP 7.甘垦啤7号;GK 6.甘垦6号;GK 5.甘垦5号;不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note:GKP 7.Gankenpi 7;GK 6.Ganken 6;GK 5.Ganken 5;different lowercases indicated significant difference at 0.05 level

图 1 成熟期不同穗位淀粉积累量的比较

Fig.1 Comparison of the starch components accumulations of different spikelet positions at maturity stage

### 3 结论与讨论

粒重是产量构成三因素之一,高产育种中如何提高粒重是育种工作者的重点研究方向。粒重大小受基因型和在穗轴上的分布位置影响较大<sup>[12-13]</sup>。通过对小麦研究发现同一穗轴上粒重分布存在近中优势,即穗轴中部粒重最高,向穗轴两端粒重降低<sup>[14]</sup>。该研究结果表明,不同品种(系)大麦不同穗位粒重均为中部>基部>顶部,中部显著高于基部和顶部,灌浆前期基部与顶部粒重差异较小,随着灌浆的推进,二棱大麦中部与基部粒重差异先升高后降低,中部和基部与顶部粒重差异逐渐增大,成熟期中部与基部粒重差异为5 mg左右,中部与顶部粒重差异为14.87~17.87 mg;六棱大麦顶部和基部第2、3位籽粒粒重与中部第1位籽粒粒重随灌浆

推进差异逐渐增大,成熟期基部和顶部与中部差异为16.44和20.61 mg。二棱大麦不同穗位粒重差异小于六棱大麦,推测是由于二棱大麦穗粒数少、库容较小,分配到每个库容单位的养分较丰富,粒重差异较小,六棱大麦穗粒数40~60粒,不同穗粒位间养分竞争大,强势粒处于竞争优势地位,弱势粒处于劣势,造成不同穗粒位间粒重差异较大<sup>[4]</sup>。杨树明等<sup>[6]</sup>认为二棱大麦中部籽粒粒重高于上部和下部,穗上、下部粒重差异相对较少,与该试验结果存在差异,这可能是由于基因型差异。前人报道显示,不同穗粒位粒重差异主要是由于不同穗位光合产物积累分配不均衡,库容大小存在差异而造成<sup>[15-16]</sup>。也有报道认为,不同穗位粒重差异还与小穗轴运输组织的结构和生理功能有关<sup>[17]</sup>,强势粒维管束截面积

积、截面轴长度和导管数高于弱势粒,利于光合产物运输<sup>[18-19]</sup>。在高产育种中应选择顶部和基部籽粒粒重较高,不同穗位粒重差异较小的品种来提高平均粒重,同时适当栽培措施也可以促进弱势粒灌浆<sup>[20-21]</sup>。

大麦淀粉含量及淀粉组成决定其在食品、饲料及酿造行业的应用<sup>[22-23]</sup>。由于基因型、环境和营养供给水平等因素的影响,不同穗位淀粉及其组分含量存在很大差异,有的小麦品种上部穗位直链淀粉含量最高,有的则以中部穗位直链淀粉含量最高<sup>[3]</sup>。该研究结果显示,非糯大麦基部和顶部淀粉、直链淀粉含量和直/支比均高于中部籽粒,且不同穗位籽粒淀粉各组分含量差异均在5%以内,糯大麦淀粉和支链淀粉含量均为基部>中部>顶部,基部与顶部淀粉各组分含量差异大于5%。姜可心等<sup>[24]</sup>通过对水稻不同穗位及分枝淀粉含量变化研究认为,直链淀粉含量与开花顺序一致,开花早的强势粒含量高于开花迟的弱势粒,直链淀粉含量高、支链淀粉含量低将有利于提高籽粒充实度<sup>[25]</sup>,与该试验结果存在差异,这可能是与试验材料有关。对淀粉各组分积累量研究认为,不同品种(系)大麦籽粒淀粉和支链淀粉积累量均为中部>基部>顶部,直链淀粉积累量不同材料变化规律不一致,但均为顶部积累量最低。董明辉等<sup>[26]</sup>研究表明,淀粉积累量与开花的先后顺序基本一致,弱势粒淀粉积累量低,可能与弱势粒中淀粉的合成能力低有关,与淀粉合成底物无关<sup>[27]</sup>。闫素辉等<sup>[10]</sup>认为,小麦强势粒直、支链淀粉积累量均高于弱势粒,强势粒淀粉积累启动时间早、积累速率高、淀粉合成相关酶活性高、淀粉合成能力强。

