



赵远玲,李铁,李冬梅,等.利用野生二粒小麦选育春小麦新品种龙春3号和龙春4号[J].黑龙江农业科学,2022(3):108-111.

利用野生二粒小麦选育春小麦新品种 龙春3号和龙春4号

赵远玲¹,李铁¹,李冬梅¹,孙铭隆¹,高凤梅¹,迟永芹¹,孙毅民²,孙连发¹

(1. 黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院 乡村振兴科技研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进优质、高产、多抗小麦品种的培育,本文详细介绍了龙春3号和龙春4号的品种来源、选育过程、植物学特性、农艺表现及基因型分析,并简述了其配套栽培技术。小麦品种龙春3号和龙春4号是黑龙江省农业科学院作物资源研究所利用野生二粒小麦与当地普通小麦材料远缘杂交育成的,具有高产、优质和抗旱性突出等特点,拓宽了我国北方雨养农业地区小麦品种改良的遗传基础。2015年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定,分别定名为龙春3号(审定编号:黑审麦2015001)和龙春4号(审定编号:黑审麦2015005)。

关键词:野生二粒小麦;抗旱;龙春3号;龙春4号

黑龙江省的绿色农业是维护国家粮食安全的“压舱石”。在大兴安岭沿麓优质春麦区,优质小麦生产在满足当地居民饮食习惯方面起到不可替代的作用。从农业生产的经济效益考虑,着眼当地“十年九春旱”的生态特点,品种具备良好的抗旱性尤为重要。然而由于长期定向选择的结果,普通小麦的遗传多样性已严重降低,选育突破性品种变得越来越难,只有不断地发掘、创造和利用新种质才能取得突破性进展。研究表明,野生二粒小麦(*Triticum turgicum* ssp. *dicoccoides*, $2n=4x=28$, AABB)是普通小麦(*Triticum aestivum* L., $2n=6x=42$, AABBDD)的野生四倍体祖先种^[1],在其长期的进化过程中分化出多种优异基因,具有高蛋白、大粒和良好的抗病性、抗逆性等特点,对不同生态环境的强适应性,为小麦育种提供了新的中间材料,是改良普通小麦的重要遗传资源^[2-3]。本文主要介绍了龙春3号和龙春4号的品种来源、选育过程、植物学特性、农艺表现、基因型分析及配套栽培技术。龙春3号和龙春4号是利用从国际玉米小麦改良中心(CIM-MYT)引进的野生二粒小麦与当地小麦材料杂交选育而成的,在提高产量、品质和抗旱性的同时,拓宽了黑龙江省春小麦的遗传基础,对加强东北地区春小麦品种的选育和生产具有重要意义。

1 品种来源与选育过程

1.1 品种来源

龙春3号和龙春4号是姊妹系,都是以龙辐98N4为母本,以从国际玉米小麦改良中心引进的野生二粒小麦CWI19167为父本远缘杂交,经系谱法选育而成。龙辐98N4是黑龙江省农业科学院作物资源研究所小麦辐射与生物技术育种研究室选育的优异品系,具有丰产性好、分蘖能力强、秆强不倒并具有IV型赤霉病抗性;野生二粒小麦CWI19167具有籽粒大、秆强、综合抗性好和高秆等特点。

1.2 选育过程

将龙辐98N4与CWI19167配置杂交组合,在F₁代表现出很强的分蘖特性,经田间选择和两次温室加代,于2009年F₇代决选,品系代号分别为品资96563和品资96564。2010年在黑龙江省农业科学院克山分院进行产量鉴定试验,在极端干旱条件下抗旱性表现突出;2012—2013年参加黑龙江省小麦区域试验,2014年参加生产试验。2015年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定,分别定名为龙春3号(审定编号:黑审麦2015001)和龙春4号(审定编号:黑审麦2015005)。

