

# 青稞生长发育规律研究

谈建鑫<sup>1</sup>, 罗黎鸣<sup>1</sup>, 同 坚<sup>1</sup>, 米玛更才<sup>2</sup>, 关卫星<sup>1\*</sup>

(1. 西藏自治区农牧科学院农业研究所/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 拉萨, 850032; 2. 西藏山南市浪卡子县农牧综合服务中心, 西藏 浪卡子 851100)

**摘 要:** 为掌握冬青稞和春青稞生长发育规律和差异, 预测冬青稞和春青稞生长发育进程, 进而为青稞育种、高产栽培、区域产量预测提供数据支持, 以西藏生产上主推的冬青稞和春青稞品种“冬青 18”和“藏青 3000”为研究对象, 研究了冬春青稞关键生育期的叶面积指数、单株根数、单株平均根长、单株总根长、生物量积累和分配等指标的变化规律, 较为系统地研究青稞生长发育规律。结果表明: 冬青稞生育期远高于春青稞, 春青稞各个生育期叶面积指数高于冬青稞; 冬青稞较春青稞能形成较为发达的根系; 冬青稞各个生育期生物量干重和鲜重均高于春青稞。

**关键词:** 青稞; 生长发育; 规律

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

## Study on the Growth and Development Regularity of Winter and Spring Highland Barley

TAN Jianxin<sup>1</sup>, LUO Liming<sup>1</sup>, TONG Jian<sup>1</sup>, Mimagengcai<sup>2</sup>, GUAN Weixing<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Agriculture, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences/ State key Laboratory of Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Tibet Lhasa 850032, China; 2. Agriculture and Animal Husbandry Comprehensive Service Center of Langkazi County, Shannan City, Tibet Langkazi 851100, China)

**Abstract:** To understand the growth and development patterns and differences between winter and spring barley, predict the growth and development process of winter and spring barley, and provide data support for barley breeding, high-yield cultivation, and regional yield prediction, In this study, winter and spring highland barley varieties “Dongqing 18” and “Zangqing 3000”, which are mainly promoted in Xizang, were taken as the research objects to study the changes of leaf area index, root number per plant, average root length per plant, total root length per plant, biomass accumulation and distribution and other indicators during the key growth period of winter and spring highland barley, and systematically study the growth and development of highland barley. The results showed that the growth period of winter barley was much higher than that of spring barley, and the leaf area index of spring barley at each growth period was higher than that of winter barley. Winter barley can form more developed root systems than spring barley. The dry and fresh biomass of winter barley during various growth stages are higher than that of spring barley.

**Key Words:** Highland barley; Growth and development; Regulation

青稞是禾本科大麦属作物, 又叫裸大麦, 主要种植在青藏高原海拔较高的裸大麦区域, 具有较强的抗寒性, 且适应性强、生育期较短, 是我国重要的农作物<sup>[1-3]</sup>。“粮食安全”是一个永恒的话题, 西藏自治区统计局公布数据显示, 2022年西藏粮食 107.3 万 t, 其中青稞为 83.23 万 t, 由此可见青稞在保障西藏粮

食安全方面具有极端重要性和不可替代性, 青稞产量直接关系到西藏的粮食安全<sup>[4-5]</sup>。有研究表明, 冬性大麦品种通过春化阶段需要的温度范围相对较小, 最适宜温度为 0~8 ℃, 持续时间 20~45 d, 春播时不能抽穗结实, 而春性大麦品种通过春化阶段的温度在 10~25 ℃, 持续时间 5~10 d, 春季夏季播种都能够抽穗结实<sup>[6]</sup>。

西藏春青稞播种面积达 80% 以上, 其余为冬青稞。冬青稞和春青稞因品种特性、播种时间、生长习性以及分布区域的不同, 其根、茎、叶、穗的生长发育也不一致。前人从青稞育种、栽培措施、气候、逆境胁迫、青稞产品加工等方面开展了大量较为深入的研究<sup>[7-15]</sup>, 但未见春青稞和冬青稞生长发育相

收稿日期: 2023-10-7

基金项目: 国家重点研发计划课题-西藏青稞轻简高效栽培技术应用示范(2021YFD1000302)。

作者简介: 谈建鑫(1991-), 男, 助理研究员, 主要从事作物栽培高产栽培机理与成果转化工作, E-mail: 990020503@qq.com;

