

陇东旱地冬小麦品种抗旱性鉴定

杨 琥^{1,2}, 刘自成^{1,2}, 夏先春^{1,3}

(1. 陇东学院农业与生物工程学院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 甘肃省旱地冬小麦种质创新与应用工程研究中心, 甘肃 庆阳 745000; 3. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 为研究陇东特殊干旱气候条件下抗旱育种的进展与现状, 选取近 20 a 陇东旱地选育的 14 个冬小麦新品种(系)为材料, 以籽粒产量抗旱指数等为全生育期抗旱性鉴定指标, 在旱棚进行全生育期干旱胁迫试验。结果表明, 陇育 4 号和宁麦 5 号抗旱指数在 1.100~1.299 范围内, 抗旱级别为 2 级; 陇育 7 号和陇鉴 387 抗旱指数在 0.700~0.899 范围内, 抗旱级别为 4 级; 其余 10 个材料抗旱指数在 0.900~1.099 范围内, 抗旱级别为 3 级。抗旱性级别在 2~3 级的材料占 85.7%。产量性状主因子分析发现, 抗旱级别为 2 级的陇育 4 号和宁麦 5 号, 在干旱胁迫下有效穗数、穗粒数和千粒重无明显变化; 抗旱级别为 4 级的陇育 7 号和陇鉴 387, 在干旱胁迫下有效穗数、穗粒数和千粒重均减幅较大; 抗旱级别为 3 级的其余 10 个材料在干旱条件下, 其产量性状三要素有效穗数、穗粒数、千粒重中只有一项发生变化, 没有两项叠加变化。

关键词: 陇东旱地; 冬小麦; 抗旱性; 抗旱指数; 产量因子

中图分类号: S512.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)06-0522-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.06.006

Characterization of Drought Resistance of Winter Wheat Varieties in Longdong Drylands

YANG Xiao^{1,2}, LIU Zicheng^{1,2}, XIA Xianchun^{1,3}

(1. Agricultural and Biological Engineering College, Longdong University, Qingyang Gansu 745000, China; 2. Gansu Provincial Dryland Winter Wheat Germplasm Innovation and Application Engineering Research Centre, Qingyang Gansu 745000, China; 3. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10081, China)

Abstract: To study the progress and current situation of drought-resistant breeding under the special arid climate conditions in Longdong, 14 new winter wheat varieties (lines) selected and bred in Longdong dry land in the past 20 years were chosen as materials. Drought resistance throughout the entire growth period was identified using grain yield, drought resistance index and other indicators, with full growth period drought stress tests conducted in dry sheds. Results showed that the drought resistance index of Longyu 4 and Ningmai 5 ranged between 1.100 to 1.299 with a drought resistance level of 2. Longyu 7 and Longjian 387 had drought resistance indices ranged between 0.700 and 0.899 with a drought resistance level of 4, the remaining 10 varieties had a drought resistance index ranging from 0.900 to 1.099, with a drought resistance level of 3. Varieties with a drought resistance level 2 to 3 accounted for 85.7% of the tested varieties. Principal component analysis of yield traits indicated that Longyu 4 and Ningmai 5, with a drought resistance level of 2, showed no significant changes in effective panicle number, grain number per panicle, and thousand-grain weight under drought stress. Longyu 7 and Longjian 387, with a drought resistance level of 4, showed significant reductions in effective panicle number, grain number per panicle, and thousand-grain weight under drought stress. For the remaining 10 varieties (lines) with a drought resistance level of 3, only one of the three main yield traits, i.e., effective panicle number, grain number per panicle, and thousand-grain weight, changed under drought conditions, with no overlapping changes in two traits.