2 特征特性

2.1 植物学特性及农艺表现

龙春3号属中熟春性小麦品种,平均株高96 cm,幼苗半匍匐,株型收敛,茎秆蜡被中等,小穗数为13~15个,穗纺锤型,无芒、白稃、红粒,角质率高,千粒重35.6 g左右。

龙春4号属中晚熟春性小麦品种,平均株高

收稿日期:2021-11-26

基金项目:科技部国际合作项目(2018YFE0123300)。

第一作者:赵远玲(1977—),女,博士,助理研究员,从事小麦抗旱育种研究。E-mail:zhyl770085@sina.com。

通信作者:孙连发(1963—),男,博士,研究员,从事小麦资源及远缘杂交育种研究。E-mail:sunlianfa@aliyun.com。

92 cm,幼苗半匍匐,茎秆蜡被浅,小穗数为10~17个,穗纺锤型,无芒、白稃、红粒,角质率高,千粒重34.7 g左右。

两个品种都具备前期抗旱,后期耐湿,活秆成熟,落黄好等特点。

2.2 品质表现

经农业农村部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)2013—2014年连续两年分析,龙春3号容重为809~811 g·L⁻¹,蛋白质含量为15.71%~16.76%,湿面筋含量为32.7%~35.8%,面团吸水率58.6%~59.4%,稳定时间3.6~11.1 min,最大抗延阻力90 E. U.,延伸性17.5 cm。龙春4号小麦容重为800~817 g·L⁻¹,蛋白质含量为15.17%~15.55%,湿面筋含量为28.6%~33.2%,面团吸水率59.2%~59.8%,稳定时间2.8~5.0 min,最大抗延阻力180 E. U.,延伸性17.4 cm。

2.3 抗病性表现

经黑龙江省农业科学院植物保护研究所接种鉴定,龙春3号中感至中抗赤霉病,龙春4号中感赤霉病,两个品种均中感根腐病。经沈阳农业大学和黑龙江省农业科学院植物保护研究所接种鉴定,两个品种对秆锈病主要流行小种21C₃CTR、21C₃CFH、34MKG、34C₂MKK等均表现高抗。

2.4 产量及抗旱性表现

2010年在哈尔滨和克山两地进行了产量鉴定试验。在哈尔滨进行的产量鉴定试验结果表明,龙春3号平均产量为4 928.2 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26增产35.97%;龙春4号产量为4 458.3 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26增产32.5%。在黑龙江省农业科学院克山分院进行的产量鉴定试验,虽然遭遇到50年一遇的极度干旱,两个品种均表现出极强的抗旱性。龙春3号产量仍达到2 857.1 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26增产60.4%,较对照品种克早19增产14.8%;龙春4号产量为3 173.6 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26增产78.2%。

2012年两个品种参加黑龙江省小麦区域试验。其中龙春3号参加北部中熟组区域试验,平均产量为4 051.1 kg·hm⁻²,较对照品种克早19平均增产15.6%。2013年继试,平均产量为3 241.3 kg·hm⁻²,较对照品种克早19平均增产15.1%。2014年参加生产试验,平均产量4 596.6 kg·hm⁻²,较对照品种克早19平均增产14.7%。龙春4号参加东部晚熟组区域试验,2012年平均产量为

4 921.8 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26平均增产8.8%;2013年继试,平均产量为3 744.6 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26平均增产8.7%;2014年参加生产试验,平均产量4 019.3 kg·hm⁻²,较对照品种龙麦26平均增产10.3%。

龙春3号和龙春4号具有抗旱性强、适应性广的突出特点。2014年在新疆进行抗旱性鉴定试验,抗旱性表现突出。2017年在嫩江县超过50 d没有下透雨的极度干旱情况下,专家组对1 hm²龙春4号进行实地测产,实收产量达到6 510.0 kg·hm⁻²,龙春3号虽然没有组织专家测产,但是实收产量与龙春4号相当,两个品种表现了突出的抗旱性和丰产潜力。