\*为通信作者: 关卫星(1970-), 男, 研究员, 主要从事农作物高产栽培研究与推广工作, E-mail: gwx9559@163.com。

关对比研究。叶面积是反映作物群体生长情况的一个重要指标,叶面积指数的大小会直接影响作物产量,根系是青稞的重要器官,参与水分和养分吸收等环节,而青稞生物产量的积累和分配可直接决定经济产量,故本研究以西藏生产上主推的冬青稞和春青稞品种“冬青 18”和“藏青 3000”为研究对象,研究冬春青稞关键生育期的叶面积指数、单株根数、单株平均根长、单株总根长、生物量积累和分配等指标的变化规律,较为系统地研究青稞生长发育规律,以期摸清本试验下冬青稞和春青稞生长发育规律和差异,预测冬青稞和春青稞生长发育进程,进而为青稞育种、高产栽培、区域产量预测提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验青稞品种为冬青稞“冬青 18 号”(西藏自治区农牧科学院农业研究所选育,冬性早熟高产型青稞品种)和春青稞“藏青 3000”(西藏自治区农牧科学院农业研究所选育,春性早熟高产型青稞品种)。

1.2 试验设计与方法

本试验于 2020–2021 年在西藏自治区农牧科学院农业研究所试验地进行,海拔 3 640 m,属高原温带半干旱季风气候区,日照丰富,年平均气温 7.4℃,年降水量 200~500 mm,年蒸发量超 2 000 mm。本试验小区共分为春青稞和冬青稞 2 个小区试验地长 200 m,宽 100 m,土壤质地为砂壤土,全氮 0.755 g/kg、速效氮 68 mg/kg、有效磷 5.224 mg/kg、速效钾 35 mg/kg、土壤有机质 1.31%,土壤为碱性,pH 值为 7.66。试验地地势平坦、开阔、茬口一致、肥力均匀、灌溉方便。冬青稞播种期为 2020 年 10 月 3 日,春青稞播种期为 2021 年 4 月 28 日,播量为 225 kg/hm<sup>2</sup>,其他栽培和管理同大田一致。

1.3 测定项目及方法

生育期:播种后开始记载冬青稞和春青稞的生育期(物候期)。

叶面积指数(LAI):在冬青稞和春青稞的分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期于每个小区选有代表性连续的 10 株青稞,测定每株植株的所有叶的叶长和叶宽,用长宽系数法计算叶面积指数(冬青稞各生育期均为越冬后)。

生物量:在春青稞和冬青稞的分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期,每个小区选择具有代表性的植株 10 株,连根挖出,清理根部土壤,将根、穗、茎秆、叶片分离。用万分之一天平分别称量各器官鲜质量,放入烘箱 105℃杀青 30 min,然后 80℃烘 24 h 至恒质量(冬青稞各生育期均为越冬后)。

单株根数:在冬青稞和春青稞的分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期,每个小区选择具有代表性的植株 10 株,连根挖出,清理根部土壤,计数 10 株根数,单株根数=10 株根数/10。

单株总根长:在冬青稞和春青稞的分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期,每个小区选择具有代表性的植株 10 株,连根挖出,清理根部土壤,用直尺测了 10 株的全部根长,单株总根长=10 株总根长/10。

单株平均根长=单株总根长/单株根数。

1.4 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2010 处理试验数据,在 IBM SPSS Statistics22.0 软件中进行统计分析。利用均方根误差(RMSE)、平均绝对误差(da)及平均绝对误差与实测值平均数的比值(dap)检验模型,以检验模型。

2 结果与分析

2.1 冬春青稞生育期

由表 1 和表 2 可知,“冬青 18”生育期为 282 d,“藏青 3000”生育期为 104 d,“冬青 18”翌年分蘖期—成熟期共 60 d,“藏青 3000”分蘖期—成熟期 64 d。

