



1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦主要性状演变及相关分析

王 峰,辛 娟,虎芳芳,刘 龙

(宁夏固原市种子管理站,宁夏固原 756000)

摘 要 利用宁夏南部山区 1990—2025 年推广种植的 37 份冬小麦品种区域试验结果,研究不同年代主推品种主要性状演变规律,为宁夏南部山区冬小麦品种选育和高产栽培提供参考。研究表明,1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦主推品种产量水平呈逐年上升趋势,平均每年提高 34.4 kg/hm²;有效穗数年均增加 1.42 万/hm²、单穗粒数年均增加 0.02 粒/穗、千粒质量基本保持稳定。生育期平均缩短 0.27 d/a;株高平均降低 0.42 cm/a;抗旱、抗寒性稳步增强,抗条锈病能力显著提高,特别是自主选育品种。品种体积质量、粗蛋白、湿面筋含量和面团稳定时间持续向好,吸水率呈下降趋势,面团稳定时间相对较低。相关性和通径分析表明,单位面积穗数对产量的直接作用最大,其次是千粒质量,穗粒数较小。今后宁夏南部山区冬小麦品种选育应在确保抗旱、抗寒和抗条锈病能力稳固增强的基础上,实现丰产性与品质性状的优化提升。选择株高适宜,分蘖成穗率高,多花、多实的大穗品种,株高 85~95 cm、穗数 525 万/hm²~600 万/hm²、穗粒数 33~35 粒、千粒质量 39~43 g 的品种更易实现高产;面团稳定时间增加作为改善小麦品质育种的主攻方向。

关键词 宁夏;南部山区;冬小麦;主要性状;演变

冬小麦是宁夏南部山区主要口粮作物,种植区大多分布于六盘山山体两侧的固原市全域,吴忠市的同心县、盐池县和红寺堡区,中卫市的海原县^[1]。常年种植面积 6.7 万 hm² 左右,在保证区域粮食安全和提高人民生活水平中地位突出^[2]。研究宁夏南部山区不同年代冬小麦推广品种主要性状的演变规律,对总结宁夏旱地冬小麦育种经验、明确育种目标和高效种植具有重要的指导意义。

关于不同生态地区小麦品种主要农艺性状演变规律国内学者进行了大量研究,如祁旭升^[3]分析了甘肃省建国 50 多年来审定(认定)小麦品种演替过程及其发展方向;杨洪强等^[4]研究了 1982—2010 年河南省旱地小麦品种主要农艺性状的遗传演变规律;冯丽云等^[5]研究了 1996—2017 年山西省中部旱地小麦品种演变规律;郭凤芝等^[6]对山东省 2001—2017 年审定的 83 个高产品种的农艺、品质性状及演变趋势进行分析;王成社等^[7]对 1942—2013 年陕西关中麦区小麦代表品种产量及其构成的演变情况进行了研究;蒋进等^[8]研究了 2008—2018 年四川省育成小麦品种

农艺性状和品质性状演变规律;宋晓霞等^[9]对 2009—2017 年黄淮南片区试小麦的增产潜力及系谱进行了分析;陈晓婷等^[10]对 2022—2024 年宁夏南部山区半湿润区冬小麦品种产量相关性进行了通径分析。前人的研究重点关注产量及其构成要素、品质等农艺性状演变规律的研究,少有将气候、生态条件、品种抗逆性等一并纳入研究内容。宁夏旱地冬小麦自主选育工作始于 20 世纪 80 年代后期,针对当时生产上大面积种植品种抗锈病能力差、高秆易倒伏、产量低等问题,提出降株高扩群体、强抗性提单产的育种目标,通过外引与自育相结合,先后自育和引进审定推广了一批冬小麦品种,实现了宁夏南部山区冬小麦品种两次更新换代。就宁夏南部山区冬小麦品种主要性状演变规律的相关研究鲜有报道。

本研究力求通过分析 1990—2025 年宁夏南部山区推广种植的 37 个冬小麦品种主要性状变化趋势和品种更替规律,总结品种选育工作经验,准确定位现阶段冬小麦品种选育现状和问题,为今后冬小麦品种选育和推广工作拓展思路和创新方法提供帮助。

收稿日期:2025-07-21 修回日期:2025-08-15

第一作者:王 峰,男,研究员,主要从事小麦育种及栽培研究。E-mail:nxgywf666@163.com

1 材料与方 法

1.1 材料及数据来源

材料为1990—2025年宁夏南部山区推广种植的37个冬小麦主栽品种,主要性状数据来自宁夏农作物品种审定委员会审定公告。由于时间跨度较长,各项数据受环境因素及栽培技术水平影响较大,为了尽可能消除影响,本研究所采用的性状数据均为两年区域试验的平均值,其中2005年以前审定的品种缺体积质量、湿面筋、吸水率和面团稳定时间数据(表1)。

1.2 统计方法

运用Microsoft Excel 2010进行常规数据统计分析并作图,SPSS 23.0和Origin软件进行相关性和通径分析。为便于统计分析,分别对抗旱性按100表示高抗(1)、70表示中抗(2)、40表示低抗(3)、10表示不抗(4),抗条锈病按100表示免疫(IM)、70表示高抗(HR)、50表示中抗(MR)、30表示中感(MS)、10表示高感(HS)赋值^[11]。

2 结果与分析

2.1 宁夏南部山区冬小麦主要性状变化趋势

2.1.1 产量及其构成因素变化 由图1可知,1990—2025年宁夏南部山区推广种植的冬小麦品种平均产量为4 551.7 kg/hm²,随着品种审定年份的推进,产量呈波动上升趋势。从线性拟合方程看,产量每年以34.4 kg/hm²的幅度提高。其中以2003年审定的‘宁冬7号’产量最高,为6 184.5 kg/hm²,增幅也最高,为26.1%;2009年审定的‘宁冬12号’产量最低,为3 298.5 kg/hm²,品种间差异达28 86.0 kg/hm²(表1)。产量构成因素单位面积穗数随年份更替稳步提高,年均增加值1.42万/hm²,平均穗数为529.5万/hm²,1998年审定的‘宁冬5号’穗数最高,为637.5万/hm²,1994年审定的‘西峰20号’穗数最低,为430.5万/hm²,品种间差异达207.0万/hm²;单穗粒数稳中有升,但增加值不大,平均年增加值0.02粒/穗,平均穗粒数32.6粒/穗,1990年审定的‘83平8’穗粒数最高,为44.0粒/穗,同年审定的‘中引6号’穗粒数最低,为24.3粒,品种间差异达19.7粒/穗;千粒质量随年份的变化较为稳定,历年平均千粒质量为39.4 g,1994年审定的‘清农3号’千粒质量最大,为49.5 g,1994年审定的‘西峰20号’和2003年审