Key words: Longdong Dry land; Winter wheat; Drought resistance; Drought resistance index; Yield component

小麦是主要粮食作物之一, 其全生育期需水量平均为 540 mm, 降水满足率为 55.9%~86.4%, 需灌 1~2 水才能保证全生育期的需水量, 达到丰

产稳产的目标^[1-7], 全世界有 1/6 的人口, 约 10 亿多人缺水^[8], 专家估计, 到 2025 年世界缺水人口将超过 25 亿^[8]。全世界发展中国家至少有 6 000

收稿日期: 2024-03-25; 修订日期: 2024-05-07

基金项目: 甘肃省旱地冬小麦种质创新与应用工程研究中心资助项目(甘发改高技[2017]1162号); 陇东旱地作物种质改良及产业化协同创新中心资助项目(甘教技[2019]23号); 甘肃省自然科学基金项目(21JR7RM191); 甘肃省重点研发项目(22YFM126)。

作者简介: 杨 琥(1969—), 女, 甘肃华池人, 教授, 主要从事冬小麦新品种选育及栽培研究工作。Email: gsyangxi-ao@126.com。

通信作者: 刘自成(1968—), 男, 甘肃镇原人, 教授, 主要从事冬小麦育种及栽培研究工作。Email: nxlzch@163.com。

万 hm^2 小麦栽培在雨养耕地, 产量水平只有灌溉条件下的 10%~50%^[9]。我国农业用水占用水总量的 62%^[10], 小麦生产是北方农业用水大户, 用水量占农业用水的 70%。我国旱地和非充分灌溉小麦占总面积的 65%, 常年受旱约 667.67 万 hm^2 , 小麦单产不足 3 000 kg/hm^2 的低产田约 1 140.00 万 hm^2 , 占小麦播种面积的 41%^[9], 干旱是导致小麦减产的重要因素^[11], 产量随灌溉条件波动较大, 稳产性差^[10]。干旱缺水已成为制约小麦高产、稳产的主要因素, 严重制约我国粮食生产。

甘肃省小麦“十三五”发展规划研究专家指出, 制约小麦单产提高的首要问题是干旱范围广、程度重。甘肃小麦 75%分布在旱地, 降水大部分为 400~600 mm, 不仅降水稀少, 而且时空分布不均, 小麦生长季节与降水季节错位严重, 季节性干旱突出, 常出现春夏连旱甚至三季四季连旱, 年际间变幅也大, 后期常伴有干热风危害^[12]。庆阳市位于甘肃东部, 属于中国北方麦区, 平均海拔 1 400 m, 年均降水量 460 mm, 干旱出现的频率高达 91.0%, 十年九旱是当地主要的气象灾害, 1971 年以来共出现各类干旱 39 次^[13], 年降水分布很不均衡, 降水量多集中在秋季, 7—9 月的降水量占全年的 50%~73%, 冬春干旱、乳熟期的干热风对小麦生产负面影响很大, 是限制产量的主要因素。

据研究, 中国北方麦区小麦品种平均抗旱指数为 0.90, 国外品种平均抗旱指数为 0.82, 中国

北方麦区冬小麦的整体抗旱性比国外品种高^[14]。据国家年度抗旱鉴定北部冬麦区旱地组多年试验资料显示, 抗旱性较强的品种数量极少, 不到参试品种的 3%; 抗旱级别为 3 级的品种不到参试品种的 30%^[15-22], 适合旱地种植的抗旱级别 2、3 级品种偏少。在干旱环境下, 小麦通过降低产量来维持生存和繁衍后代^[23]。抗旱型品种的选育需要天然的干旱气候条件迫使小麦激发抗旱潜力, 提高水分利用效率, 这是旱地小麦生产迫切需要解决的问题, 而选育抗旱节水、高产稳产品种是抵御干旱、保障粮食安全的重要途径。目前针对陇东旱地育成品种的抗旱性进行鉴定还相对较少, 鉴于此, 我们以陇东旱地近 20 年育成的 14 个冬小麦新品种(系)为试验材料, 采用旱棚鉴定法, 以小区籽粒产量、田间性状抗旱指数为抗旱性鉴定指标, 以探索陇东旱地特有气候条件下育成的小麦品种的抗旱性, 为今后的冬小麦抗旱育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为陇东地区近 20 年育成的 14 个旱地冬小麦品种(系), 分别为陇育 1 号、陇育 4 号、陇育 5 号、陇育 7 号、陇育 8 号、陇育 10 号、陇育 12 号、陇育 14 号、陇鉴 110、陇鉴 108、陇鉴 0071、陇鉴 387、陇鉴 385、宁麦 5 号, 以抗旱级别 3 级的西峰 20 号为对照(表 1)。