2.2 冬春青稞叶面积指数

由图 1 可知,冬青稞和春青稞的叶面积指数随

表 1 冬青稞品种“冬青 18”生育期

月,日

播种期	出苗期	分蘖期	越冬期	返青期	分蘖期	拔节期	孕穗期	抽穗期	开花期	灌浆期	乳熟期	蜡熟期	成熟期
10.3	10.13	10.30	11.29	3.13	5.13	5.25	6.2	6.8	6.13	6.18	6.25	7.1	7.12

表 2 春青稞品种“藏青 3000”生育期

月,日

播种期	出苗期	三叶期	分蘖期	拔节期	抽穗期	孕穗期	开花期	灌浆期	乳熟期	蜡熟期	成熟期
4.28	5.6	5.14	6.7	6.17	6.23	6.30	7.4	7.9	7.15	7.25	8.10

着生育期的推进表现出先增加后趋于稳定再降低的趋势,抽穗期和灌浆期冬春青稞的叶面积指数达到最大,分蘖期和拔节期这一段时间冬春青稞叶面积指数增长速度最快,拔节期到抽穗期冬青稞叶面积指数仍保持较快速度增长,抽穗期到灌浆期冬春青稞叶面积指数均不再增长趋于稳定,灌浆期到成熟期冬春青稞叶面积指数快速下降。冬青稞分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期的叶面积指数均低于春青稞。

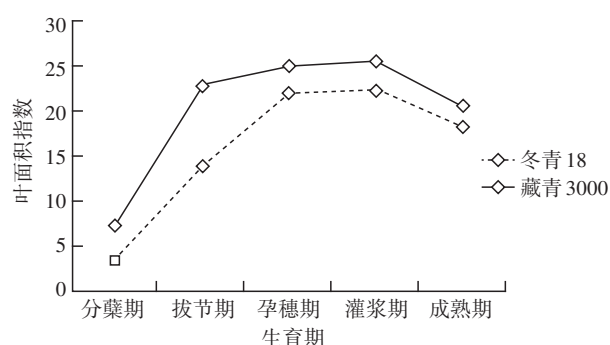


图1 冬春青稞各个生育期叶面积指数

### 2.3 冬青稞根系生长规律

冬青稞和春青稞在分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期的单株根数表现出一致规律,随着生育期的推进单株根数先快速增加,到灌浆期冬春青稞的单株根数达到最大值,后迅速下降。冬青稞单株根数在分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期均高于春青稞,在分蘖期冬青稞和春青稞的单株根数最接近(图2)。

冬青稞的平均根长随着生育期的推进,表现为先增加后降低的趋势,即分蘖期到灌浆期每个生育期都增加,灌浆期达到最大值,而后下降;春青稞的平均根长从分蘖期到拔节期增加,拔节期到抽穗期趋于稳定,拔节期到灌浆期持续增加,到灌浆期达到最大值,而后下降。冬青稞和春青稞相比,从分蘖期到抽穗期,冬青稞的单株平均根长小于春青稞,抽穗期后冬青稞的单株平均根长表现一致,抽穗期后冬青稞的单株平均根长则高于春青稞(图3)。

冬青稞和春青稞在分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期等生育期的单株总根长表现出一致规律,即随着生育进程的推进,冬春青稞的单株总根长先增加后降低,在灌浆期达到单株总根长的最大值。冬青稞单株总根长在分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期均高于春青稞,在分蘖期冬青稞和春青稞的单株总根长最接近(图4)。

