

抗旱稳产小麦新品种宛麦 632 主要特征特性分析

李金秀¹, 王震¹, 张彬¹, 李金榜^{1*}, 石利朝¹, 张立军², 欧保红¹, 王顶杰³

(1. 南阳市农业科学院, 河南南阳 473008; 2. 镇平县农业技术推广中心, 河南南阳 474250; 3. 方城县农业技术推广中心, 河南南阳 473299)

摘要 为明确抗旱小麦新品种宛麦 632 的生产推广价值, 以 2015—2018 年度河南省小麦区域试验和生产试验的结果为依据, 分析了宛麦 632 在产量、产量构成因素、适应性等方面的表现。结果表明, 宛麦 632 的 3 年平均产量分别为 5 967.0、5 638.5 和 5 226.0 kg/hm², 分别比对照洛早 7 号增产 2.6%、4.7% 和 3.7%。宛麦 632 高稳系数平均值为 21.89%, 低于洛早 7 号。31 个试点中, 产量超过 4 900.0 kg/hm² 的试点占 18 个。通径分析表明, 宛麦 632 成穗数和千粒重相互作用对产量的消极影响远小于洛早 7 号, 产量三要素更加协调。GGE 双标图分析表明, 宛麦 632 最佳试点包括灵宝、宝丰和洛阳, 在生产试验 10 个试点中稳产性和丰产性较好。宛麦 632 的抗逆性中等, 中筋品质和农艺性状优良, 商品性好。

关键词 小麦; 宛麦 632; 抗旱; 稳产

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)22-0041-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.22.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Characteristics of New Wheat Variety Wanmai 632 with Drought Resistance and Stable Yield

LI Jin-xiu, WANG Zhen, ZHANG Bin et al (Nanyang Academy of Agricultural Science, Nanyang, Henan 473008)

Abstract In order to define production value of new wheat variety Wanmai 632 of drought resistance, according to the regional and production test in Henan Province in 2015–2018, we analyzed the yield, yield components, adaptability and other aspects of Wanmai 632. The results showed that the average yield were 5 967.0, 5 638.5 and 5 226.0 kg/hm² in 2015–2018, which were 2.6%, 4.7% and 3.7% more than that of the control Luohan No.7, respectively. The average value of high stability coefficient was 21.89%, which was lower than Luohan No.7. Among the 31 test sites, the yields of 18 trial location exceeded 4 900.0 kg/hm². The path analysis suggested that negative effects of Wanmai 632 yield between spike and 1 000-kernel weight were lower than Luomai No.7, and yield components of Wanmai 632 were more coordinated. The GGE analysis suggested that the optimal location of Wanmai 632 included Lingbao, Baofeng and Luoyang, the yield and yield stability were better in the production test. The stress resistance of Wanmai 632 was moderate, it had excellent quality of middle gluten, agronomic traits and marketability.

Key words Wheat; Wanmai 632; Drought resistance; Stable yield

河南省是我国小麦主产区和商品粮产区, 而南阳是河南省粮食主产区, 常年小麦播种面积和总产分别居河南省的第 1 和 4 位^[1]。目前, 南阳小麦单产低于河南省平均水平, 在南阳市 43.33 万 hm² 中低产田中有 24.67 万 hm² 为旱地小麦, 该区域缺乏灌溉条件, 小麦整个生育期水分主要依靠自然降雨^[2]。近年来受气候变暖影响, 南阳小麦生育期内干旱现象呈现常发重发态势^[3], 由于南阳地区大部分主栽品种抗旱性较差, 干旱对小麦的产量造成了严重影响, 培育抗旱品种已成为该区域亟待解决的重要问题。宛麦 632 是南阳市农业科学院 2004 年利用西农 953 为母本、新麦 18 为父本杂交, 采用系谱法多年选育而成的高产抗旱小麦新品种, 2019 年 4 月通过河南省农作物品种审定委员会审定, 审定编号为豫审麦 2019-1-0045。根据 2015—2018 年度河南旱地组区域试验和生产试验汇总结果。鉴于此, 笔者分析了宛麦 632 的品种特性, 以期了解该品种的生产推广价值提供科学依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 2015—2016 年度河南省旱地区域试验供试小麦新品系 14 个, 2016—2017 年度河南省旱地区域试验供试小麦新品系 14 个, 2017—2018 年度河南省旱地小麦生产

