

崔小平,田胜营,张善磊,等. 小麦生产应用现状及制曲小麦育种思路[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(5):16-20. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.05.003.

小麦生产应用现状及制曲小麦育种思路

崔小平,田胜营,张善磊,王卫军,赖尚科

(宿迁市农业科学研究院,江苏 宿迁 223800)

摘要:小麦是我国第2大主粮作物,除用于制作食品外,制曲酿酒、石油化工等轻重工业消费也是重要的应用领域。随着社会的发展,小麦消费结构也在不断改变,多样化的产业需求促进了小麦品种迭代更新,供给侧的小麦生产改革升级对保障我国粮食安全和市场需求具有重要作用。基于我国小麦生产应用现状,总结了制曲用小麦的特点和要求,分析了当前市场上主要制曲小麦的优缺点,并对今后制曲小麦的多样性育种研究进行了探讨。

关键词:制曲小麦;品质;籽粒硬度;育种

中图分类号:S512.1

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20240041

小麦硬度指数是反映小麦加工和应用性能的重要指标,按照我国现行标准,硬度指数 ≤ 45 的小麦为软质麦,硬度指数 ≥ 60 的为硬质麦,介于二者之间的为混合麦。软质麦因其面粉颗粒度小、破损淀粉含量低、面粉吸水率低等特性,更适宜用于糕点、饼干的制作。随着小麦硬度指数的增加,小麦的加工变得困难,但加工出的面食更适用于制作较高筋度和黏性的面食。在近些年提高面粉质量、增加面筋和蛋白质含量的需求下,小麦品种不断改良,产量逐步增加,小麦硬度指数也显著提升,软质小麦占比则逐渐下降,造成了市场上适宜制曲的软质麦严重短缺,仅占商品麦总量的7%^[1]。

小麦是制作酒曲的主要原料,对酿酒产业来说,大曲的质量直接决定了成酒的品质,而小麦的硬度则关乎酒曲的质量。在制曲阶段,硬质小麦不易形成面浆,制成的曲坯升温快且易松散变形,曲块不仅成熟慢,成品曲块感官和理化质量也远逊于软质麦曲块,软质小麦所提供的微生物生长环境也是硬质麦无法达到的。董永梅等进行的不同硬度小麦制曲试验表明,硬质麦制曲时,成品曲感官指标、理化指标均低于软质麦曲,造成制酒时出酒率和优质酒率低^[2]。陈泽军等的制曲试验表明,软质麦较硬质麦

能更好地为微生物的生长提供营养物质和生长条件,从而使酿酒有益微生物生长旺盛,成品大曲的感官和理化指标有明显的改善,明显提高原酒的优级率和原料出酒率^[3]。

软质小麦的短缺在一定程度上限制了我国白酒产业的发展,且随着我国白酒产业创新和技术升级的推进,白酒企业对软质麦的需求更加迫切,进一步要求我们加快制曲小麦的育种研究,为调整小麦产业结构、推动酒企产业转型提供重要动力。本文简述了目前小麦生产和消费现状,总结了制曲用小麦的特点和要求,分析了当前市场上主要制曲小麦的优缺点,并对今后制曲小麦的多样性育种研究进行了探讨,以期软质小麦的产业发展提供一定的理论支撑。

1 小麦产业现状

1.1 小麦生产现状

小麦是世界第1大口粮作物,全球有35%~40%的人口以小麦为主要粮食。2016年,世界上小麦种植总面积约为22000万 hm^2 ,约占全球谷物种植面积的30.7%,远超过玉米、水稻、大豆等农作物,居世界谷物种植面积之首^[4]。2020年,我国小麦种植面积为2400万 hm^2 ,产量达13500万t,占世界小麦总产量的1/6,是当时仅次于水稻和玉米的第3大粮食作物^[5]。改革开放以来,得益于育种科技及栽培管理水平的提升,我国小麦单产从1949年的

