赵　赫,赵文明,崔亚坤,等. 江苏省鲜食玉米产业发展现状调研与分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):1-7. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.001.

江苏省鲜食玉米产业发展现状调研与分析

赵　赫[1,2],赵文明[1],崔亚坤[1],孔令杰[1],孟庆长[1],刘瑞响[1],张美景[1],陈艳萍[1*],戴廷波[2]
(1. 江苏省农业科学院粮食作物研究所,江苏 南京 210014;2. 南京农业大学农学院,江苏 南京 210095)

摘要:通过分析江苏省鲜食玉米产业发展、新技术应用现状、产业发展存在的问题以及限制产业发展的因素,提出了鲜食玉米产业发展未来的攻关方向:一是加强优质、高产、多抗专用鲜食玉米新品种的创新、筛选与示范,明确新品种的区域布局;二是加强鲜食玉米绿色高质高效关键技术的集成与推广,集成以良种选用、精细播种、合理密植、科学施肥、绿色防控和适时采收等为核心的生产技术;三是加强鲜食玉米全程机械化技术研究与示范,促进产业向规模化、集约化和标准化发展;四是加强鲜食玉米保鲜技术研究和新产品研发,提升产品的附加值;五是加强一二三产经济融合分析,解决新品种推广、种植管理、产品流通、加工、消费等环节间信息不对称问题。

关键词:鲜食玉米;产业现状;生产技术;技术需求
中图分类号:F326.1;S513　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240092

鲜食玉米是指在乳熟期采摘果穗用于蒸煮食用的玉米,主要包括糯玉米、甜糯玉米和甜玉米等,是我国重要的经济作物。21 世纪以来,随着我国国民经济水平的提高以及农业种植结构的调整,鲜食玉米的生产规模稳步增长[1]。《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出,加快农业结构优化调整,打造一批特色农产品优势区[2]。发展鲜食玉米产业,既符合我国调整农业种植结构的政策,又具有较高的经济效益,也是实现乡村振兴的重要支柱和发展引擎[3]。

为进一步了解江苏省鲜食玉米产业发展与技术需求,对江苏省鲜食玉米产区(南通、盐城、徐州、连云港、苏州等)进行了调研,共收集 224 份调查问卷,分析了江苏省鲜食玉米产业发展与新技术应用现状、产业发展存在的问题,并分析了技术发展优先顺序,以期为江苏省鲜食玉米产业发展提供理论支撑。

收稿日期:2024-09-16;修回日期:2024-12-02。
基金项目:江苏现代农业产业技术体系建设专项资金[JATS(2023)390];2022 年度南京市科技发展计划(202210002);江苏省种业振兴"揭榜挂帅"项目[JBGS(2021) 053];现代农业产业技术体系专项资金(CARS-02);江苏省现代作物生产协同创新中心(JCIC-MCP)。
作者简介:赵　赫(2000—),男,硕士研究生,专业为作物栽培学与耕作学。Email: 992457220@qq.com。
* 通信作者:陈艳萍(1975—),女,博士,研究员,主要从事玉米遗传育种研究。Email: chenyp@jaas.ac.cn。

1　江苏省鲜食玉米产业发展现状

1.1　江苏省鲜食玉米产业总体发展现状

1.1.1　种植区域逐渐扩大,区域发展特色鲜明。江苏省处于南方丘陵和黄淮海玉米区交界处,是鲜食玉米的生产大省,种植面积稳定在 10 万 hm^2,鲜食糯(甜糯)玉米种植面积占总面积的 90% ~ 95%[4]。随着经济的快速发展,人们对健康食品的需求日益突出,鲜食玉米作为合适的农产品深受欢迎,种植面积不断增加,栽培区域逐步扩大。经过多年发展,种植区域已由以南京、南通和盐城地区为主发展到全省的各个区域,目前已初步形成了苏南农旅产业、苏中特色产业、苏北新兴产业的格局,有效地推动了江苏省鲜食玉米产业的可持续发展。

1.1.2　种植方式相对稳定,产量南北差异较大。江苏省鲜食玉米以露地雨养种植为主,前茬耕作方式以旋耕、深松为主[4]。种植密度集中在 3.75 万 ~ 6.00 万株 /hm^2 范围内,其中 3.75 万 ~ 4.50 万株 /hm^2 的比例达 43.48%(图 1)。播种方式上基本以简易机械播种为主。播种时间变幅较大,苏南仍以传统春、秋 2 季种植为主,苏北以春播或夏播为主。春播露地栽培多集中于 3 月下旬至 4 月上旬,秋播集中于 7 月上旬至 7 月下旬。春播采用育苗移栽、地膜覆盖、大棚栽培方式[5],可提前至 2 月上旬栽培,以实现提前上市;秋播部分农户推迟至 8 月上旬播种。苏南种植户针对城市消费习惯,倾向选择中小穗类