试验供试新品系 8 个, 试验地点分布在河南省的洛阳、林州、镇平等 12 个地市的区域和生产试验承担单位。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计。 试验采用统一田间试验设计, 3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 12~15 m², 收获计产面积 12 m² 以上。各试点试验设于当地有代表性的地块, 各试点基本适时播种, 播量适宜, 于播种前进行精细整地, 一次施足底肥, 生育期间不再追肥、浇水。各试点均按照当地生产实际进行管理, 防治虫害等。各试点播期在 10 月 9—18 日。

1.2.2 统计分析。 以区域试验和生产试验的数据为依据, 对宛麦 632 和洛早 7 号进行比较分析。根据温振民等^[4]提出的高稳产系数(HSC)法测定品种的高产稳产性, HSC 值越小, 表明该品种的高产稳产性越好, 反之则高产稳产性越差, 计算公式如下:

$$HSC = \left(1 - \frac{X_i - S_i}{1.10X_{ck}}\right) \times 100\%$$

式中, X_i 和 S_i 分别为第 i 个品种的平均产量和标准差, X_{ck} 为对照品种的平均产量。

通径分析用 SPSS 13.0 数据处理系统分析, 采用 GGE bi-plot 软件对生产试验参试品种进行适应性分析。

2 结果与分析

2.1 宛麦 632 在河南省区试及生试中的产量分析 由表 1 可知, 2015—2016 年度河南省旱地组区域试验中, 宛麦 632 12 点汇总, 10 点增产, 产量幅度为 4 057.5~7 365.0 kg/hm²,

基金项目 财政部和农业农村部: 现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-03)。

作者简介 李金秀(1969—), 女, 河南社旗人, 副研究员, 从事小麦育种与栽培研究。* 通信作者, 研究员, 从事小麦育种与栽培研究。

收稿日期 2021-02-26

平均产量 5 967.0 kg/hm², 比对照洛早 7 号增产 2.6%。2016—2017 年度河南省旱地组区域试验 9 点汇总, 9 点增产, 产量幅度为 4 378.5 ~ 6 700.5 kg/hm², 平均产量 5 638.5 kg/hm², 比对照洛早 7 号增产 4.7%。2017—2018 年度河南省旱地组生产试验 10 点汇总, 9 点增产, 产量幅度 3 670.5~6 568.5 kg/hm², 平均产量 5 226.0 kg/hm², 比对照洛早 7 号增产 3.7%。宛麦 632 的 HSC 值为 20.55~23.33, 均值为 21.89; 洛早 7 号的 HSC 值为 21.92~27.40, 均值为 24.03。宛麦 632 的 HSC 值小于对照洛早 7 号, 说明宛麦 632 稳产性较好。宛麦 632 产量变异系数为 16.14%~18.64%, 均值为 17.11%; 洛早 7 号产量变异系数为 14.12%~20.14%, 均值为

16.46%。

对宛麦 632 在 3 年试验共计 31 个试点产量进行了分段分析, 结果显示产量在 3 670.5 ~ 7 365.0 kg/hm² (图 1)。其中有 4 个点次产量在 3 500.0~4 200.0 kg/hm², 占试点总数的 12.90%, 有 6 个点次产量在 4 200.0~4 900.0 kg/hm², 占试点总数的 19.35%, 有 3 个点次产量在 4 900.0~5 600.0 kg/hm², 占试点总数的 9.68%, 有 8 个点次产量在 5 600.0 ~ 6 300.0 kg/hm², 占试点总数的 25.81%, 有 9 个点次产量在 6 300.0~7 000.0 kg/hm², 占试点总数的 29.03%, 有 1 个点次产量在 7 000.0 kg/hm² 以上, 占试点总数的 3.23%。这说明宛麦 632 在大多数试点产量表现较好, 并且较稳定。

表 1 宛麦 632 在河南省区试及生试中的产量及稳定性表现

Table 1 Yield and yield stability of Wanmai 632 in Henan Province regional and production test