1.2 试验方法

试验共设 2 个处理, 分别为干旱棚内全生育

表 1 参试冬小麦品种(系)基本情况

品种(系)	提供单位	基本情况
陇育1号	陇东学院	强冬性, 中晚熟, 全生育期 280 d
陇育4号	陇东学院	冬性, 中熟, 多穗型全生育期 270 d
陇育7号	陇东学院	冬性, 中熟, 多穗型, 全生育期 268 d
陇育8号	陇东学院	冬性, 中熟, 全生育期 272 d
陇育5号	陇东学院	冬性, 中熟, 全生育期 273 d
陇育10号	陇东学院	冬性, 中熟, 全生育期 268 d
陇育12号	陇东学院	冬性, 中熟, 全生育期 273 d
陇育14号	陇东学院	冬性, 中熟, 全生育期 274 d
陇鉴110	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	冬性, 中熟, 全生育期 270 d
陇鉴108	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	冬性, 中熟, 全生育期 272 d
陇鉴0071	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	冬性, 中熟, 多穗型, 全生育期 273 d
陇鉴387	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	冬性, 中熟, 多穗型, 全生育期 268 d
陇鉴385	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	冬性, 中熟, 全生育期 266 d
宁麦5号	甘肃省宁县农业技术推广中心	强冬性, 中熟, 全生育期 274 d
西峰20号(CK)	陇东学院	冬性, 中晚熟, 全生育期 271 d

期水分胁迫和干旱棚外水分非胁迫处理。棚内试验设在陇东学院生农科技园 2 号大棚，大棚外试验设在陇东学院试验农场。分别于 2020、2021、2022 年 9 月下旬播种，2021、2022、2023 年 6 月中下旬收获。试验随机区组排列，3 次重复，小区面积 3.2 m² (2.0 m × 1.6 m)，6 行区。棚内试验于小麦播种后进行全生育期干旱处理；棚外试验生育期以自然降水为主，越冬期、拔节期、孕穗期进行补充灌溉，保持 0 ~ 50 cm 的土层田间持水量为 75% ~ 80%。

1.3 测定方法

小麦灌浆中后期，每小区随机选取 5 株测定株高、有效穗数、穗粒数。成熟后，每小区随机选取 10 株脱粒后测定单株籽粒产量和千粒重。单株籽粒产量为 10 株的平均值，千粒重（含水量约 13% 以下）测定时每小区随机数取 500 粒分别称重，重复 2 次，以 2 次之和作为千粒重；如 2 次称重相差超过 0.5 g，则再称第 3 次，以相近的 2 次称重之和作为千粒重。按小区单收计产。

1.4 抗旱指数计算方法及等级划分

根据小麦抗旱性评价技术规范(GB/T 21127—2007)提供的抗旱指数计算公式进行抗旱指数计算及抗旱级别判定^[21]。

$$DI = (GY_{ST} \div GY_{SW}) \times (GY_{CKW} \div GY_{CKT}^2)$$

式中，DI 为抗旱指数；GY_{ST} 为待测品种棚内籽粒产量；GY_{SW} 为待测品种棚外籽粒产量；GY_{CKW} 为对照品种棚外籽粒产量；GY_{CKT} 为对照品种棚内籽粒产量。

根据抗旱指数把抗旱级别划分为 5 级(表 2)。

表 2 小麦抗旱鉴定分级标准

抗旱级别	抗旱指数	抗旱评价
1 级	1.300	强
2 级	1.100~1.299	较强
3 级	0.900~1.099	中等
4 级	0.700~0.899	较弱
5 级	0.699	弱

2 结果与分析

2.1 抗旱指数和抗旱级别

由表 3 可知，在 14 个参试品种(系)中，陇鉴 387、陇育 7 号的抗旱指数分别为 0.895、0.896，抗旱级别是 4 级，抗旱较弱；陇育 1 号、陇育 8 号、陇育 5 号、陇育 10 号、陇育 12 号、陇育 14