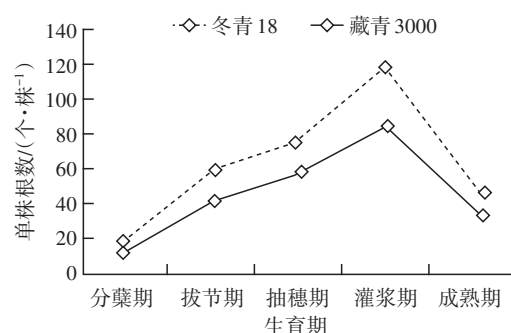


图2 冬春青稞各个生育期单株根数

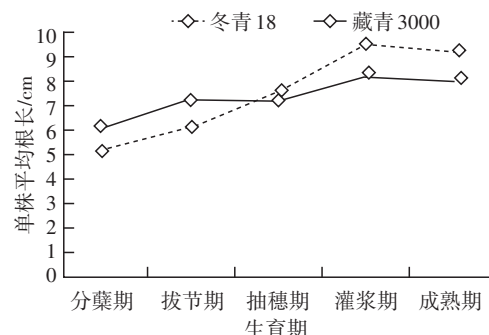


图3 冬春青稞各个生育期平均根长

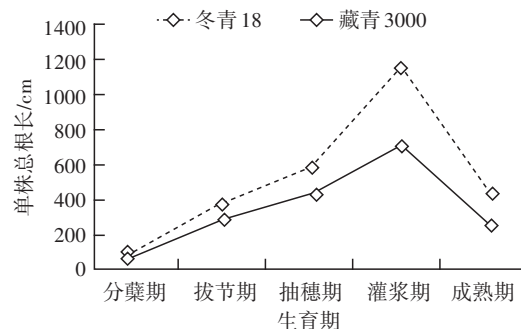


图4 冬春青稞各个生育期单株总根长

### 2.4 冬春青稞不同生育期各器官生物量积累与分配

随着生育期的推进,冬青稞的生物量(根、穗、茎秆、叶片的总和)鲜质量和干质量均呈现出增加的趋势,在灌浆期达到生物量干质量和鲜质量最大值,分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期干物质质量分别为0.71g/株、5.80g/株、15.39 g/株、37.84 g/株,干物质含量(干质量/鲜质量)分别为19.67%,12.38%,19.26%,23.21%。冬青稞在分蘖期的根、穗、茎秆、叶片干质量占比分别为6.66%,0%,22.70%,70.64%,拔节期分别为2.51%,0%,27.39%,70.09%,抽穗期分别为2.27%,10.07%,64.45%,23.21%,灌浆期分别为2.06%,25.01%,58.08%,14.85%,冬青稞各器官干质量表现为:在分蘖期和拔节期干质量从大到小依次为叶片、茎秆、根系,抽穗期干质量从大到小依次为茎秆、叶片、穗、根系,灌浆期干质量从大到小依次为茎秆、穗、叶片、根系(图5)。

随着生育期的推进,春青稞的生物量(根、穗、茎秆、叶片的总和)鲜质量和干质量均呈现出增加的趋势,在灌浆期达到生物量干质量和鲜质量最大值,分蘖

期、拔节期、抽穗期、灌浆期干物质质量分别为0.37 g/株、5.02 g/株、11.30 g/株、18.40 g/株,干物质含量(干质量/鲜质量)分别为15.48%,14.94%,18.22%,19.4%。春青稞在分蘖期的根、穗、茎秆、叶片干质量占比分别为11.92%,0%,12.85%,75.23%,拔节期分别为3.34%,0%,57.35%,39.31%,抽穗期分别为2.19%,13.61%,59.11%,

25.09%,灌浆期分别为2.76%,20.61%,59.28%,17.35%。春青稞各器官干质量表现为:在分蘖期干质量从大到小依次为叶片、茎秆、根系,拔节期、茎秆、叶片、根系,抽穗期干质量从大到小依次茎秆、叶片、穗、根系,灌浆期干质量从大到小依次茎秆、穗、叶片、根系(图6)。