试验类别 Test type	年度 Year	品种名称 Cultivar name	产量 Yield kg/hm ²	比对照 Compared with CK//%	增产点次 Increase location	位次 Rank	标准差 SD//kg	变异系数 CV//%	高稳系数 HSC//%
区域试验 Regional test	2015—2016	宛麦 632	5 967.0	2.6	10/12	9	64.20	16.14	21.80
		洛早 7 号(CK)	5 817.0	—	—	12	54.73	14.12	21.92
	2016—2017	宛麦 632	5 638.5	4.7	9/9	6	62.32	16.56	20.55
		洛早 7 号(CK)	5 382.0	—	—	13	54.26	15.12	22.84
生产试验 Production test	2017—2018	宛麦 632	5 226.0	3.7	9/10	6	64.94	18.64	23.33
		洛早 7 号(CK)	5 041.5	—	—	8	67.69	20.14	27.40

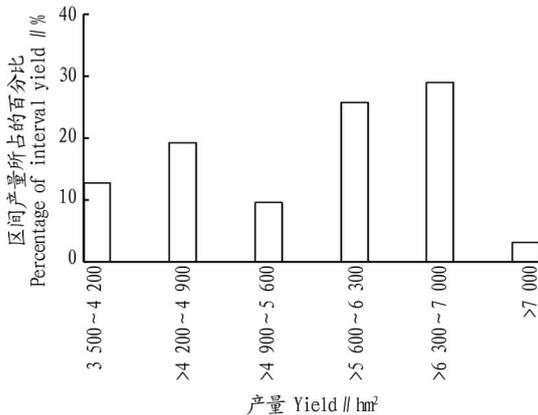


图 1 宛麦 632 在河南省区试生试中的产量分布频率

Fig.1 Yield distribution frequency of Wanmai 632 in Henan Province regional and production test

2.2 宛麦 632 产量构成因素通径分析 宛麦 632 (y_1)、洛早 7 号 (y_2) 产量性状的 Kolmogorov-Smirnov 检验显著水平均大于 0.050, 2 个品种的产量性状服从正态分布, 可以进行回归分析, 得出成穗数 (x_1)、穗粒数 (x_2) 和千粒重 (x_3) 与产量性状的线性回归方程 $y_1 = -17.763 + 4.773 x_1 + 7.346 x_2 + 0.241 x_3$ 、 $y_2 = -168.930 + 5.355 x_1 + 2.079 x_2 + 1.542 x_3$, 由通径系数可以得出 x_1 、 x_2 、 x_3 对 y_1 、 y_2 的直接作用分别是: $P_{1y_1} = 0.348$ 、 $P_{1y_2} = 0.413$ 、 $P_{2y_1} = 0.272$ 、 $P_{2y_2} = 0.442$ 、 $P_{3y_1} = 0.285$ 、 $P_{3y_2} = 0.491$ 。显著性检验结果表明, 产量三要素的偏回归系数显著性均小于 0.050, 说明三要素与产量间存在显著性差异, 有统计学意义。根据相关系数计算三要素的间接通径系数, 将相关系数、通径系数和间接通径系数列于表 2。

由表 2 可知, 宛麦 632 产量构成要素中, 穗粒数的直接

作用最大, 成穗数次之, 千粒重的直接作用最小。通过分析产量三要素的间接通径系数发现, 成穗数通过千粒重对产量产生了负值 (-0.002) 的间接作用, 同时千粒重也通过成穗数对产量产生了负值 (-0.002) 的间接作用。宛麦 632 的成穗数和千粒重间接通径系数均较小, 对产量的影响不大, 穗粒数的直接通径系数和间接通径系数较大, 对产量构成主要影响。洛早 7 号产量构成中, 穗粒数的直接作用最大, 千粒重次之, 成穗数最小。与宛麦 632 类似, 洛早 7 号成穗数通过千粒重对产量产生了负值 (-0.136) 的间接作用, 同时千粒重也通过成穗数对产量产生了负值 (-0.151) 的间接作用。洛早 7 号穗粒数的直接通径系数最小, 但穗粒数通过成穗数和千粒重对产量造成了正值的间接作用, 使穗粒数对产量的作用最大。洛早 7 号成穗数和千粒重相互作用对产量的消极影响大于宛麦 632, 宛麦 632 产量三要素更加协调, 具有较强的自我调节和互补能力。