号、陇鉴 110、陇鉴 108、陇鉴 0071、陇鉴 385 等 10 个品种(系)的抗旱指数在 0.900 ~ 1.099 范围内，抗旱级别为 3 级，为中等抗旱品种；陇育 4 号、宁麦 5 号的抗旱指数分别为 1.124、1.146，抗旱级别是 2 级，为较强抗旱品种。

表 3 参试冬小麦品种(系)产量和抗旱指数及抗旱级别

品种	棚内产量 (kg/hm ²)	棚外产量 (kg/hm ²)	抗旱 指数	抗旱 级别 /级	抗旱 评价
陇育1号	5 065.5	5 065.5	1.094	3	中
陇育4号	5 784.0	5 784.0	1.124	2	较强
陇育7号	4 677.0	4 677.0	0.896	4	弱
陇育8号	4 959.0	4 959.0	0.937	3	中
陇育5号	5 418.0	5 418.0	1.091	3	中
陇育10号	5 688.0	5 688.0	1.087	3	中
陇育12号	5 491.5	5 491.5	1.038	3	中
陇育14号	5 430.0	5 430.0	0.916	3	中
陇鉴110	4 989.0	4 989.0	1.031	3	中
陇鉴108	4 779.0	4 779.0	0.928	3	中
陇鉴0071	4 987.5	4 987.5	0.934	3	中
陇鉴385	5 019.0	5 019.0	1.019	3	中
陇鉴387	4 764.0	4 764.0	0.895	4	弱
宁麦5号	5 916.0	5 916.0	1.146	2	较强
西峰20号(CK)	5 592.0	5 592.0	1.000	3	中

2.2 干旱胁迫下供试材料的性状表现及其抗旱性

由表 3、表 4 可知，陇育 1 号抗旱指数 1.094，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下有效穗数相对减小。陇育 4 号抗旱指数 1.124，抗旱级别 2 级，是抗旱性较强的旱地品种，在干旱胁迫下千粒重和穗粒数变化小。陇育 5 号抗旱指数 1.091，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下千粒重有所下降。陇育 7 号抗旱指数 0.896，抗旱级别 4 级，是抗旱性较差的旱地品种，在干旱胁迫下，千粒重有所下降，穗粒数、成穗数减幅较大。陇育 8 号抗旱指数 0.937，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下千粒重和穗粒数稳定。陇育 10 号抗旱指数 1.087，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下有效穗数较稳定，株高和穗粒数变化较大。陇育 12 号抗旱指数 1.038，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下有效穗数较稳定，穗粒数变化较大。陇育 14 号抗旱指数 0.916，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下穗粒数变化较大。陇鉴 110 抗旱指数 1.031，抗旱级别 3 级，抗旱性中等，在干旱胁迫下有效穗

数较稳定, 穗粒数变化较大。陇鉴 108 抗旱指数 0.928, 抗旱级别 3 级, 抗旱性中等, 在干旱胁迫下千粒重稳定, 有效穗变化较大。陇鉴 0071 抗旱指数 0.934, 抗旱级别 3 级, 抗旱性中等, 在干旱胁迫下有效穗数变化大。陇鉴 387 抗旱指数 0.895, 抗旱级别 4 级, 抗旱性较差, 在干旱胁迫下, 千粒重较稳定, 穗粒数有所减少、成穗数减幅较大。宁麦 5 号抗旱指数 1.146, 抗旱级别 2 级, 抗旱性较强, 在干旱胁迫下千粒重、有效穗数、穗粒数无明显变化, 抗旱系数较高, 熟相好。陇鉴 385 抗旱指数 1.019, 抗旱级别 3 级, 抗旱性中等, 在干旱胁迫下穗粒数变化较大。