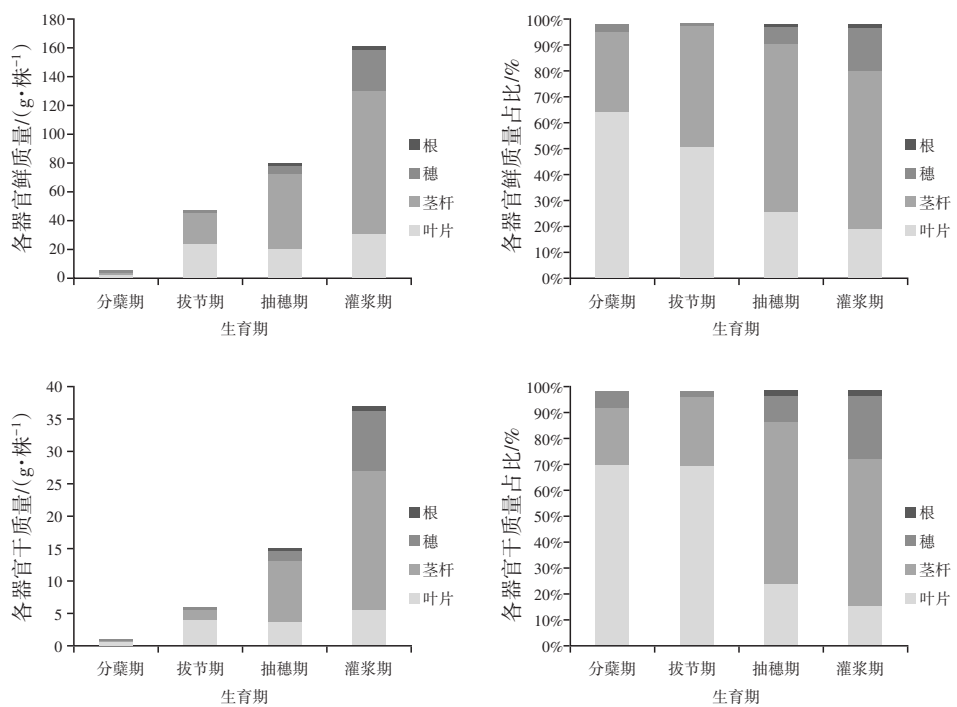


图5 冬青稞各生育期各器官生物量积累与分配

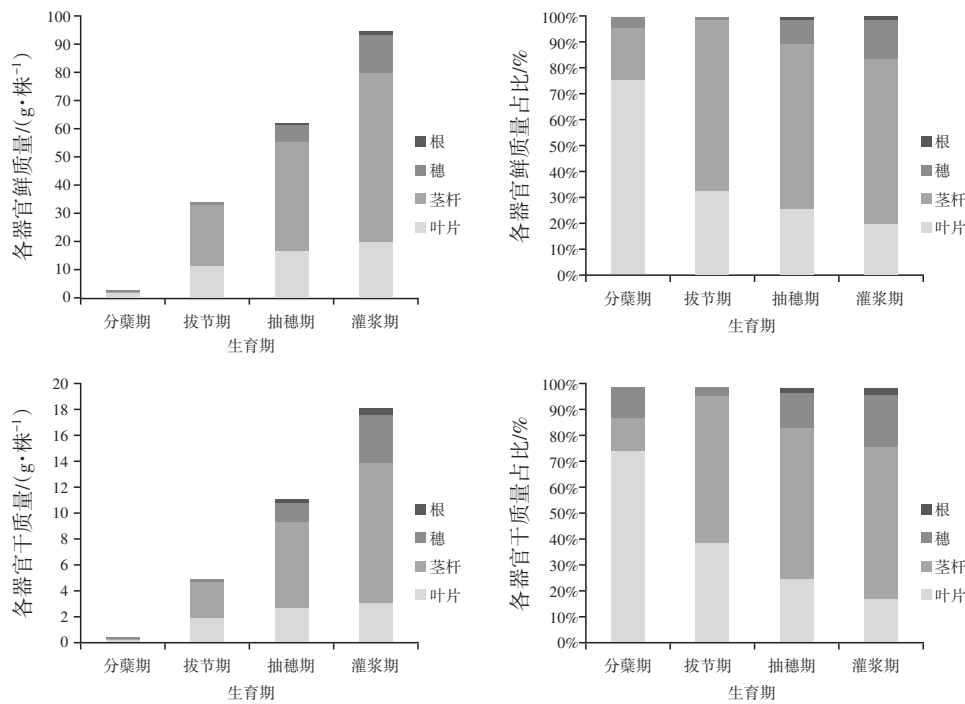


图6 春青稞各生育期各器官生物量积累与分配



### 3 讨论

作物叶的面积是作物光合系统的重要组成部分,叶面积指数是反映作物群体结构的一个重要参数,对于作物长势监测、估产及肥水管理等具有重要指导价值<sup>[16]</sup>,本研究发现,春青稞的叶面积指数在各个生育期均高于冬青稞,这与赵小光等人在油菜上得出的结论相同<sup>[17]</sup>。根系参与了作物水分和养分吸收、固定支持以及代谢物存储等,其形态与地上部的生长发育有密切联系,相关研究表明相同栽培条件下,根系发达、根数量多产量高、品质好<sup>[18]</sup>,本研究得出冬青稞的单株根数和单株总根长在分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期均高于春青稞,冬青稞能形成较为发达的根系。本研究得出冬青稞各个生育期鲜质量和干质量均远高于春青稞,灌浆期冬春青稞穗干质量分别为9.46 g/株、3.79 g/株,冬青稞和春青稞在分蘖期、抽穗期、灌浆期各器官的分配表现出一致规律,即分蘖期干质量从大到小依次为叶片、茎秆、根系,抽穗期干质量从大到小依次为茎秆、叶片、穗、根系,灌浆期干质量从大到小依次为茎秆、穗、叶片、根系。