定的‘长6878’千粒质量最小,均为34.0 g,品种间差异达15.5 g(表1)。

2.1.2 生育期变化 生育期总趋势是随着品种审定年份推进而逐年缩短(图2)。1990年审定的5个品种生育期相对较长,平均为292 d,其中‘秦麦4号’生育期最长,为299 d;之后呈直线下降,中间虽有小幅回升,但整体呈曲线形波动下降,以2009年审定的‘宁冬12号’261 d为最低。平均生育期较1990年审定品种缩短9.6 d,年均生育期缩短0.27 d。生育期缩短使宁夏南部山区冬小麦收获期提前到6月下旬至7月上旬,有效规避了7月中下旬高温、多雨以及干热风危害。

2.1.3 株高变化 图3为1990—2025年宁夏南部山区冬小麦品种株高随年份变化趋势,可以看出,品种株高随审定年份呈波动下降之趋势。株高每年降低0.42 cm,35年来株高降低14.7 cm,说明近年来宁夏南部山区冬小麦品种选育在降低株高方面的努力有所成效。通过降低株高,改良了品种株型,扩大了群体密度,克服了高秆品种易倒伏的缺点。

2.1.4 抗逆性变化 图4反映了1990—2025年宁夏南部山区冬小麦品种抗逆性变化的趋势。可以看出,越冬率随品种审定年份呈波动式逐年递增趋势,越冬率平均值为90.0%,仅有3个品种越冬率低于85.0%,分别为1990年审定的‘清农3号’,为84.6%;1994年审定的‘宁冬3号’,为84.7%;2020年审定的‘兰天134’,为84.9%。抗旱能力方面,审定推广的37个品种,6个品种达到高抗水平,占到审定推广品种的16.2%;13个品种达到中抗,占审定推广品种的35.1%,实现了育种目标确定的抗旱基本盘,品种抗旱性呈稳固上升趋势。品种抗条锈病能力随着审定年份的更替呈现显著增强趋势,37个品种中对条锈病达到免疫的2个,分别是2025年审定的‘兰航选151’和‘宁冬24号’,占比5.4%,高抗条锈病的14个,占比37.8%,中抗条锈病的15个,占比40.5%。整体达到中抗以上水平的品种31个,占到审定推广品种的83.8%,其中自育品种就达17个,占比54.8%。35年来宁夏南部山区通过接续不断引进抗条锈和耐锈性品种资源,并成功将其抗锈性转育到自主选育品种当中,整体提升了宁夏南部山区冬小麦种植区品种抗条锈病能力。

2.1.5 品质性状变化 由图5可知,1990—2025年宁夏南部山区审定推广的冬小麦品种平均粗蛋

表 1 1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦品种主要性状
Table 1 Main trait values of winter wheat varieties in southern mountainous area of Ningxia (1990—2025)