型品种，产量平均水平在 12 450 kg/hm²。苏中、苏北种植户或农场倾向选择大穗、市场流通性好的品种，产量平均水平在 14 850 kg/hm²。

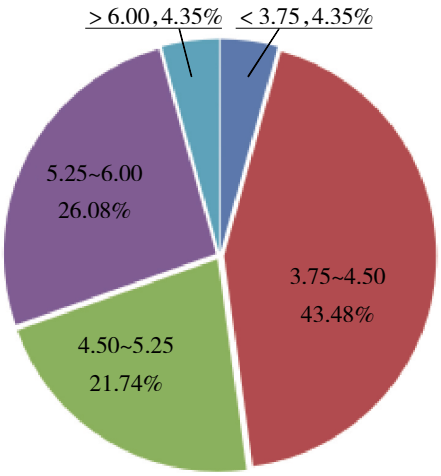


图 1　江苏省鲜食玉米种植密度（万株/hm²）比例分布

1.2　江苏省鲜食玉米产业个体发展现状

1.2.1　生产经营主体多样，种植向规模化发展。江苏省鲜食玉米种植以单家独户种植为主，种植方式逐步由传统的家前屋后零星种植向规模化、基地化周年种植转变。本次调研样本中，种植经营 3.33 hm² 以上种植户占比大，达到 48.98%；经营主体的类型呈现多样化，其中普通农户占 30.61%，专业大户占 24.49%，家庭农场占 18.37%，农民专业合作社占 16.33%，农业龙头企业占 8.16%，其他经营性农业社会化服务组织占 2.04%。经营者的年龄分布集中在 41 ~ 60 岁，占比达 71.43%（图 2），高中及中专以上学历占 67.35%（图 3）。表明在市场需求的推动下，鲜食玉米生产经营主体逐渐向规模化发展，经营者的年龄优势、学历优势发挥着重要作用，鲜食玉米种植区域也由长江沿岸向苏中、苏北扩展。

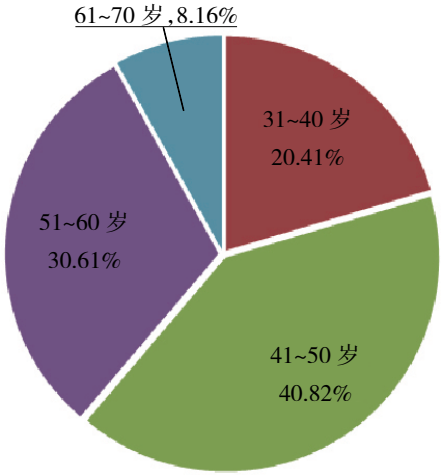


图 2　江苏省鲜食玉米种植经营者年龄比例分布

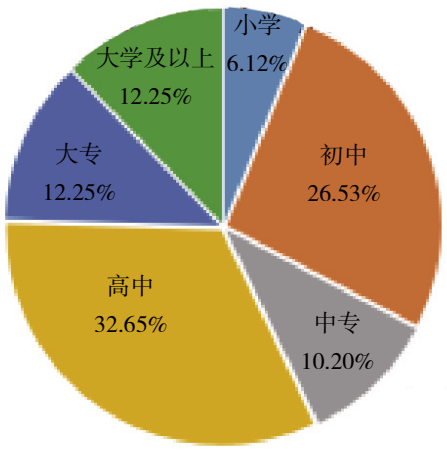


图 3　江苏省鲜食玉米种植经营者学历比例分布

1.2.2　多方渠道资源整合，拓宽产业发展路径。近年来，江苏省鲜食玉米优势产区依靠政府驱动、龙头带动等途径，逐步探索出“高标准生产、多样化加工、优品牌创建”于一体的产业发展路径。