2.3 总体评价

在参试的 14 个冬小麦品种(系)中, 抗旱级别均在 2、3 级, 即抗旱性在中等以上的品种(系)有 12 个, 占参试品种(系)的 85.7%; 与抗旱对照品种西峰 20 号抗旱性一致的品种(系)有 10 个; 抗旱性超过对照的品种(系)有 2 个。其中抗性级别为 2 级的陇育 4 号和宁麦 5 号, 在干旱胁迫下穗粒数、千粒重无明显变化; 抗性级别为 4 级的陇育 7 号和陇鉴 387, 占参试品种(系)的 14.3%, 在干旱胁迫下有效穗数、穗粒数、千粒重减幅较大; 其余 10 个抗性级别为 3 级的品种(系), 在干旱胁迫

下, 90%有效穗数、穗粒数、千粒重中只有 1 项发生变化, 没有 2 项变化的叠加。

3 讨论与结论

参试品种育种环境为陇东旱地雨养农业区, 生育期降水无保证, 激发了品种抵御不良条件的能力, 这为抗旱育种提供了有利的环境条件, 说明品种抗旱性是遗传因素与环境的综合体现, 抗旱品种的选育离不开干旱环境^[23-24]。本研究中, 抗旱性 2 级的 2 个品种的有效穗数、穗粒数、粒重等 3 个产量因素减幅均小; 抗旱级别为 3 级的 10 个品种(系)在干旱条件下, 其产量性状三要素有效穗数、穗粒数、千粒重中只有 1 项发生变化, 没有 2 项叠加的变化。抗旱性 4 级的 2 品种产量形成 3 因素有 2 个或 3 个减幅均大。任何一个品种都不可能完美, 在育种实践中产量因素只要有其中 2 个因素变幅较小就可以保证稳产性。

对籽粒产量的抗旱指数统计的结果显示, 抗旱指数为 1.100~1.299, 抗旱级别为 2 级品种(系)有 2 个, 抗旱指数分别为 1.124、1.146; 抗旱指数在 0.916~1.094 范围, 抗旱级别为 3 级品种的品种有 10 个; 抗旱指数为 0.700~0.899, 抗旱级别为 4 级品种有 2 个, 抗旱指数分别为 0.895、0.896。旱地品种的抗旱性级别在 2~3 级的占参试

表 4 参试冬小麦品种(系)不同性状的抗旱指数^①

品种	千粒重				有效穗数				穗粒数				株高			
	胁迫 /g	非胁迫 /g	抗旱指数	增长率 /%	胁迫 /穗	非胁迫 /穗	抗旱指数	增长率 /%	胁迫 /粒	非胁迫 /粒	抗旱指数	增长率 /%	胁迫 /cm	非胁迫 /cm	抗旱指数	增长率 /%
陇育1号	35.2	37.3	0.943	6.0	34.1	42.6	0.800	24.9	28.2	31.4	0.898	11.3	87.8	103.5	0.848	17.9
陇育4号	36.5	35.3	1.034	-3.3	36.6	43.1	0.849	17.8	24.2	26.6	0.909	9.9	100	135.0	0.743	35.0
陇育5号	33.4	40.5	0.826	21.3	30.5	35.0	0.859	14.8	34.3	38.7	0.886	12.8	76.0	111.8	0.680	47.1
陇育7号	30.3	38.3	0.791	26.4	21.7	30.2	0.541	39.2	22.3	30.0	0.745	34.5	76.4	139.5	0.548	82.6
陇育8号	32.7	34.4	0.949	5.2	35.9	52.1	0.689	45.1	38.2	40.4	0.946	5.8	114.2	132.5	0.862	16.0
陇育10号	31.2	37.3	0.834	19.6	36.6	43.6	0.839	19.1	28.8	48.3	0.596	67.7	74.7	123.1	0.606	64.8
陇育12号	32.0	37.1	0.862	15.9	35.3	40.9	0.863	15.9	27.9	45.4	0.615	62.7	75.6	112.1	0.675	48.3
陇育14号	26.8	30.4	0.883	13.4	32.0	35.5	0.901	10.9	30.0	38.5	0.779	28.3	102.2	113.2	0.903	10.8
陇鉴110	30.7	37.8	0.812	23.1	32.5	38.6	0.842	18.8	22.9	46.3	0.495	102.2	74.6	113.5	0.657	52.1
陇鉴108	35.0	35.3	0.991	0.9	31.4	47.1	0.667	50.0	43.6	38.4	1.136	-11.9	105.4	113.3	0.923	7.5
陇鉴0071	41.3	41.3	1.000	0	27.6	52.0	0.531	88.4	22.9	28.3	0.808	23.6	92.0	127.0	0.727	38.0
陇鉴387	26.7	32.9	0.811	23.2	23.5	27.3	0.861	16.2	24.3	42.4	0.574	74.5	78.5	118.3	0.663	50.7
宁麦5号	32.5	30.4	1.069	-6.5	37.1	43.6	0.851	17.5	27.3	30.1	0.905	10.3	106.8	136.0	0.784	27.3
陇鉴385	39.1	37.0	1.057	-5.4	27.4	31.8	0.862	16.1	23.1	34.6	0.669	49.8	81.5	104.7	0.779	28.5
西峰20号(CK)	39.2	37.6	1.041	-4.1	23.7	45.7	0.517	92.8	36.0	36.7	0.980	1.9	99.0	115.0	0.861	16.2