序号 Serial number	品种名称 Variety name	审定时间 Approval time	产量/ Yield (kg/hm ²)	穗数/ Panicle number (万/hm ²)	穗粒数 Grams per spike	千粒 质量/g 1 000-grain mass	生育期/d Growth period	株高/cm Plant height	越冬率/% Winter survival rate	抗旱性 (级) Drought resistance	抗条锈病 (级) Stripe rust resistance	粗蛋白/% Crude protein	体积质量/ Volumic mass (g/L)	湿面筋/ Wet gluten	吸水率/% Water absorption	稳定 时间/min Stability time
1	中引 6 号	1990	3 979.5	546.0	24.3	37.5	290	90	85.0	40	70	13.15	/	/	/	/
2	西峰 16 号	1990	3 562.5	481.5	29.6	37.5	279	90	95.5	70	30	11.4	/	/	/	/
3	清农 3 号	1990	3 825.0	517.5	42.5	49.5	295	96	84.6	40	70	15.1	/	/	/	/
4	83 平 8	1990	3 799.5	496.5	44.0	38.5	297	102	86.9	40	50	11.3	/	/	/	/
5	秦麦 4 号	1990	3 727.5	454.5	40.0	42.7	299	104	85.6	70	50	14.21	/	/	/	/
6	西峰 20 号	1994	4 000.5	430.5	35.0	34.0	280	100	90.4	100	10	15.74	/	/	/	/
7	宁冬 1 号	1994	3 397.5	468.0	27.0	36.0	270	95	85.4	40	50	13.6	/	/	/	/
8	宁冬 2 号	1994	3 373.5	459.0	33.0	38.0	286	97	90.3	70	10	11.5	/	/	/	/
9	宁冬 3 号	1994	4 881.0	505.5	33.0	42.0	285	101	84.7	40	50	12.72	/	/	/	/
10	宁冬 4 号	1998	4 702.5	481.5	30.5	43.1	281	88	88.6	40	10	10.77	/	/	/	/
11	宁冬 5 号	1998	3 747.0	637.5	30.0	37.2	278	81	97.0	40	10	9.83	/	/	/	/
12	宁冬 7 号	2003	6 184.5	574.5	30.6	41.9	277	107	90.6	40	70	14.61	/	/	/	/
13	宁冬 8 号	2003	5 119.5	564.0	31.0	41.1	276	99	89.7	40	50	11.67	/	/	/	/
14	宁冬 9 号	2003	3 622.5	525.0	26.2	37.6	273	97	88.5	40	50	12.91	/	/	/	/
15	长 6878	2003	4 218.0	540.0	29.0	34.0	278	90	94.4	100	70	14.6	/	/	/	/
16	轮抗 6 号	2005	5 371.5	600.0	31.0	48.5	290	89	93.4	40	50	14.54	754	31.2	62.2	1.9
17	宁冬 12 号	2009	3 298.5	532.5	27.0	36.9	261	67	91.0	40	50	13.91	789	28.4	63.2	2.2
18	宁冬 13 号	2009	3 961.5	508.5	30.2	34.4	269	82	91.0	70	50	15.24	762	30.9	64.3	2.4
19	宁冬 14 号	2012	5 428.5	625.5	30.0	38.5	274	81	90.8	70	70	13.87	758	28.3	64.1	1.8
20	宁冬 15 号	2014	4 824.0	556.5	29.0	40.5	281	99	93.9	70	70	16.51	772	34.1	63.5	2.3
21	兰天 26 号	2015	5 926.5	528.0	31.0	43.0	289	94	92.1	70	70	13.96	780	30.0	62.9	2.1
22	兰天 32 号	2015	5 671.5	558.0	36.0	40.0	286	103	91.5	70	70	14.6	760	32.1	59.7	4.0
23	宁冬 16 号	2015	4 995.0	525.0	29.0	40.0	283	95	93.6	100	50	12.5	790	25.4	62.4	3.3
24	宁冬 17 号	2016	5 529.0	553.5	32.6	39.1	288	91	93.3	40	70	14.53	744	31.7	59.2	2.5
25	宁冬 18 号	2017	4 668.0	495.0	32.1	37.4	289	80	92.2	40	50	15.36	770	36.6	64.7	2.1
26	晋麦 79 号	2017	4 659.0	525.0	31.3	36.6	287	81	93.6	70	50	15.52	782	35.4	66.3	2.0
27	陇育 5 号	2018	4 413.0	481.5	29.7	40.3	287	80	85.8	100	70	13.89	826	31.6	62.4	2.1
28	兰天 28 号	2018	4 222.5	492.0	34.5	35.3	286	80	87.4	40	70	14.99	820	30.7	62.5	1.1
29	陇育 10 号	2019	3 393.0	517.5	30.7	35.6	283	85	86.9	100	50	15.41	799	32.9	62.8	1.9
30	兰天 134	2020	3 886.5	529.5	31.0	36.8	281	81	84.9	40	70	13.82	774	30.9	58.9	6.3
31	宁冬 19 号	2021	4 717.5	528.0	42.7	41.7	284	74	90.1	70	70	13.24	770	33.6	57.0	3.5
32	宁冬 20 号	2021	4 923.0	538.5	38.8	41.2	284	88	90.3	70	70	14.89	727	33.2	59.3	1.7
33	晋麦 101 号	2021	4 951.5	538.5	38.0	42.7	283	85	87.8	70	50	14.22	789	29.6	58.5	7.5
34	宁冬 22 号	2022	5 290.5	597.0	33.4	35.7	279	99	93.6	100	50	15.35	790	32.8	63.8	3.8
35	兰天 132	2024	5 518.5	562.5	37.9	42.5	281	82	90.9	40	30	15.17	790	33.2	60.4	1.8
36	兰航选 151	2025	5 532.0	556.5	34.4	40.9	276	75	90.6	40	100	15.68	778	38.2	64.3	5.5
37	宁冬 24 号	2025	5 092.5	561.0	30.2	39.3	282	83	88.3	70	100	17.82	753	43.0	62.7	1.5

注: / 表数据缺失。

Note: / data missing.

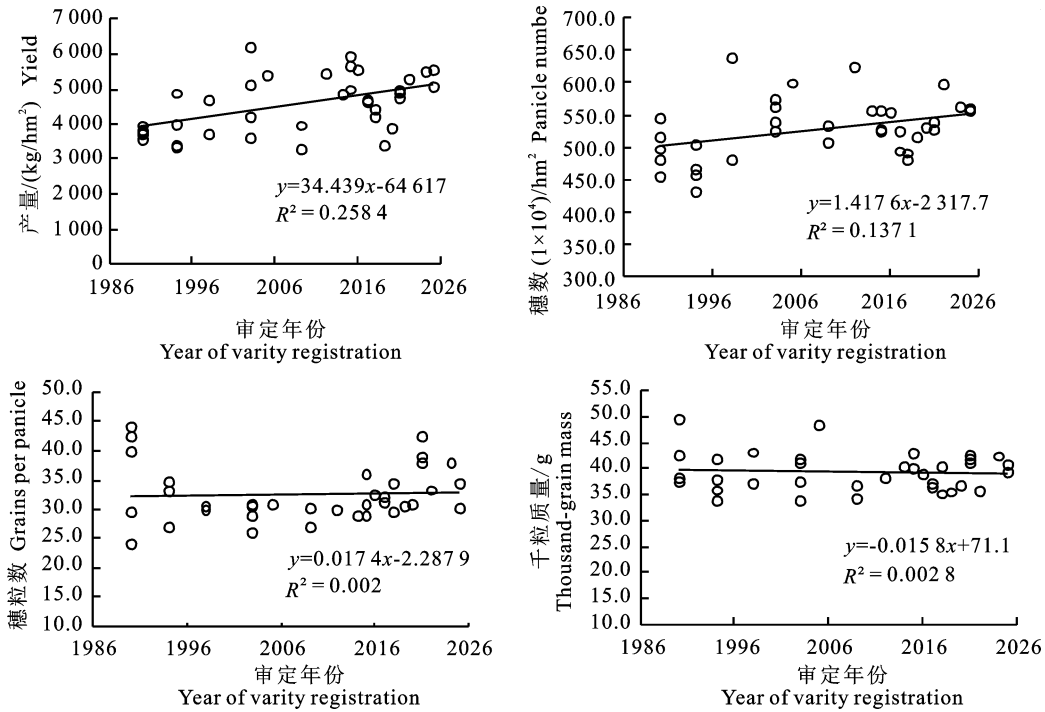


图 1 1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦品种产量及其构成因素变化
 Fig. 1 Variation in yield and its components of winter wheat varieties in southern mountainous area of Ningxia (1990—2025)