3 基因型分析

采用KASP功能标记对龙春3号和龙春4号的品质、抗性和生理生化等性状的相关基因进行分子检测。结果表明,两个品种都含有调控品质的Glu-A1-2*和Glu-D1-5+10优质亚基,抗叶锈主效基因Lr46+和Lr67-,穗发芽抗性主效基因Vp1B1c和PHS_646,控制面条色泽、株高、光周期和春化等性状的主效基因,以及抗旱、籽粒硬度和粒重的微效基因(表1)。

表1 龙春3号和龙春4号小麦相同基因

性状	效应	基因型
品质	主效	强筋:Glu-A1(2*),Glu-D1(5+10)
面条色泽	主效	多酚氧化酶高:Ppo-A1a 籽粒黄色素含量高:TaZds-A1b
叶锈	主效	抗病基因型:Lr46+和Lr67-
穗发芽	主效	抗穗发芽:Vp1B1c,PHS_646(RioBlanceo type)
株高	主效	高秆:Rht-B1a,Rht-D1a
光周期	主效	光周期不敏感早开花:Ppd-A1a,Ppd-B1a,Ppd-D1a
春化	主效	春性:Vrn-B1b,vrn-D1,vrn-B3(CS) 短春化:Vrn-A1(Jagger-type) 长春化:Vrn-D3(Jagger)
抗旱	微效	抗旱:1-feh-w3(Westonia type),CWI-4A(Hap-4A-C),CWI-5D(Hap-5D-C) 耐旱:TaDREB-B1a
籽粒硬度	微效	软质:Pinb-B2a
粒重	微效	高粒重:TaGS2-A1b,TaGS-D1a,TaT-GW6-A1a,TaCwi-A1a,Sus2-2A(Hap-A),GW2(Hap-6A-A),Tabas1-B1a,TaTGW-7Aa,TaGW2-6B(Hap-I),TaGS5-A1b(大籽粒)

两个品种在春化、开花相关和面条色泽的性状上,存在基因型差异(表 2)。这些数据不仅为龙春 3 号和龙春 4 号优良的农艺性状及品质性状提供了基因证据,同时也为育种资源的利用提供了宝贵的遗传信息。

表 2 龙春 3 号和龙春 4 号小麦不同基因型

性状	效应	基因型	
		龙春 3 号	龙春 4 号
春化	主效	缺失型	冬性: <i>vrn-D1</i>
开花相关	微效	早开花	延迟开花: <i>Hap-I</i>
面条颜色	主效	多酚氧化酶基因:杂合型	多酚氧化酶高: <i>Ppo-D1b</i>

4 栽培技术

龙春 3 号和龙春 4 号分别适宜在黑龙江省北部和东部地区及其相似生态条件下种植。

4.1 整地施肥

前茬适宜选择大豆和玉米,秋季翻耙结合,春季耨地,播前平整地块。根据当地生态条件合理优化施肥结构,N:P:K 为 1.2:1:0.5,适量加入硫酸,施混合肥 225~260 kg·hm⁻²。2/3 底肥于前一年秋季施入,1/3 种肥于当年春季播前施入。

4.2 适时播种

挑选发芽率在 85%以上的种子,在 3 月下旬至 4 月中旬播种。土壤表层化冻,播深 5 cm。选择中等肥力地块种植,采用窄行条播的栽培方式,保苗株数 650 万株·hm⁻²。有条件的可用 4%立克秀拌种,以有效防治小麦散黑穗病和纹枯病。

4.3 田间管理及收获

在小麦的 3~4 叶期根据土壤墒情镇压青苗 1~2 次,分蘖期增加镇压作业 1~2 次,促进地下根系发育,抑制地上部生长,起壮苗、抗倒伏作用。4~5 叶期及时进行化学除草,同时加喷矮壮素。防治阔叶杂草,用甲磺隆 112~120 g·hm⁻²+2,4D-丁酯 300~345 mL·hm⁻²;防治单子叶杂草用 6.9%的骠马 750~900 mL·hm⁻²,或用 10%国产噻吩 750 mL·hm⁻²。扬花期可以喷施叶面氮肥和磷肥 N 3.75 kg·hm⁻²+KH₂PO₄ 3 kg·hm⁻²以促进籽粒灌浆,也可喷施多菌灵防治赤霉病、根腐病。根据小麦的成熟情况及天气条件,一般在 7 月下旬至 8 月上旬收获。晾晒至籽粒含水量在 13.5%以下时入库,确保丰产不失优质。