收稿日期:2024-04-11;修回日期:2024-09-26。

基金项目:宿迁市农业科技自主创新资金(SQCX202302);江苏省种业振兴揭榜挂帅项目[JBGS(2021)046]。

作者简介:崔小平(1974—),女,硕士,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email:445218818@qq.com。

641.9 kg/hm² 增长到 5 834.2 kg/hm²^[6], 小麦总产相较改革开放初期增长了近 9 倍^[7], 单产和总产仍呈逐步增长趋势。

1.2 小麦消费现状

我国小麦的年消费量在 12 000 万 t 左右, 按用途可以分为口粮消费、饲料消费、工业消费、种子消费和损耗消费等^[8]。其中, 口粮消费也称作直接消费, 饲料、种子、工业及损耗消费则统称间接消费。国内小麦的主要用途是制作面食, 长期以来, 制粉消费一直占据我国小麦消费的主导地位, 比重约占 59%; 饲用消费、工业消费、种用消费比重分别为 30%、7%和 4%^[9]。小麦的工业消费主要集中在淀粉、酿酒、工业酒精、麦芽糖和调味品等食品工业领域^[10]。

从供需平衡状态来看, 近年来我国小麦多数年份产不抵消, 需进口小麦来缓解国内部分供给压力。2022 年, 我国进口各类小麦 1 210 万 t, 同比增长 21.5%, 特别是软质小麦几乎完全靠进口才能满足国内市场需求^[11]。我国作为全球第一大粮食生产国, 随着科学技术的不断进步和经济的高速发展, 小麦消费结构不断发生变化, 普通小麦的消费量由增到减, 特质性小麦的需求逐渐上升, 过去大众化的“标准麦”已满足不了市场需求^[12]。制粉、种子及损耗消费等用途的小麦用量和所占比例日益下降, 饲用消费与工业消费用量及其所占比例稳步提高。不同的应用方式对小麦的品质要求差异较大, 例如: 制作面包需要面筋含量高且筋力强的硬质小麦; 蛋糕和饼干则需要面筋含量低、筋力弱的软质小麦。在酿酒业上, 制曲阶段则希望采用蛋白质含量略偏高的低籽粒硬度小麦, 以利于制曲及曲块中微生物的生长, 提高酒曲质量; 酿酒发酵过程中大多采用淀粉含量高的小麦, 以提高出酒率^[13]。

1.3 小麦育种现状

酿酒小麦应用于制曲和酿酒 2 个方面, 我国每年制曲和白酒酿造用软质小麦约为 770 万 t, 其中大部分是作为制曲原料用于酒曲发酵^[14]。小麦还作为主要原料用于制作饼干、蛋糕、休闲食品等。随着人们生活水平的提高, 软质小麦消费量继续增加, 带动了小麦价格的不断攀升, 提振了软质小麦的育种生产与市场需求信心。

科研院所一直是我国小麦选育队伍的主力军。近年来, 随着国家小麦商业化育种的提出、一系列优惠政策的出台以及审定渠道的拓展, 部分企业和个人也着力开展小麦育种研究, 并陆续培育出众多

小麦新品种。随着人们对优质高档、食用方便的精致食品(如面包等)需求的增长, 粮食和食品加工企业对强筋小麦的需求增加, 促使国内育种团队加大强筋小麦研发力度, 弱化了软质麦品种创新, 导致硬质麦品种冗余、软质麦品种和产量严重短缺。

相较软质小麦, 硬质小麦的晶状体淀粉颗粒很难被微生物所利用, 淀粉利用率低下, 微生物吸收消化慢, 导致成品曲中的微生物种类和数量少, 制成的曲块感官和理化质量均比软质麦要差很多^[15]。但当前市场环境下软质麦的匮乏迫使酿酒企业只能采用 2 类小麦混合制曲, 造成不同批次间小麦混合比例模糊, 成曲质量差异较大, 白酒品质不稳。为了提升核心产品竞争力, 形成生态化全产业链, 国内酒企纷纷推动自有化酿酒原粮基地建设。这对原粮品种的需求愈发突显, 也对各小麦育种家的育种目标提出了更高的要求。只有不断培育出新的适宜性广、制曲相关指标优良的小麦品种, 才能适应企业的个性化需求, 优化小麦品种结构, 并在最大范围内被利用。