2.3 宛麦 632 适应性分析 图 2A 中将距离原点最远的品种连接构成 1 个多边形, 过圆心分别作多边形每条边的垂线, 将整个图分成多个扇形区域, 试验点分成不同的组。同一扇形区域内, 表现最好的品种正好位于该区域内多边形顶点^[5-6], 扇形区域中包含的试点越多说明该品种的适应性越广。由图 2 可知, 位于定点的品种分别是中德麦 7 号、鑫地丰 168、宛麦 632 和华育 166。中德麦 7 号、豫农 803 和伊洛 1886 所在扇区包括 3 个试点, 分别是镇平、嵩县、林州。洛丰 997 和鑫地丰 168 所在扇区包括 3 个试点, 分别是三门峡、浚县、汝州。宛麦 632 所在扇区包括 3 个试点, 分别是灵宝、宝丰、洛阳。华育 166 所在扇区有 1 个济源试点。图 2B 中红色箭头线代表平均环境轴, 参试品种越靠近圆心则表示该品

种的综合性越好^[7],因此洛丰 997、鑫地丰 168、伊洛 1886、宛麦 632 和豫农 803 稳产性和丰产性较好。

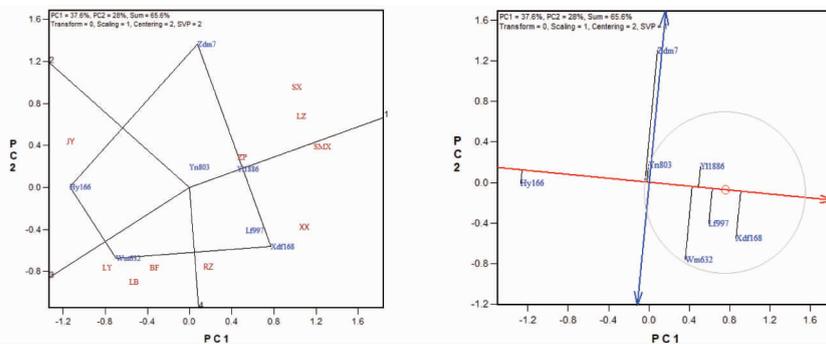
表 2 小麦产量及构成因素间的相关系数及通径系数

Table 2 Correlation coefficients between yield and its components and path coefficients

品种名称 Cultivar name	变量 Variable	相关系数 Correlation coefficient				PMCC	DPC	IDPC			合计 Total
		y	x ₁	x ₂	x ₃			x ₁	x ₂	x ₃	
宛麦 632 Wanmai 632	y ₁	1.000	0.468	0.514	0.355	—	—	—	—	—	—
	x ₁	0.468	1.000	0.291	-0.007	0.468	0.348	—	0.101	-0.002	0.099
	x ₂	0.514	0.291	1.000	0.252	0.514	0.413	0.120	—	0.104	0.224
	x ₃	0.355	-0.007	0.252	1.000	0.355	0.272	-0.002	0.069	—	0.067
洛早 7 号 Luohan No.7(CK)	y ₁	1.000	0.346	0.461	0.407	—	—	—	—	—	—
	x ₁	0.346	1.000	0.195	-0.308	0.346	0.442	—	0.086	-0.136	-0.050
	x ₂	0.461	0.195	1.000	0.182	0.461	0.285	0.056	—	0.052	0.108
	x ₃	0.407	-0.308	0.182	1.000	0.407	0.491	-0.151	0.089	—	-0.062

注:PMCC.皮尔森相关系数;DPC.直接通径系数;IDPC.间接通径系数

Note:PMCC.Pearson product-moment correlation coefficient;DPC.Direct path coefficient;IDPC.Indirect path coefficient