#### 参考文献

- [1] 潘洁,姜东,曹卫星,等.小麦穗籽粒数、单粒重及单粒蛋白质含量的穗位和粒位效应[J].作物学报,2005,31(4):431-437.
- [2] 董明辉,谢裕林,乔中英,等.水稻不同粒位籽粒淀粉与蛋白质累积动态差异[J].中国水稻科学,2011,25(3):297-306.
- [3] 马冬云,郭天财,王晨阳,等.冬小麦品种粒重和淀粉特性的穗位位差异分析[J].麦类作物学报,2010,30(6):1076-1079.
- [4] 顾自奋,封超年,周美学,等.大麦籽粒增重过程的研究[J].作物学报,1983,9(3):181-188.
- [5] 殷琛,张国平.大麦不同粒位粒重和蛋白质含量及发芽整齐度研究[J].

- 浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(2):129-133.
- [6] 杨树明,谢勇武,曾亚文,等.土壤、灌水和施氮对大麦农艺和产量性状及不同粒位籽粒功能成分的影响[J].麦类作物学报,2011,31(1):92-97.
- [7] 王磊磊.小麦强弱势粒发育及其淀粉理化性质的研究[D].扬州:扬州大学,2018.
- [8] 戴忠民,尹燕桦,郑世英,等.不同供水条件对小麦强、弱势籽粒中淀粉粒度分布的影响[J].生态学报,2009,29(12):6534-6543.
- [9] 朱海江,程方民,王丰,等.两种穗型粳稻穗内粒间直链淀粉含量变异与粒位分布特征[J].中国水稻科学,2004,18(4):321-325.
- [10] 闫素辉,尹燕桦,李文阳,等.密穗与疏穗型小麦强、弱势籽粒淀粉积累及库强度的比较[J].中国农业科学,2009,42(8):2706-2715.
- [11] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:84-85.
- [12] 李孟良,时侠清.小麦不同粒位、粒重及其种子活力研究[J].中国农学通报,2001,17(1):14-16.
- [13] 侯远玉.小麦品种间不同穗粒位粒数与粒重的变异[J].四川农业大学学报,1997,15(2):218-222.
- [14] 巴青松,傅兆麟.小麦粒位效应研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(2):653-656.
- [15] 殷琛,张国平.农艺因素对大麦不同粒位粒重与蛋白质含量的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2004,30(6):640-645.
- [16] 刘晓冰,李文雄.春小麦不同穗位和粒位籽粒蛋白质积累方式的初步研究[J].种子,1996(5):4-6.
- [17] 张其芳,刘奕,黄福灯,等.水稻不同粒位小穗轴的超微结构差异及其CaM活性的细胞化[J].作物学报,2009,35(12):2280-2287.
- [18] 于晓刚,张文忠,韩亚东,等.粳稻颖果维管束结构粒位间差异及其与品质性状的关系[J].作物学报,2010,36(7):1198-1208.
- [19] 李艳霞,杨卫兵,尹燕桦,等.小麦小穗不同粒位粒重形成的生理特性差异[J].作物学报,2019,45(11):1715-1724.
- [20] 董明辉,陈培峰,顾俊荣,等.麦秸还田和氮肥运筹对超级杂交稻茎鞘物质运转与籽粒灌浆特性的影响[J].作物学报,2013,39(4):673-681.
- [21] 吕强,赵全志,熊瑛,等.不同灌浆时期土壤水分对水稻籽粒灌浆性状的调控效应[J].河南科技大学学报(自然科学版),2011,32(5):45-49.
- [22] 刘新红,杨希娟,吴昆仑,等.青稞品质特性及加工利用现状分析[J].农业机械,2013(14):49-53.
- [23] 杨智敏,孔德媛,杨晓云,等.青稞籽粒淀粉含量的差异[J].麦类作物学报,2013,33(6):1139-1143.
- [24] 姜可心,郭玉华,苏展,等.杂交粳稻穗部不同粒位直链淀粉含量分析[J].江苏农业科学,2010(4):56-58.
- [25] 殷春渊,赵全志,刘贺梅,等.水稻籽粒非结构性碳水化合物及充实的氮素调控[J].中国农学通报,2011,27(30):6-11.
- [26] 董明辉,谢裕林,乔中英,等.水稻不同粒位籽粒淀粉与蛋白质累积动态差异[J].中国水稻科学,2011,25(3):297-306.
- [27] 梁太波,尹燕桦,蔡瑞国,等.大穗型小麦品种强、弱势籽粒淀粉积累和相关酶活性的比较[J].作物学报,2008,34(1):150-156.