2 制曲小麦要求和主要品种分析

用曲酿酒是我国的独创, 具有鲜明的民族特色。在白酒酿造中, 不同类型的小麦均可制曲, 但出曲率、优质品率以及呈香、呈味物质的含量差异显著。长期实践证明, 软质白皮小麦是制曲的最好原料, 对酿酒微生物的生长繁殖、酶的产生、香味物质及香味前体物质等生成有相当好的促进作用。近年来, 由于消费者对白酒产品质量、风格、风味的要求越来越高, 各大酒企广寻软质麦品种, 并在安徽、河南、江苏、湖北等地建立体量庞大的软质小麦生产基地, 也促使育种家在软质小麦方面的育种思路更加明确。

2.1 制曲小麦品种要求

结合近几年农业生产和酒企要求, 本文总结出制曲小麦品种推广应用应满足以下条件: 在小麦品质方面, 制曲用软质小麦应符合国家 2 级麦以上标准, 小麦外表应颗粒坚实、饱满、皮薄, 无霉变, 容重 ≥ 750 g, 不完善粒 $\leq 6\%$; 籽粒硬度须在 45 以下, 但不能太低, 否则感官和理化质量差^[16]; 蛋白质的含量不能过低或过高, 以 12.1% 左右为宜^[17]; 小麦淀粉含量要高, 总淀粉含量应 $> 60\%$, 其中支链淀粉的含量应占总淀粉含量的 70% 以上^[18]。符合这些条件的

小麦制出的曲块通透性和柔韧性佳,曲胚易成型且不易碎,也使得曲香更好,成酒品质更佳^[9]。在实际生产上,首先是产量不低于当前生产应用品种,其次是抗寒性好,再次是综合抗病性强,同时穗发芽在中抗或以上,抗干热风等。近年来气候反常,秋冬季节温度过高、寒冬时节又过低导致麦苗冻害严重。

2.2 主流制曲小麦品种分析

国内市场小麦品种繁多,但能够满足制曲小麦要求的软质小麦品种和供给均较匮乏,尤其是硬度指数 ≤ 45 的条件就过滤了市面上93%的小麦品种^[1]。其余7%的软质麦中熟品种占大部,但植株大都偏高,极易倒伏。俗谚说“麦倒一把草”,近几年清明后雨水偏多,雨水过于充沛导致小麦倒伏严重,赤霉病重,白粉病重,穗发芽重,加上气候反常,冬季抗寒性差,春季倒春寒冻害重,出现不抽穗或抽穗后穗茎扭曲枯黄不能正常授粉,严重影响产量。

当前生产上软质白皮小麦的代表品种泛麦8号于2008年通过河南省审定,迄今已逾15年,由于其支链淀粉高、黏性高的特性,制作的曲块具有通透性好、曲胚易成型且不易碎等优点,深受原浆白酒企业的青睐。但该品种产量和抗性已远不及当前审定品种,且抗寒性差,株叶下披略松散,穗粒数少,由于没有提纯复壮,品质也远不及从前。2018审定的小麦品种荃麦725也是软质白皮小麦,是古井酒业的专用制曲小麦品种,该品种种皮薄、分蘖强、容重高、硬度低,但田间白粉病发病重,且会分离出蜡质色和非蜡2种类型。

此外,富麦666作为近2年新兴的软质白皮小麦品种,种皮薄,出粉率高,分蘖力强,植株矮(68 cm左右),抗倒抗寒性好,因其硬度指数低、蛋白质含量高、制曲品质佳等优点深受酒企的喜好,目前已在安徽审定,江苏引种备案。