注:图中蓝色字体表示生产试验参试品种,Zdm7、Xdf168、Wm632、Hy166、Yl1866、Lf997、Yn803 分别代表中德麦 7 号、鑫地丰 168、宛麦 632、华育 166、伊洛 1866、洛丰 997、豫农 803;红色字体表示试验地点,BF、JY、LB、LY、LZ、RZ、SMX、SX、XX、ZP 分别代表宝丰、济源、灵宝、洛阳、林州、汝州、三门峡、嵩县、浚县、镇平

Note:Blue font represents cultivars of production test,Zdm7,Xdf168,Wm632,Hy166,Yl1866,Lf997,Yn803 represents Zhongdemai No.7,Xindifeng 168,Wanmai 632,Huayu 166,Yiluo 1866,Luofeng 997,Yunong 803, respectively.Red font represents test region,BF,JY,LB,LY,LZ,RZ,SMX,SX,XX,ZP represents Baofeng,Jiyuan,Linbao,Luoyang,Linzhou,Ruzhou,Sanmenxia,Songxian,Xunxian,Zhenpin, respectively

图 2 参试品种适宜种植区域及适应性分析

Fig.2 Suitable regional and adaptability of test cultivars

2.4 宛麦 632 抗逆性和品质分析 2015—2017 年经河南省农业科学院植物保护研究所接种抗病鉴定显示,宛麦 632 中感条锈病、叶锈病和白粉病,高感纹枯病和赤霉病。2015—2017 年经洛阳农林科学院抗旱鉴定显示,宛麦 632 抗旱级别 4 级。2016—2017 年经农业部农产品质量监督检验测试中心(郑州)测定显示,宛麦 632 蛋白质含量 14.17%~15.00%,容重 800~829 g/L,湿面筋含量 26.4%~31.6%,吸水量 58.3%~64.4%,稳定时间 8.4~16.1 min,拉伸面积 57~73 cm²,最大拉伸阻力 350~482 EU。

2.5 宛麦 632 农艺性状分析 宛麦 632 属半冬性品种,全生育期 218.5~232.6 d,平均熟期比对照品种洛早 7 号早 1.2 d。幼苗匍匐,叶色浓绿,苗势壮,分蘖力强,成穗率高。春季起身拔节较晚,耐倒春寒能力强。株高 69.8~79.0 cm,株型稍松散,抗倒性一般。旗叶长,穗层整齐,熟相比较好。穗长方形,长芒,白壳,白粒,籽粒角质,饱满度较好。

3 结论与讨论

目前干旱胁迫已经成为南阳地区中低产田小麦生长发育面临的主要非生物逆境问题,而小麦对干旱胁迫的最直观

反应就是地上生物量的变化^[8],这直接导致产量降低。同时,大量研究发现^[9-11],干旱可以影响小麦的发芽率、生长发育、开花授粉、光合作用、各类生物酶等。由于基因和环境相互作用的结果,不同小麦品种面对干旱胁迫的表现存在差异^[8]。因此,积极引进利用不同遗传背景的种质资源,筛选培育耐旱适应性好的品种,对解决南阳地区中低产田因干旱导致的单产降低具有重要的意义。宛麦 632 在河南省区域试验和生产试验的结果表明,该品种综合性状优良,具有较好的丰产稳定性和适应性。宛麦 632 保持了洛早 7 号适应性广、抗旱稳产的优点,又在丰产性上较洛早 7 号有一定的提高。通径分析表明,宛麦 632 产量构成三要素高度协调,具有较强的自我调节和互补能力,有利于达到更高的产量水平,大面积种植产量容易维持在 5 000 kg/hm² 以上。宛麦 632 在多年多点的试验中先后经历了干旱、倒春寒、干热风、成熟期连续降雨等不利气候影响,均表现出较好的抗逆性和广泛的适应性。宛麦 632 具有肥水利用率高、籽粒商品性好等特点,符合现代农业“一控两减三高效”绿色品种的新要求。

表3 不同水稻品种光温资源利用的比较

Table 3 Comparison of the light and temperature resource utilization of different rice varieties