### 4 结论

冬青稞生育期远高于春青稞;春青稞各个生育期叶面积指数高于冬青稞;冬青稞较春青稞能形成较为发达的根系;冬青稞各个生育期生物量干质量和鲜质量均高于春青稞。

#### 参考文献:

- [1] 李婷婷,姚有华,安立昆,等.青稞HvnWAK基因的克隆及其在条纹病胁迫下的表达[J].麦类作物学报, 2024, 44(1): 26-35.
- [2] FENG X B, WANG G H, WANG J L. Space Distribution of Highland Barley GNS and Its Relationship with Environmental Factors in the Qinghai-Tibet Plateau [J]. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2018, 14(2): 137-144.
- [3] 王 燕,姚晓华,姚有华,等.青稞籽粒花青素合成相关基因HvnF3'M的克隆与表达分析[J].西北农业学报, 2022, 31(9): 1174-1184.
- [4] 李梅英. 2022年西藏粮食产量再创新高[N]. 西藏日报(汉), 2022-12-19(001).
- [5] 朱桂丽,洪名勇.农村产业融合对欠发达地区农户收入的影响——基于西藏532户青稞种植户的调查[J].干旱区资源与环境, 2021, 35(1): 14-20.
- [6] 栾运芳,王建林.西藏作物栽培学[M].北京:中国科学技术出版社, 2001.
- [7] 东 强,张 毅,朱定英,等.不同氮肥处理对黑青稞籽粒灌浆特性的影响[J].麦类作物学报, 2023, 43(7): 940-946.
- [8] 严谈松,扎西罗布,唐亚伟,等.密度和肥料运筹对青稞秸秆产量及品质的影响[J].麦类作物学报, 2023, 43(7): 933-939.
- [9] 姬艺琳,陈文文,董吉林,等.青稞全谷营养型挂面与市售挂面的营养组分及理化特性研究[J].轻工学报, 2023, 38(5): 51-58.
- [10] 李 雪.气候变暖对西藏青稞农田氮挥发和产量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版), 2024, 52(1): 117-126.
- [11] 陈鲁鹏,姚晓华,姚有华,等.基于气候和青稞产量形成关键指标的青藏高原生态区划分析[J].麦类作物学报, 2023, 43(9): 1197-1205.
- [12] 杜 艳,梁 锋,李婷玉等.发芽青稞的营养品质及降血压效果[J].食品与生物技术学报: 1-9.
- [13] 李晓兰,徐金青,王 蕾等.青稞HvLG1基因的克隆与表达特征分析[J/OL].分子植物育种: 1-20.(2023-09-01)[2024-03-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20230901.1432.018.html>.
- [14] 史继清,豆永丽,张歆平,等.西藏青稞生育期干旱强度变化特征分析[J].中国农业气象, 2023, 44(9): 834-844.
- [15] 周 新,朱定英,赵香龙,等.缓释尿素配施黄腐酸对隆子黑青稞发育及籽粒灌浆特性的影响[J].作物杂志: 1-12.
- [16] CHE Y P, WANG Q, XIE Z W, et al. Estimation of Maize Plant Height and Leaf Area Index Dynamics Using an Unmanned Aerial Vehicle with Oblique and Nadir Photography [J]. Annals of Botany, 2020, 126(4): 765-773.
- [17] 赵小光,张耀文,韦世豪,等.甘蓝型油菜在冬、春播区的光合特性比较[J].西北农业学报, 2015, 24(7): 58-62.
- [18] 陈昕钰.小麦根系的生长发育及其对氮素和干旱的响应机理研究[D].扬州:扬州大学, 2023.