3 制曲小麦育种思路探讨

制曲用软质小麦培育在亲本遴选上尽量选择中筋或弱筋的抗病资源作为父本材料,以当地推广或自主培育的优质中筋材料作为母本配组,杂交1代利用缺点互补再相互复交(图1)。世代选择上应注重提高软质小麦的农艺性状,在保持品质的前提下,提高综合抗逆性以回归品种的生产应用能力。品比鉴定阶段,在栽培方面注意将氮肥全部集中在麦苗前期施用,中后期尽量不再施用氮肥,否则会拉高小麦蛋白质比例和硬度指数^[20]。总之,制曲小麦在材

料筛选、鉴定上应考量以下4个关键点。

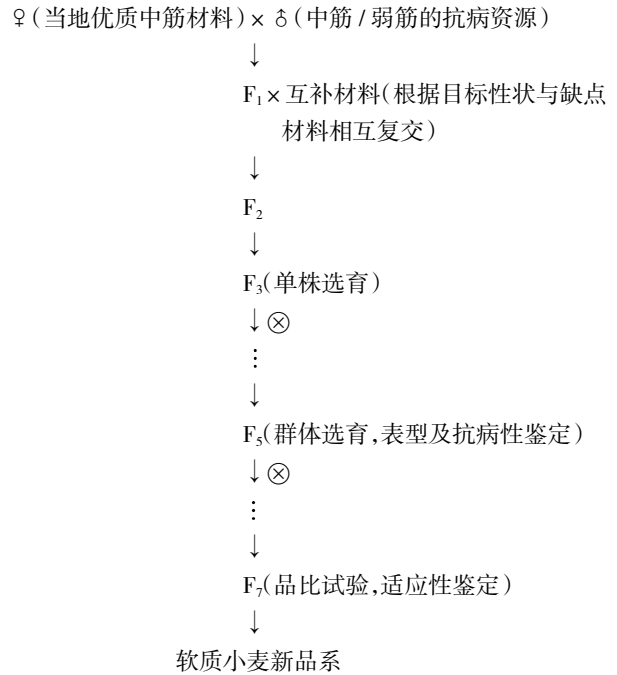


图1 杂交技术路线图

3.1 株高叶型

紧凑株型有利于增加穗数。植株过高会引起倒伏,直接导致产量下降;株高过矮则冠层叶片拥挤,不利通风透光,影响光合速率且病害也会加重发生,导致生物量过低,产量潜力难以充分发挥^[21]。

3.2 早熟

为确保小麦安全生产,保障粮食安全,尽量选育早熟品种。目前小麦生产上多以稻麦轮作为主,从周年统筹上看,小麦收获时间要求在5月下旬至6月上中旬完成,若收获过晚,会影响到下季水稻的播种或移栽,从而影响秋粮产量。早熟小麦生育期短可提早收获,能消除水稻直播、移栽等时空对小麦生育期的限制,以保证茬口衔接,从而获得周年高产。

3.3 抗病性

黄淮南片麦区主要病害是条锈病、叶锈病、白粉病、赤霉病、纹枯病等。在亲本选择上可用高产耐病的当地品种作母本,抗病的品种(系)作父本进行杂交与复交;分离世代的处理上,切勿盲目追求高抗所有病害,规避育成品种抗性突出而产量低或软质率不高的现象。

3.4 抗逆性

近年来,黄淮南片麦区冬春季频繁出现寒潮和

升温交替的过山车般不稳定气象,而当前弱筋小麦品种大多抗寒能力一般或较差,极易发生冻害。此外,小麦生育后期雨水较多,弱筋白皮小麦遇雨极易穗发芽。因此,制曲小麦在品种培育中要注重选择越冬期苗色青紫泛亮,生育后期麦粒颖壳紧闭、不易脱粒的品系,以增强育成品种的抗寒性和抗穗发芽能力。耐肥抗倒伏性的选择应从株高、茎壁厚度、各节间长度配置、根系发达程度4个方面考虑,选择茎秆粗壮、壁厚韧性好、下部节间短、根系发育好、活力强、不早衰的材料。干旱胁迫会显著影响植株器官建成,是小麦安全生产的主要自然灾害之一。受全球变暖等因素影响,黄淮南片极端气候频发,干旱时有发生,故育成品种还必须具有较好的抗旱能力。抗病性和抗逆性最终都综合表现在千粒质量和穗粒数的稳定上^[2],因此,要注意对千粒质量和穗粒数稳定的选择。