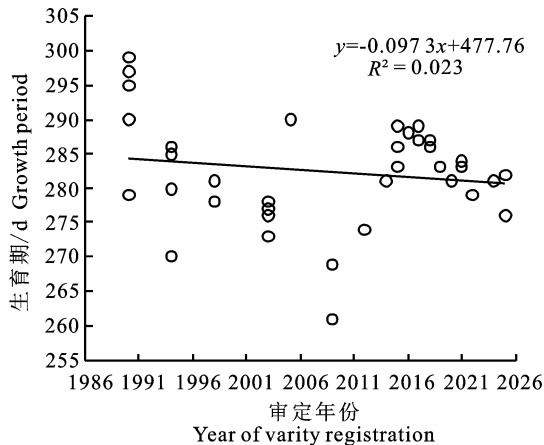


图 2 1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦品种生育期变化
 Fig. 2 Variation in growth duration of winter wheat varieties in southern mountainous area of Ningxia (1990—2025)

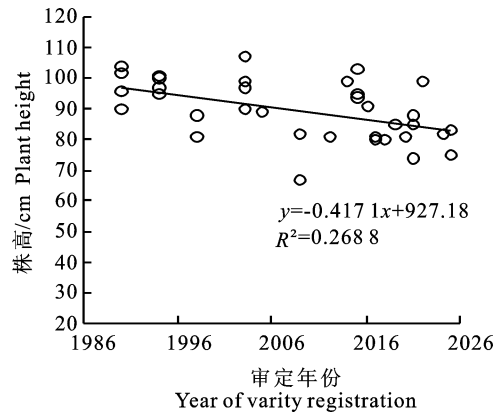


图 3 1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦品种株高变化
 Fig. 3 Variation in plant height of winter wheat varieties in southern mountainous area of Ningxia (1990—2025)

白随年份的更替呈显著增长趋势,平均粗蛋白含量为 14.00%,年均增长 0.08%,2025 年审定的‘宁冬 24 号’粗蛋白含量最高,为 17.82%;1998 年审定的‘宁冬 5 号’粗蛋白含量最低,为 9.83%,品种间差异 7.99%。2005—2025 年宁夏南部山区审定推广的冬小麦品种体积质量呈缓慢增长趋势,年均提升 0.629 g/L,平均体积质量为

776.2 g/L,2018 年审定的‘陇育 5 号’体积质量最高,为 826.0 g/L;2021 年审定的‘宁冬 20 号’体积质量最低,为 727.0 g/L,品种间差异 99.0 g/L。湿面筋含量随年份呈现显著增加趋势,平均湿面筋年均增长 0.38%,湿面筋平均含量为 32.44%,2025 年审定的‘宁冬 24 号’湿面筋含量最高,为 43.0%;2015 年审定的‘宁冬 16 号’湿面

筋含量最低,为 25.4%,品种间差异 17.6%。吸水率随年份呈现缓慢下降趋势,平均吸水率年均下降 0.12%,吸水率平均值为 62.05%。2017 年审定的‘晋麦 79 号’吸水率最高,为 66.3%;2021 年审定的‘宁冬 19 号’吸水率最低,为 57.0%,品种间差异 9.3%。面团稳定时间随年份呈现稳步

延长趋势,平均面团稳定时间年均延长 0.1 min,面团稳定时间平均值为 2.88 min,2021 年审定的‘晋麦 101 号’面团稳定时间最长,为 7.5 min;2018 年审定的‘兰天 28 号’面团稳定时间最短,为 1.1 min,品种间差异 6.4 min。

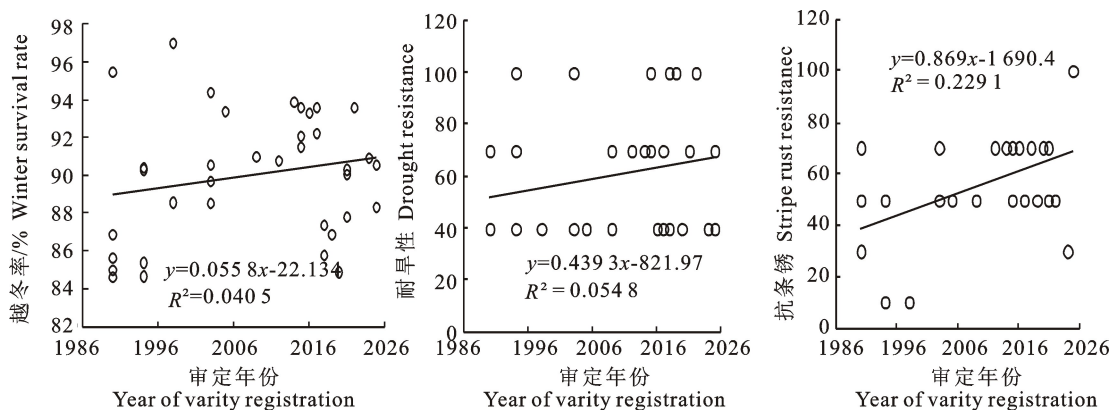


图 4 1990—2025 年宁夏南部山区冬小麦品种抗逆性变化

Fig. 4 Variation in stress resistance of winter wheat varieties in southern mountainous area of Ningxia (1990—2025)

根据国家专用小麦品种品质分类标准(GB/T17320-2013),对 2005—2025 年宁夏南部山区审定推广的 4 项主要品质检测值较全的 22 个冬小麦品种品质性状进行分类,粗蛋白含量 $\geq 14.00\%$ 的品种有 15 个,占比 68.2%;湿面筋含量 $\geq 30.0\%$ 的品种 18 个,占比 81.8%;吸水率 $\geq 60\%$ 的品种有 16 个,占比 72.7%;面团稳定时间 ≥ 8

min 的品种没有,仅有 2 个 ≥ 6 min 的品种,占比 9.1%。说明此阶段未出现 4 项指标均符合强筋小麦标准的品种。由此可见,2005—2025 年宁夏南部山区审定推广的冬小麦品种粗蛋白含量、湿面筋含量和吸水率相对较高,面团稳定时间短。从 4 项品质指标分类看,4 项指标全部达到中强筋小麦标准的品种有 2 个,分别是‘兰天 134’和‘晋麦