①增长率为非胁迫较胁迫增长的比率。

品种的 85.7%，抗旱性 4 级的占参试品种的 14.3%，这与张园等^[1]的研究相一致。与国家年度抗旱鉴定北部冬麦区旱地组多年试验以产量、有效穗数、穗粒数、千粒重、株高的抗旱指数为指标的抗旱鉴定结果相比，结果高出 52.7%^[15-24]，说明作物的抗逆育种与育种地的气候条件有直接的关系。

参考文献：

- [1] 张园, 田文仲, 吴少辉, 等. 北方冬小麦品种(系)节水抗旱性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(2): 9-13; 67.
- [2] 李文珍. 旱地胡麻配方施肥试验[J]. 甘肃农业科技, 2011(2): 39-40.
- [3] 党占海, 赵蓉英, 王敏, 等. 国际视野下胡麻研究的可视化分析[J]. 中国亚麻科学, 2010, 32(6): 305-313.
- [4] 党占海, 张建平. 我国亚麻产业现状及发展对策[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [5] 令鹏. 密度和氮磷施用量对旱地胡麻产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2010(9): 34-35.
- [6] 赵利, 党占海, 张建平, 等. 不同类型胡麻品种资源特性及相关性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(5): 6-9.
- [7] 高世铭. 陇中黄土高原丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [8] 刘昌明, 陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 武汉: 中国水利水电出版社, 2001.
- [9] 邵千顺, 王斐, 王克雄, 等. 宁夏南部山区冬小麦抗旱指标鉴定研究[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(3): 66-71.
- [10] 许德蓉, 刘广才, 高应平, 等. 旱地冬小麦宽幅匀播光合效应研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(5): 428-431.
- [11] TUMER N C. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(407): 2413-2425.
- [12] 农业部小麦专家指导组. 中国小麦生产“十三五”发展规划研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017.
- [13] 吴健君. 庆阳农业[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2018.
- [14] 张嘉楠, 吕小平, 郝晨阳, 等. 北方冬麦区小麦抗旱种质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传学报, 2010, 11(3): 253-259.
- [15] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2005—2006年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.
- [16] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2006—2007年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
- [17] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2009—2010年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.
- [18] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2011—2012年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2012.
- [19] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2014—2015年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.
- [20] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2016—2017年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018.
- [21] 全国农业技术推广服务中心. 中国冬小麦新品种动态: 2017—2018年度冬小麦国家区试品种报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2019.
- [22] DHOLAKIA B B, AMMIRAJU J S S, SINGH H, et al. Molecular marker analysis of kernel size and shape in bread wheat[J]. Plant Breeding, 2003, 122(5): 392-395.
- [23] 辛娟, 王峰, 周刚, 等. 旱地抗条锈冬小麦新品种宁冬 19 号选育报告[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(3): 221-223.
- [24] 邓晓奋, 刘广才, 许德蓉, 等. 旱地冬小麦膜侧宽幅匀播增产效应研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(3): 220-222.