4 总结与展望

小麦是生活中不可或缺的主粮作物,在追求高产和高品质宗旨的导向下,软质小麦的品种日渐减少,此前审定的软质麦品种也已不再适应当下多变的气候状况,在市场和环境的双重压力下软质麦产出量逐渐减少。但随着我国人民生活水平的日益提高和休闲产业的发展,当前小麦的消费结构已满足不了市场和大众的个性化需求,软质小麦作为食品和轻工业的重要原料,国内的供需已严重失衡,每年要靠大量进口才能满足国内消费。因此,在育种上,我们亟需重视软质小麦品种研发工作,结合各生态区的环境特性,重点关注小麦产量、抗性等其他重要性状,选育出适合各小麦产区的软质麦新品种。在生产上,软质小麦与其他小麦在施肥运筹和管理上也有较大差异,也要根据各区域特性,加强软质小麦标准化配套栽培技术研究,为软质麦的生产提供有力的技术支撑。在政策上,相关部门应加大软质麦宣传和推广力度,一方面举办有关软质麦栽培管理技术培训,另一方面给予适当的种植补贴或引导企业与农户构建产销一体的订单模式,促进农民增收,充分调动农户生产积极性,进一步实现“研企农”的三位一体协同发展。

参考文献:

[1] 孙 辉,吴存荣,杨中建,等. 我国小麦硬度质量状况和硬度

分类的研究[J]. 中国粮油学报,2008,23(3):38-42.

- [2] 董永梅,吴海敏. 小麦品种对大曲质量影响的初探[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2012(10):317-318.
- [3] 陈泽军,周瑞平,尹礼国,等. 酿酒专用小麦在多粮浓香型酒厂的应用[J]. 酿酒科技,2008(5):65-67,70.
- [4] 史建荣,刘 馨,仇剑波,等. 小麦中镰刀菌毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇污染现状与防控研究进展[J]. 中国农业科学,2014,47(18):3641-3654.
- [5] 封志明,孙 通,杨艳昭. 2003—2013年中国粮食增产格局及其贡献因素研究[J]. 自然资源学报,2016,31(6):895-907.
- [6] 程加省,郑树东,乔祥梅,等. 宽窄行中耕促茎节长根超高产麦类栽培技术[J]. 种子科技,2024,42(5):55-57.
- [7] 刘录祥. 我国小麦产业科技创新发展现状与展望[J]. 寒旱农业科学,2024,3(6):491-494.
- [8] 王光正,周 洋,卢勇莉,等. 小麦过敏原脱敏技术研究进展[J]. 现代面粉工业,2021,35(3):36-39.
- [9] 石自忠,李俊茹,胡向东,等. 自然灾害对中国粮食市场供需的影响[J]. 灾害学,2023,38(3):17-24.
- [10] 王秀丽,孙君茂. 中国小麦消费分析与未来展望[J]. 麦类作物学报,2015,35(5):655-661.
- [11] 张 明. 2023年小麦市场走势内在逻辑分析及后市展望[J]. 粮油科学与工程,2024,38(2):52-56.
- [12] 李哲清,高 翔. 优质专用小麦生产现状与产业化前景分析[J]. 陕西农业科学,2009,55(3):74-77,105.
- [13] 陈 珊,汤有宏,李 兰. 硬质小麦对中高温大曲质量的影响[J]. 酿酒,2023,50(5):86-88.
- [14] 邹凤亮,何员江,朱自忠,等. 酿酒专用小麦研究进展[J]. 麦类作物学报,2023,43(10):1351-1360.
- [15] 陈 珊,汤有宏,李 兰. 不同硬度指数小麦制曲对高温大曲质量的影响研究[J]. 酿酒,2023,50(4):47-49.
- [16] 阳广成,周泽友,孙世涛,等. 高温大曲制备技术研究与应用[EB/OL]. (2023-08-07)[2024-04-11]. https://kjt.hunan.gov.cn/kjt/xxgk/kjcg/yyjscg/202308/20230807_29455031.html.
- [17] 王海容,王永锋,朱国军,等. 酿酒专用小麦籽粒品质特性研究[J]. 麦类作物学报,2024,44(3):352-359.
- [18] 王海容,王永锋,朱国军,等. 酿酒制曲专用小麦淀粉品质特性研究[J]. 中国酿造,2023,42(11):230-236.
- [19] CHEN X M. Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*] on wheat[J]. Canadian Journal of Plant Pathology,2005,27(3):314-337.
- [20] 孙 梦,冯昊翔,张晓燕,等. 不同土壤肥力下施氮量对小麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2022,42(7):826-834.
- [21] 赵广才. 小麦优质高产栽培理论与技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2018.
- [22] 赵宗武,马华平,杨丽娟,等. 强筋小麦育种实践与探讨[J]. 河南农业科学,2012,41(11):35-38.