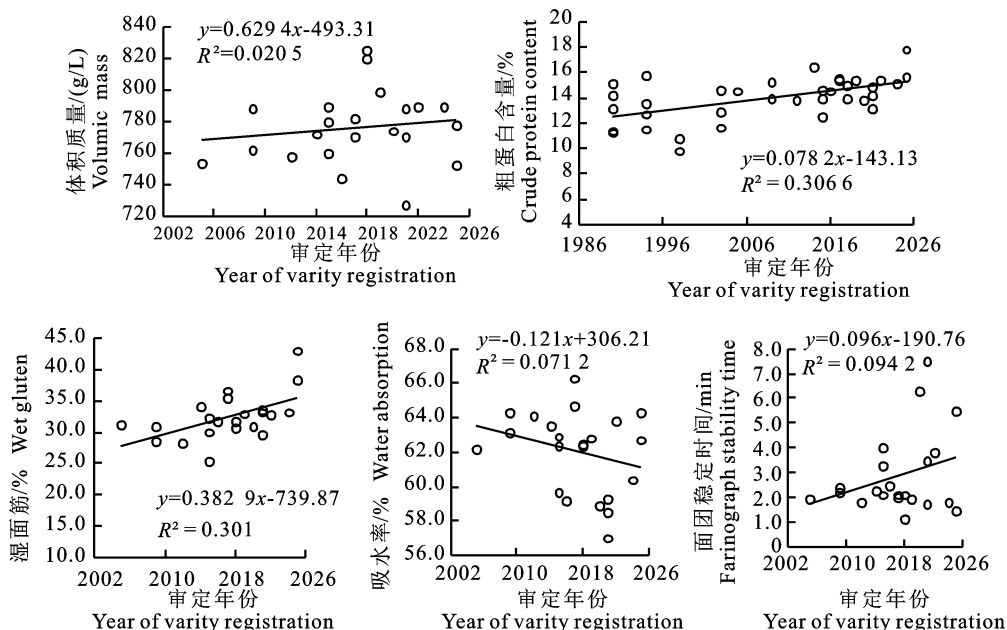


图 5 宁夏南部山区冬小麦品种体积质量、湿面筋、吸水率和面团稳定时间(2005—2025)及粗蛋白含量(1990—2025)的变化

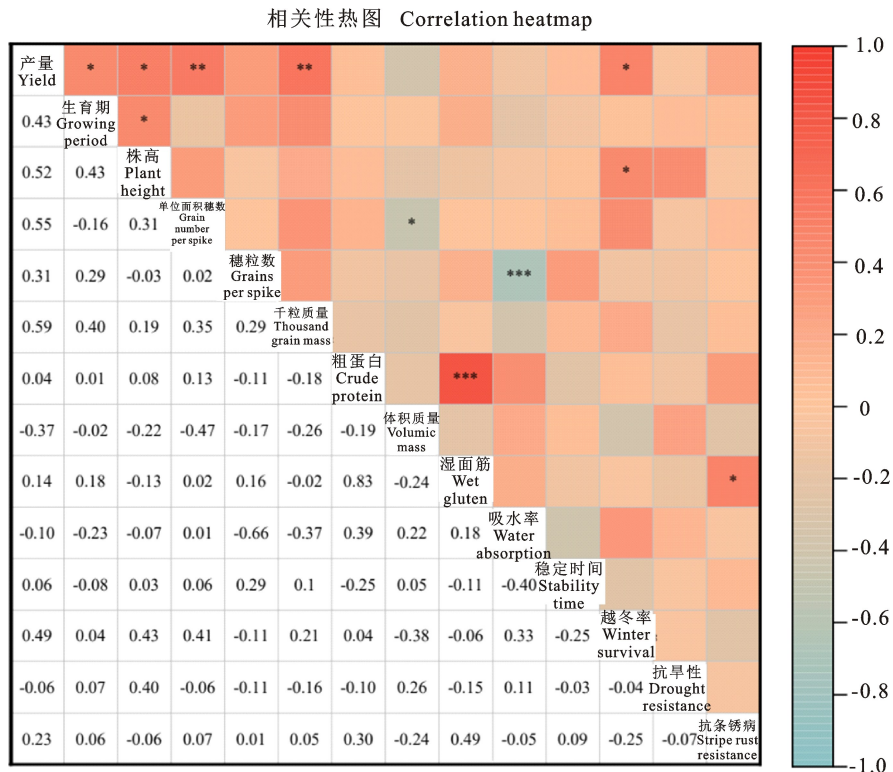
Fig. 5 Changes in volumic mass, wet gluten, water absorption rate, and farinograph stability time of winter wheat varieties in the southern mountainous region of Ningxia (2005—2025), as well as crude protein content (1990—2025)

101号’,占比9.1%;4项指标全部达到中筋小麦标准的品种有3个,占比13.6%;另外17个品种由于1项或多项指标影响无法归类。因此,此阶段宁夏南部山区审定推广的冬小麦品种品质以偏中筋为主,多个品种品质指标表现强筋不强,弱筋不弱,品种品质改良工作任重道远。

2.2 宁夏南部山区冬小麦品种主要性状相关性分析

图6相关性分析表明,产量与生育期、株高、越冬率呈显著正相关($P \leq 0.05$),相关系数分别为0.43、0.52、0.49,说明这些性状对产量的提高有正向作用。与单位面积穗数、千粒质量呈极显

著正相关($P \leq 0.01$),相关系数分别为0.55和0.59,说明宁夏南部山区近年来小麦产量的提升主要源自单位面积穗数增加和相对稳定的千粒质量;生育期与株高呈显著正相关($P \leq 0.05$),相关系数为0.43;株高与越冬率呈显著正相关($P \leq 0.05$),相关系数0.43;单位面积穗数与体积质量呈显著负相关($P \leq 0.05$),相关系数为-0.47;穗粒数与吸水率呈极显著负相关($P \leq 0.001$),相关系数为-0.66;粗蛋白含量与湿面筋含量呈极显著正相关($P \leq 0.001$),相关系数为0.83;湿面筋与条锈病抗性呈显著正相关($P \leq 0.05$),相关系数为0.49。