品种名称 Variety name	生育期间积温 Accumulated temperature during growth/℃·d			年有效积温利用率 Annual effective accumulated temperature utilization rate/%			积温生产效率 Accumulated temperature production efficiency//kg/(hm ² ·℃·d)		
	头季 First season	再生季 Regeneration season	两季 Two seasons	头季 First season	再生季 Regeneration season	两季 Two seasons	头季 First season	再生季 Regeneration season	两季 Two seasons
	中组 143 Zhongzu 143	1 375.7	1 217.1	2 592.8	44.0	38.9	82.9	6.75	2.82
株两优 120 Zhuliangyou 120	1 357.4	1 200.2	2 557.6	43.4	38.4	81.8	6.57	2.53	4.68
陵两优 7713 Lingliangyou 7713	1 430.3	1 187.7	2 618.0	45.7	38.0	83.7	5.33	2.75	4.16
丰两优香 1 号 Fengliangyouxiang 1	1 942.8	913.5	2 856.3	62.1	29.2	91.3	5.28	4.48	5.02

3.3 不同再生稻品种光温资源利用比较 沿江地区属双季稻生产北缘区,受光温资源限制,双季稻生产存在一定风险,水稻生长发育起始温度为 12℃左右,通过对该地区气象数据分析发现,该生态区于 3 月底至 4 月初气温稳定回升至 12℃以上,结合增保温措施可以实现安全育秧^[24-25],该时期为早稻播种期,该试验选取早籼稻、早熟籼型杂交稻和中熟籼型杂交稻品种与早稻同期播种,试图增加再生稻生育期对全年有效积温的利用情况。试验结果表明,参试品种头季年有效积温利用率丰两优香 1 号最高,株两优 120 最低,再生季年有效积温利用率中组 143 最高,丰两优香 1 号最低;头季积温生产效率中组 143 最高,丰两优香 1 号最低,再生季积温生产效率丰两优香 1 号最高,株两优 120 最低,整个再生稻生产积温生产效率从高到低依次为丰两优香 1 号>中组 143>陵两优 7713>株两优 120,其中丰两优香 1 号较株两优 120 高 2.41%。

4 结论

中组 143、株两优 120、陵两优 7713 和丰两优香 1 号均适宜沿江地区再生稻种植,其中丰两优香 1 号年有效积温利用率和积温生产效率最高,丰两优香 1 号两季产量较中组 143、株两优 120 和陵两优 7713 显著增产,不同品种库源关系及稻米品质差异还有待进一步考察。

参考文献

- [1] 林文雄,陈鸿飞,张志兴,等.再生稻产量形成的生理生态特性与关键栽培技术的研究与展望[J].中国生态农业学报,2015,23(4):392-401.
- [2] 张上守,卓传营,姜照伟,等.超高产再生稻产量形成和栽培技术分析[J].福建农业学报,2003,18(1):1-6.
- [3] 李贵勇,宁波,刘玉文,等.再生稻精确定量栽培技术研究[J].西南农业学报,2012,25(6):1977-1981.
- [4] 徐富贤,方文,熊洪,等.施氮与杂交中稻再生力关系研究[J].杂交水稻,1993(4):34-36,33.