5 讨论与结论

普通小麦的遗传基础由于长期的定向选择变得愈加狭窄,很难实现品种突破。野生二粒小麦的遗传变异丰富,具有强大的适应能力,优良的农艺性状和品质性状,较强的抗病性和抗逆性,与普通小麦易于杂交,而且后代与普通小麦回交的结实率高,是普通小麦遗传改良的优异资源,在小麦育种中有着不同寻常的应用前景^[4]。

目前,野生二粒小麦中调控高千粒重和高蛋白的基因已经导入普通小麦并发挥了效应,对小麦的优质高产育种具有重要的指导作用^[5-6]。Nevo 等^[7]研究发现野生二粒小麦的高分子量谷蛋白亚基位点 Glu-A1 和 Glu-B1 存在丰富变异。Kovacs 等^[8]成功将野生二粒小麦的高蛋白基因转入小麦栽培品种中,显著提高了栽培小麦的蛋白质含量和沉降值。此外,对野生二粒小麦的抗病基因进行精细定位并导入普通小麦,显著提高了后代对白粉病^[9-10]和锈病^[11]等的抗性。在抗逆性上,Chen 等^[12]从野生二粒小麦中克隆出 *Td-CBL6* 基因并转入拟南芥中,提高了盐胁迫下转基因植株的光合效率,为利用野生二粒小麦培育高耐盐小麦品种提供了参考。在耐旱方面,有多个野生二粒小麦的抗旱相关 QTL 和基因被定位或克隆^[13],对小麦的抗旱性改良有重要的应用价值。研究者还发掘了野生二粒小麦高 Fe、Zn、Mn、Se 含量的优异种质,通过“生物强化”等一系列手段,提高普通小麦营养品质,有效地拓宽了小麦优质功能育种的遗传基础^[14-15]。

小麦品种龙春 3 号和龙春 4 号的选育,利用从国外引进的野生二粒小麦,与当地小麦材料远缘杂交而成。通过基因型分析显示,该品种含有强筋的主效基因 *Glu-A1-2* * 优质亚基,抗叶锈病的主效基因 *Lr46+* 和 *Lr67-*,以及调控抗旱、高粒重和大籽粒的多个微效基因,充分证明了野生材料的高蛋白特性和抗病、抗逆性已成功转移到黑龙江省栽培小麦品种中。在提高产量、品质和抗旱性的同时,丰富了寒地小麦资源遗传多样性,对东北地区春小麦品种改良和小麦生产发挥重要作用。野生二粒小麦基因组已于 2017 年公布^[16],这也激发了本课题组深入研究的兴趣,将野生二粒小麦蕴含的优异基因进一步挖掘和利

用,以期培育出更多高产、优质和多抗的小麦新品种。

参考文献:

- [1] NEVO E, BEILES A. Genetic diversity of wild emmer wheat in Israel and Turkey: Structure, evolution and application in breeding[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1989, 77(3): 421-455.
- [2] NEVO E, PAGNOTTA M A, BEILES A, et al. Wheat storage proteins: Glutenin DNA diversity in wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, in Israel and Turkey. 3. Environmental correlates and allozymic associations[J]. Theoretical & Applied Genetics, 1995, 91(3): 415-420.
- [3] HUANG L, RAATS D, SELA H, et al. Evolution and adaptation of wild emmer wheat populations to biotic and abiotic stresses [J]. Annual Review of Phytopathology, 2016, 54(1): 279-301.
- [4] PENG J H, SUN D F, NEVO E. Wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, occupies a pivotal position in wheat domestication process[J]. Australian Journal of Crop Science, 2011, 5(9): 1127-1143.
- [5] KUSHNIR U, HALLORAN G M. 利用同源和部分同源重组从野生四倍体小麦(野生二粒小麦)转移高粒重与高籽粒蛋白质于普通小麦 [J]. 林作楫, 译. 麦类作物学报, 1985(3): 5-7.
- [6] WANG Z Z, HUANG L, WU B H, et al. Characterization of an integrated active Glu-1 A allele in common wheat from wild emmer and its potential role in flour improvement[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2018, 19(4): 923-939.
- [7] NEVO E, PAYNE P I. Wheat storage proteins: diversity of HMW glutenin subunits in wild emmer from Israel [J]. Theoretical & Applied Genetics, 1987, 74(6): 827-836.
- [8] KOVACS K, HOWES N, CLARKE J, et al. Quality characteristics of durum wheat lines deriving high protein from a triticum dicoccoides(6b) substitution [J]. Journal of Cereal Science, 1998, 27(1): 47-51.
- [9] 张连松, 华为, 关海英, 等. 野生二粒小麦导入普通小麦的抗白粉病基因 M1 WE29 分子标记定位 [J]. 作物学报, 2009, 35(10): 998-1005.
- [10] 沈红霞, 辛明明, 梁荣奇, 等. 野生二粒小麦导入普通小麦抗白粉病基因的分子标记 [J]. 华北农学报, 2012, 27(4): 7-11.
- [11] HALE I, ZHANG X, FU D, et al. Registration of wheat lines carrying the partial stripe rust resistance gene Yr36 without the Gpc-B1 high grain protein content allele [J]. Journal of Plant Registrations, 2012, 7(1): 108-112.
- [12] CHEN L, REN J, SHI H Y, et al. TdCBL6, a calcineurin B-like gene from wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*), is involved in response to salt and low-K⁺ stresses [J]. Molecular Breeding, 2015, 35: 229.
- [13] LUCAS S, DURMAZ E, AKPINAR B A, et al. The drought response displayed by a DRE-binding protein from triticum dicoccoides [J]. Plant Physiology And Biochemistry, 2011, 49(3): 346-351.
- [14] UAUY C, DISTELFELD A, FAHIMA T, et al. A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat [J]. Science, 2006, 314(5803): 1298-1301.
- [15] 姬虎太, 王敏, 曹勇, 等. 硬粒小麦与野生二粒小麦籽粒铁、锌、硒元素质量分数的相关性分析 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(6): 772-778.
- [16] AVNI R, NAVE M, BARAD O, et al. Wild emmer genome architecture and diversity elucidate wheat evolution and domestication [J]. Science, 2017, 357(6346): 93-97.

New Spring Wheat Varieties Longchun No. 3 and Longchun No. 4 Derived from Wild Emmer Wheat

ZHAO Yuan-ling¹, LI Tie¹, LI Dong-mei¹, SUN Ming-long¹, GAO Feng-mei¹, CHI Yong-qin¹, SUN Yi-min², SUN Lian-fa¹

(1. Crop Resources Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Ruaral Rejuvenation Technology Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In this paper, the breeding process, botanical characteristics, agronomic performance, genotype analysis and cultivation techniques of Longchun No. 3 and Longchun No. 4 were introduced in detail, so as to provide reference for developing high-quality, high-yield and multi resistance wheat varieties. New spring wheat varieties Longchun No. 3 and Longchun No. 4 were developed from the cross of wild Emmer Wheat and local common wheat line with characteristics of high yield, good quality and outstanding drought resistance. The development of the new varieties broadened genetic basis of wheat in rain fed agricultural structure in northern China. They were approved by Heilongjiang Crops Variety Approval Committee in 2015, and named Longchun No. 3 (approval No. : Heishenmai 2015001) and Longchun No. 4 (approval No. : Heishenmai 2015005).

Keywords: wild emmer wheat; drought resistance; Longchun No. 3; Longchun No. 4