颜色越接近红色越正相关,越接近蓝色则越负相关; * 表示性状间显著相关($P \leq 0.05$), ** 和 *** 表示性状间极显著相关($P \leq 0.01$, $P \leq 0.001$)

The closer the color is to red, the stronger the positive correlation; the closer it is to blue, the stronger the negative correlation; *, ** and *** indicate significant ($P \leq 0.05$), highly significant ($P \leq 0.01$), and extremely significant correlations ($P \leq 0.001$), respectively

图6 2005—2025年宁夏南部山区冬小麦品种主要性状相关性分析

Fig. 6 Correlation analysis of major traits in winter wheat varieties in Southern mountainous area of Ningxia (2005—2025)

2.3 宁夏南部山区冬小麦品种主要性状通径分析

虽然单位面积穗数、千粒质量与产量呈极显著相关,生育期、株高、越冬率与产量呈显著相关,但是各主要性状之间也存在着相关,例如,生育期与株高呈显著正相关,株高与越冬率呈显著正相关等,所以仅通过简单的相关分析无法准确判断

主要性状与其产量之间的真实关系^[12]。因此,本研究进一步进行通径分析^[13]来揭示各主要性状对其产量的影响。通径分析可知(表2),株高、单位面积穗数、穗粒数和千粒质量对产量的直接通径系数都是正数,这意味着在其他要素保持不变的情况下,增加其中的任何一个都会对产量产生积极的影响。在所有要素中,单位面积穗数对产

量的影响最大($P_{Y_2} = 0.511$),其次是千粒质量($P_{Y_4} = 0.277$)和株高($P_{Y_1} = 0.146$),穗粒数对产量的影响最小($P_{Y_3} = 0.057$)。说明,在品种选育过程中,需要加大对有效分蘖数的选育力度,同时还需要协调株高和产量要素之间的关系,以实现产量的稳定增长。从表 2 中还可以看到,正向间接作用中,千粒质量通过株高对产量的间接作用最大($P_{Y_4X_1} = 0.116$),其次为单位面积穗数通过千粒质量对产量的间接作用($P_{Y_2X_4} = 0.093$)、千粒质量通过穗粒数对产量的间接作用($P_{Y_4X_3} = 0.050$)和千粒质量通过单位面积穗数对产量的间接作用($P_{Y_4X_2} = 0.048$),株高通过穗粒数和千粒质量对产量的间接作用($P_{Y_1X_3} = 0.018$, $P_{Y_1X_4} =$

0.026)和穗粒数通过株高和千粒质量对产量的间接作用($P_{Y_3X_1} = 0.007$, $P_{Y_3X_4} = 0.023$)相对较小。在负向间接作用中,单位面积穗数通过株高和穗粒数对产量的间接作用最大($P_{Y_2X_1} = -0.086$, $P_{Y_2X_3} = -0.081$);株高通过单位面积穗数对产量的作用次之($P_{Y_1X_2} = -0.024$),穗粒数通过单位面积穗数对产量的间接作用最小($P_{Y_3X_2} = -0.009$),由此可知小麦产量和其他主要性状间存在相互制约、相互影响的关系。因此,在品种选育过程中,需要平衡株高、单位面积穗数、穗粒数和千粒质量之间的关系。基于多穗的特性,选择株高适宜、多花、多实的大穗型,以增加穗粒数和千粒质量,从而提高产量。

表 2 产量与其构成要素的通径分析

Table 2 Path analysis of yield and yield components

性状 Trait	简单相关系数 Simple correlation coefficient	直接作用 (P_Y) Direct effect	间接作用(P_X)			
			株高(X1) Plant height	单位面积穗数(X2) Spike number per unit area	穗粒数(X3) Grains per spike	千粒质量(X4) 1 000-grain mass
株高(Y1) Plant height	0.116	0.146		-0.024	0.018	0.026
单位面积穗数(Y2) Spike number per unit area	0.528	0.511	-0.086		-0.081	0.093
穗粒数(Y3) Grains per spike	0.106	0.057	0.007	-0.009		0.023
千粒质量(Y4) 1 000-grain mass	0.418	0.277	0.116	0.048	0.050	

3 讨论

3.1 宁夏南部山区冬小麦主要农艺性状的演变

郭瑞等^[14]认为河南省 1982—2012 年间育成品种产量大幅提高,生育期缩短,株高降低,对于半冬性品种,千粒质量和穗粒数增加,单位面积穗数减少,千粒质量和穗粒数对产量的贡献最大。李润芳等^[15]研究认为山东省自新中国成立以来近 60 年主推小麦品种株高呈极显著的降低趋势,每次品种更替株高平均降低 6.29 cm;主推品种的千粒质量呈极显著的增加趋势,每次品种更替千粒质量平均增加 1.26 g。张俊灵等^[16]认为国家北部冬麦区旱地 2001—2015 年区试参试品系产量水平年增长 141.9 kg/hm²,主要源于穗粒数、单位面积穗数的提高,株高呈先增加后降低的趋势,生育期缩短。本研究发现,1990—2025 年宁夏南部山区推广种植的冬小麦品种产量水平呈逐年上升的趋势,平均每年提高 34.4 kg/hm²,株高年均降低 0.42 cm,生育期年均缩短 0.27 d,与前人研究的变化趋势一致。产量 3 因素单位面积穗数、穗粒数呈逐年上升趋势,千粒质量基本保持稳定,穗数平均每年提高 1.41 万穗/hm²,穗粒数平均每年增加 0.02 粒/穗,结果与张俊灵等^[16]研