- [5] 李经勇,张洪松,唐永群.中国再生稻研究与应用[J].南方农业,2009,3(3):88-92.
- [6] 朱永川,熊洪,徐富贤,等.再生稻栽培技术的研究进展[J].中国农学通报,2013,29(36):1-8.
- [7] 郑景生,林文,卓传营,等.再生稻根干物质及根系活力与产量的相关性研究[J].中国生态农业学报,2004,12(4):106-109.
- [8] 万定海,易镇邪,屠乃美.再生稻根系研究进展与展望[J].作物研究,2011,25(4):392-395.
- [9] 吴文彬,黄友钦,王贵学,等.土壤水分对再生稻头季后期稻株光合和呼吸生理的影响研究[J].西南农业大学学报,1995,17(6):486-488.
- [10] 莫军,莫赛军,莫爱军,等.再生稻高产栽培技术及推广应用[J].农家参谋,2020(14):62,202.
- [11] 宋美芳,刘莉,冉娇,等.南方再生稻高产理论与技术发展趋势[J].安徽农业科学,2018,46(22):25-27,37.
- [12] 俞道标,赵雅静,黄硕春,等.低桩机割再生稻生育特性和氮肥施用技术研究[J].福建农业学报,2012,27(5):485-490.
- [13] 马晓春.中稻蓄留再生稻品种筛选与头季收获方式对再生季产量的影响[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [14] 王鸿林.机收低留桩再生稻高产栽培技术[J].福建稻麦科技,2017,35(2):11-13.
- [15] 黄水明.机收低留桩再生稻栽培技术研究[D].福州:福建农林大学,2010.
- [16] 凌启鸿,苏祖芳,侯康平,等.水稻潜伏芽生长和穗分化形成规律及其应用的研究[J].中国农业科学,1989,22(1):35-43.
- [17] 易镇邪,周文新,屠乃美.留桩高度对再生稻源库性状与物质运转的影响[J].中国水稻科学,2009,23(5):509-516.
- [18] 雷志祥,陈传安,彭俊鹏,等.不同留桩高度对丰两优香 1 号再生稻生育动态和产量的影响[J].湖北农业科学,2020,59(5):24-27.
- [19] 陈莉.不同水稻品种的再生特性及留桩高度对产量和质量的影响[D].长沙:湖南农业大学,2017.
- [20] 练红,周海涛,陈维建,等.播种期和留桩高度对再生稻产量及产量构成因素的影响[J].湖南农业科学,2017(4):28-31.
- [21] 胡润,朱勤,张玲霞,等.留桩高度对早籼类型再生稻生育期及产量的影响[J].安徽农学通报,2019,25(13):51-52,86.
- [22] 蒋俊,屠乃美.再生稻产量形成与栽培技术研究进展[J].作物研究,2013,27(1):70-74.
- [23] 许翼佳,邓清姬.超高产再生稻产量形成和栽培技术分析[J].农业与技术,2015,35(22):5-6.
- [24] 武茹,王姣梅,夏胜明,等.长江中下游地区杂交中稻再生稻品种适应性的综合评价与筛选[J].华中农业大学学报,2020,39(3):19-27.
- [25] 田玉聪,段门俊,朱杰,等.气象条件对优质再生稻米形成的影响[J].作物杂志,2020(3):125-131.

(上接第 43 页)

参考文献

- [1] 李方杰,任建强,吴尚蓉,等.河南省冬小麦种植频率时空变化及影响因素分析[J].中国农业科学,2020,53(9):1773-1794.
- [2] 赵虹,曹廷杰,王西成,等.河南省不同生态区小麦产业发展障碍因子及解决途径分析[J].河南农业科学,2012,41(10):31-35.
- [3] 姬兴杰,徐延红,左璇,等.未来气候变化情景下河南省粮食安全气候承载力评估[J].应用生态学报,2020,31(3):853-862.
- [4] 温振民,张永科.用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J].作物学报,1994,20(4):508-512.
- [5] XU N Y, FOK M, ZHANG G W, et al. The application of GGE biplot analysis for evaluating test locations and mega-environment investigation of cotton regional trials[J]. Journal of integrative agriculture, 2014, 13(9): 1921-1933.

- [6] LI J, XU N Y. Cultivar selection and test site evaluation of cotton regional trials in Jiangsu Province based on GGE biplot[J]. Agricultural science & technology, 2014, 15(8): 1277-1280, 1284.
- [7] ZHANG P P, SONG H, KE X W, et al. GGE biplot analysis of yield stability and test location representativeness in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes[J]. Journal of integrative agriculture, 2016, 15(6): 1218-1227.
- [8] 赵燕昊,曹跃芬,孙威怡,等.小麦抗旱研究进展[J].植物生理学报,2016,52(12):1795-1803.
- [9] 施成晓,陈婷,王昌江,等.干旱胁迫对不同抗旱性小麦种子萌发及幼苗根芽生物量分配的影响[J].麦类作物学报,2016,36(4):483-490.
- [10] 秦娜,许为钢,齐学礼,等.干旱胁迫下郑麦 7698 的抗旱性能及光合特性分析[J].河南农业科学,2018,47(2):7-11.
- [11] 王淑英,姜小凤,苏敏,等.水分胁迫对春小麦光合和渗透调节物质的影响[J].麦类作物学报,2013,33(2):364-367.