Application Status of Wheat Production and Breeding Ideas of Koji-making Wheat

CUI Xiaoping, TIAN Shengying, ZHANG Shanlei, WANG Weijun, LAI Shangke
(Suqian Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China)

Abstract: Wheat is the second largest staple crop in China. In addition to food production, the consumption of light and heavy industries such as koji-making, wine-making and petrochemical industry is also an important application direction. With the development of society, the consumption structure of wheat is also changing, and the diversified industrial demand also promotes the iterative update of wheat varieties. The reform and upgrading of wheat production on the supply side plays an important role in ensuring China's food security and market demand. This paper expounds the current situation of wheat production and application in China, summarizes the characteristics and requirements of koji-making wheat, analyzes the advantages and disadvantages of the main koji-making wheat in the current market, and discusses the diversity breeding of koji-making wheat in the future.

Key Words: Koji-making wheat; Quality; Seed hardness; Breeding

(上接第 15 页)

Bibliometric Analysis of Beer Barley Yield and Quality Based on Web of Science

LI Yuxing, LIANG Zhihao, GUO Aikui, QIAO Hailong, XU Xiao, ZHANG Yinghu, YANG Hongyan,
CHENG Yifan, WANG Qiang, XUE Song, YU Wenqing, SHEN Huiquan
(Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224002, China)

Abstract: The R language Bibliometrix software package and the Web of Science core collection database were used to make the bibliometric analysis from the aspects of the number of publications, high-yield countries, high-yield journals, high-cited articles, high-yield authors and high-frequency keywords of barley yield and quality research. From the perspective of bibliometrics, the development of barley yield and quality research in the past 20 years (1997–2023) was analyzed, and a map including literature keyword co-occurrence and keyword cluster analysis was constructed. Furthermore, the latest research trends, research hotspots and development trends of beer barley yield and quality were studied. The results showed that among the high-yield countries, the United States has the largest number of publications, followed by Canada and Australia. The academic papers in this field are mainly published in *Journal of the Institute of Brewing* and *Agronomy Journal*. Through the co-occurrence and cluster analysis of keywords, the current research on the yield and quality of beer barley mainly focuses on the malt quality of beer barley, as well as the effects of barley growth and yield.

Key Words: Beer barley; Web of Science; Yield; Quality; Bibliometric analysis; R language

本刊加入有关数据库的特别声明

为了适应我国期刊信息化建设的需要和扩大作者学术交流渠道,实现期刊编辑、出版工作的网络化与数字化,提高作者所发表论文的被引频次与影响力,本刊已加入《中国学术期刊(光盘)》、“中国期刊网”“万方数据—数字化期刊群”、重庆维普“中文期刊数据库”、超星期刊“域出版”平台和国家科技学术期刊开放平台等。作者无需另外支付网络编审费。作者著作权使用费与本刊稿酬由本刊编辑部一次性给付作者。如作者不同意编入上述数据库,请务必提供书面说明。所刊载文献被以各种形式转载时请注明来源于本刊。

《大麦与谷类科学》杂志编辑部