究相同,可能与两地同属国家北部旱地冬小麦种植区,自然条件和栽培方式基本相似有关。与郭瑞等^[14]单位面积穗数减少和李润芳等^[15]千粒质量增加有差异,可能与宁夏南部山区自然资源、栽培条件、耕作制度与山东、河南两省存在不同有关。宁夏南部山区属典型雨养农业区,境内年降雨量 277~651 mm,大部分地区在 400 mm 左右,其中 60%~70%降雨量集中在 7、8、9 月,干旱频发,土地贫瘠^[1],水资源明显不及山东、河南两省,决定了其在品种选择上的侧重点不相同,实现高产的途径不一样。因此,宁夏南部山区冬小麦品种选育与推广首选为抗旱耐瘠能力强、分蘖成穗数和穗粒数较高的品种,其次为千粒质量相对较高且较稳定的品种。

3.2 宁夏南部山区冬小麦品质性状的演变

宋健民等^[17]研究发现,山东省 1999—2010 年审定冬小麦品种蛋白质和湿面筋含量指标相对较高,但面团稳定时间等指标相对较低,指标间不协调;籽粒湿面筋含量和吸水率等指标呈逐年上升的趋势,蛋白质含量、稳定时间呈下降的趋势。董策等^[18]测定并分析了 2013—2021 年河北省审定高产小麦品种平均蛋白质含量为 14.04%,湿面筋含量 30.42%,吸水率 60.19%,稳定时间

4.12 min,多数品种的蛋白质含量、湿面筋含量和吸水率相对较高,面团稳定时间极低,成为制约河北省小麦品种品质提升的主要因素。本研究显示,1990—2025年宁夏南部山区推广种植的冬小麦品种粗蛋白含量、湿面筋含量、吸水率相对较高,面团稳定时间逐步向好,但相对较低,与前人研究结果基本一致。宁夏南部山区冬小麦育种工作起步于产量的提高,对品质关注度不高,同时群众生活习惯也以馒头和饼子为主食,对小麦品质需求以中筋为主。随着生活水平的提升和饮食习惯转变,人们逐步接受了筋度较好的面条和面包。研究同时发现同一品种不同年份和同一年份不同品种之间品质也存在较大差异,说明冬小麦品质的优劣,既受遗传因素的左右,同时受自然生态环境和栽培措施的影响^[19]。因此,改善宁夏南部山区冬小麦品质应从品种和良法两方面着手,采用综合措施在高产的基础上实现优质,或在实现优质的同时达到高产水平,今后应把增加面团稳定时间作为改善小麦品质育种的主攻方向。

3.3 宁夏南部山区冬小麦品种抗逆性状的演变

赵燕昊等^[20]认为水资源短缺是目前小麦生产面临的环境问题之一,选育耐旱品种是解决小麦生产的核心。王晓鸣等^[21]中国农业科学院牵头带动全国小麦工作者历时40年对2.4万份小麦种质资源进行了抗旱性鉴定,遴选出强抗旱种质资源110多份,利用这些种质培育出了‘晋麦47’‘长6878’‘洛旱7号’等一批抗旱节水小麦品种。常耀军等^[22]通过研究固原市30年来气候条件对冬小麦越冬的影响,得出冬季干旱和气候严寒是造成冬小麦越冬死苗主要气象灾害。本研究分析1990—2024年宁夏南部山区气象资料,当地发生重度干旱年份次数11次,中度偏重年份7次,基本上两年当中就有一年为干旱年份,通过外引与自育相结合的方式,引进山西、甘肃两省西峰系列、陇育系列、晋麦系列和长麦系列抗旱抗寒品种及资源,并将其抗旱抗寒基因导入自育品种当中,选育出‘宁冬16号’和‘宁冬22号’两抗旱抗寒优秀代表品种。周祥椿等^[23]认为控制小麦条锈病最根本的措施是选育和应用抗锈品种,并进行合理布局。宋建荣等^[24]提出甘肃省要挖掘抗锈种质资源、利用多种育种技术、充分利用有效抗条锈基因、利用相对持久抗性品种和品种合理布局的育种思路。宁夏南部山区冬小麦抗条锈病育种,从20世纪80年代后期开始,科研人员不断引

进国内外抗锈种质资源,开展鉴定与筛选,并大量配置杂交组合,成功选育出‘宁冬14号’‘宁冬15号’‘宁冬17号’‘宁冬19号’‘宁冬20号’和‘宁冬24号’等一批分属不同抗性的高抗品种,基本上解决了宁夏南部山区冬小麦品种不抗条锈病的困境,从2005年以来,当地冬小麦条锈病基本上再没有出现过中度偏重流行记录。

4 结论与展望

1990—2025年宁夏南部山区冬小麦主推品种产量水平呈逐年上升趋势,线性拟合结果表明平均每年提高 34.4 kg/hm^2 ,此阶段小麦产量的提高是在千粒质量基本保持稳定的前提下,主要依靠单位面积穗数和穗粒数的增加取得的。其他主要性状生育期平均缩短 0.27 d/a ,株高平均降低 0.42 cm/a ;抗旱、抗寒性稳步增强,抗条锈病能力显著提高,特别是自主选育品种。宁夏南部山区冬小麦品种的蛋白质含量、湿面筋含量和吸水率相对较高,反映蛋白质品质指标的面团稳定时间极低,今后应把增加面团稳定时间作为改善小麦品质育种的主攻方向。

干旱、低温霜冻、条锈病是宁夏南部山区冬小麦生产主要自然灾害,品种选育应在加强抗旱节水抗病性选择的基础上,通过选择株高适中、茎秆弹性好的品种提高抗倒性;选择分蘖能力强成穗率高的品种增加穗数;选择多花多实大穗型品种以提高穗粒数;选择花后光合速率强、灌浆速度快、早熟的品种以提高千粒质量。根据多年试验结果,株高 $85 \sim 95 \text{ cm}$ 、穗数 $525 \text{ 万/hm}^2 \sim 600 \text{ 万/hm}^2$ 、穗粒数 $33 \sim 35 \text{ 粒}$ 、千粒质量 $39 \sim 43 \text{ g}$ 的品种更容易实现高产。

参考文献 Reference:

- [1] 杜守宇,田恩平.大力推广旱作节水农业技术推动宁南山区农业持续稳定发展[J].宁夏农林科技,2000(2):5-9.
- [2] 王辉,苏振纲.宁夏回族自治区固原地区概况[M].宁夏:宁夏人民出版社,1988:13-14.
- [3] 祁旭升.甘肃省小麦品种演替过程及其发展方向[J].中国农学通报,2006,22(2):147-151.
- [4] 杨洪强,田文仲,吴少辉,等.1982—2010年河南省旱地小麦品种主要农艺性状的遗传演变规律[J].河南农业科学,2014,43(5):38-41.
- [5] 冯丽云,张俊灵,闫金龙,等.山西省中部旱地小麦品种演变规律研究[J].山西农业科学,2020,48(10):1566-1571,1578.
- [6] 郭凤芝,林坤,葛振勇,等.2001—2017年山东省审定小麦高产品种农艺、产量和品质性状演变分析[J].山东农业科学,2019,51(3):16-23.
- [7] 王成社,刘录祥,谢彦周,等.陕西关中麦区小麦品种产量及其构成的演变[J].麦类作物学报,2018,38(9):1080-1083.
- [8] 蒋进,蒋云,王淑荣.四川省近年育成小麦品种农艺性状和品质性状分析[J].麦类作物学报,2019,39(6):682-

- 691.
- [9] 宋晓霞,吉万全.黄淮南片小麦区域试验品种(系)的生产潜力及主要系谱分析[J].麦类作物学报,2018,38(12):1427-1436.
- [10] 陈晓婷,刘振军,杨云飞.宁夏南部半湿润区冬小麦品种产量相关性状的通径分析[J].宁夏农林科技,2005(5):35-36.
- [11] 李爱国,付家锋,宋晓霞,等.黄淮南片小麦新品种(系)抗病性综合评价及优异种质资源筛选[J].南方农业学报,2023,54(4):1065-1076.
- [12] 朱红彩,范永胜,王玲燕,等.新麦 32 产量及其构成因素相关性分析和通径分析[J].湖北农业科学,2019,58(17):13-15,20.
- [13] 宋小园,朱仲元,刘艳伟,等.通径分析在 SPSS 逐步线性回归中的实现[J].干旱区研究,2016,33(1):108-113.
- [14] 郭 瑞,李正玲,张 煜,等.30 a 来河南省不同类型小麦品种产量和农艺性状演变规律[J].河南农业科学,2018,47(4):15-20.
- [15] 李润芳,张晓冬,王 栋,等.山东省近 60 年来主推小麦品种主要农艺性状演变规律[J].中国农学通报,2019,35(7):20-27.
- [16] 张俊灵,闫金龙,张东旭,等.北部冬麦区旱地小麦品种的演变规律[J].麦类作物学报,2017,37(8):1017-1024.
- [17] 宋健民,戴 双,李豪圣,等.山东省近年来审定小麦品种农艺和品质性状演变分析[J].中国农业科学,2013,46(6):1114-1126.
- [18] 董 策,蔺桂芬,刘红耀,等.2013—2021 年河北省审定高产小麦品种品质性状分析[J].辽宁农业科学,2022(2):35-38.
- [19] 张学林,梅四伟,郭天财,等.遗传和环境因素对不同冬小麦品种品质性状的影响[J].麦类作物学报,2010,30(2):249-253.
- [20] 赵燕吴,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.
- [21] 王晓鸣,邱丽娟,景蕊莲,等.作物种质资源表型性状鉴定评价现状与趋势[J].植物遗传资源学报,2022,23(1):12-20.
- [22] 常耀军,王桂芳.固原市冬季气候条件对冬小麦越冬的影响分析及防御对策[J].现代农业科技,2017(3):177-178,181.
- [23] 周祥椿,杜久元,尚勋武.甘肃省小麦品种的现状及对今后育种工作的思考[J].甘肃农业科技,2000(2):4-8.
- [24] 宋建荣,张耀辉,岳维云.甘肃省冬小麦抗条锈病育种进展与思考[J].麦类作物学报,2010,30(5):981-985.

Evolution and Correlation Analysis of Major Traits in Winter Wheat in Southern Mountainous Area of Ningxia from 1990 to 2025

WANG Feng, XIN Juan, HU Fangfang and LIU Long

(Guyuan Seed Management Station, Guyuan Ningxia 756000, China)

Abstract Based on regional trial results of 37 winter wheat varieties cultivated in the southern mountainous area of Ningxia from 1990 to 2025, this study investigates the evolutionary patterns of major traits in dominant cultivars over different periods, aiming to provide references for winter wheat breeding and high-yield cultivation in the region. The results showed that yield increased steadily over the 35-year period, with an average annual increase of 34.4 kg/hm². The effective spike number increased by an average of 14 200 panicles/hm², grain number per spike increased by 0.02, and the 1 000-grain mass remained relatively stable. The growth period shortened at a rate of 0.27 d/a and plant height decreased by 0.42 cm/a. Drought resistance and cold resistance improved steadily, while rust resistance showed significant enhancement, especially in independently bred varieties. Grain volumic mass, crude protein content, wet gluten content, and dough stability time continuously improved, while water absorption declined, and dough stability time, though improved, remained relatively low. Correlation and path analysis indicated that effective spike number per unit area had the most significant direct effect on yield, followed by 1 000-grain mass, while grain number per spike had a smaller direct effect. Future breeding efforts for winter wheat in the region should focus on optimizing yield and quality traits while maintaining improvements in drought, cold, and rust resistance. Varieties with appropriate plant heights, a high productive tillering rate, and favorable floret and grain-setting characteristics are recommended. Specifically, the target traits include plant heights of 85—95 cm, 5.25—6.00 million effective spikes per hectare, 33—35 grains per spike, and a 1 000-grain mass of 39—43 g. Increasing dough stability time should also be a key breeding objective for improving wheat quality through breeding.

Key words Ningxia; Southern mountainous areas; Winter wheat; Major traits; Evolution

Received 2025-07-21

Returned 2025-08-15

First author WANG Feng, male, research fellow. Research area: wheat breeding and cultivation. E-mail: nxgywf666@163.com

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)