1）依靠政府驱动，创建发展平台。黄金小玉米是农旅大镇董浜的“金字招牌”，已通过国家农产品地理标志认证，申报苏州市区域公共品牌，并注册“童颜”商标。举办黄金小玉米节，以节兴农，以节促旅。创造“董小童”“董小颜”卡通形象及系列文创产品，探索以农文旅融合发展带动市场化经营。镇江世业镇鲜食玉米产业以农业科技园为核心区带动，以产学研合作为抓手，创新与创业相融合，先后引进扬州大学、江苏大学、江苏省农业科学院等团队开展技术研发和试验示范，技术就地转化。注册“泗叶青沙”品牌，产品向优质农产品升级，入选全国“一村一品”示范镇，亩种植产值从千元提升到万元。

2）强化龙头引领，创新发展模式。江苏嘉安食品有限公司依托南通市“四青作物”区位优势，建立“院所科技支撑 + 企业基地建设 + 农户种植管理”模式，采用标准化生产技术提高品质，改进加工工艺、品种分级管理等，提升“小红花”品牌，销售区域稳步扩大，品牌效应逐步彰显，带动了一批新型经营主体、种植大户的加入。睢宁秋歌农业发展有限公司创新“企业 + 基地 + 农户”模式，注册了“双溪翠”品牌，延伸了鲜食玉米的产业链条，指导产业优势村成立村集体合作社，推动全镇规模经营面积达 76.3%，为集体合作社和家庭农场提供“五统一”服务模式，即统一采购农资农机、统一植保、统一技术服务、统一财务核算、统一收储[6]。

江苏省其他鲜食玉米产区也已逐渐形成区域

特色品牌，通过以品牌建设为载体，统筹谋划，精准施策，促进地方鲜食玉米产业提质增效，如“响水黄河故道鲜食玉米”“句容苏科”“苏农科”“春城好田”等。

2　江苏省鲜食玉米产业新技术应用现状

2.1　新品种类型储备丰富，高端品种受青睐

江苏较早开展糯玉米育种，早在 20 世纪 80 年代中期，江苏沿江地区农业科学研究所创制了糯玉米核心自交系“通系 5”，育成了我国第 1 个国审鲜食糯玉米品种“苏玉糯 1 号”，在全国大面积种植，开启了鲜食糯玉米育种和产业化发展阶段[7]。凭借糯玉米育种起步早、遗传资源丰富等优越条件，江苏省育种单位育成了一批各具特色的糯玉米、甜加糯玉米、甜玉米优良品种（表 1）。育成品种不断优化，品种类型从单一糯玉米、甜玉米到甜糯玉米，类型齐全；籽粒色泽从传统的白色、黄色向红色、黑色等彩色糯玉米转变；鲜穗产量从传统小穗型到大、中、小穗型配套；抗逆性满足江苏地区复杂多变的生产环境；成熟期早、中、晚熟搭配，满足设施栽培和多元多熟高效种植模式[8]。

表 1　江苏省鲜食玉米育种单位代表性品种

主要育种单位	代表性品种
江苏省农业科学院粮食作物研究所	苏科花糯 2008（花糯）、明玉 1203（白甜糯）、苏科糯 11（白糯）、苏科糯 12（花糯）、苏科糯 1501（花糯）、苏科糯 1505（黑甜糯）、苏科糯 1801（白甜糯）、苏科糯 1902（白甜糯）等
江苏沿江地区农业科学研究所	苏玉糯 1 号（白糯）、苏玉糯 2 号（白糯）、苏玉糯 5 号（白糯）、苏玉糯 802（黄白糯）、苏玉糯 602（白甜糯）、苏甜糯 818（白甜糯）、苏彩甜糯 908（花甜糯）等
南京市蔬菜科学研究所	晶彩糯（花糯）、晶白甜糯（白甜糯）、晶彩甜糯（花甜糯）、晶甜 3 号（黄甜）、晶甜 14（黑甜）、晶彩甜糯 2 号（花甜糯）等
扬州大学农学院	甜糯 104（白甜糯）、扬大糯 1604（白糯）等
连云港市农业科学院	白甜糯 209（白甜糯）、连甜糯 931（白甜糯）、彩甜糯 818（彩甜糯）、彩虹 77（彩甜糯）、连彩糯 1607（花糯）、黑甜糯 904 等
南京绿领种业有限公司	萃甜糯 608（花甜糯）、萃甜糯 516（白甜糯）、萃甜 3 号（黄甜）、萃甜 618（黄甜）、萃甜糯 518（白甜糯）等

目前，市场对鲜食玉米新品种提出了更高的要求，即“好吃、好看、好种、好销”，不仅食味品质优、外观美、商品性好，还要多抗广适，适应复杂的气候和多元化的种植模式。调研发现，喜好甜糯玉米的人群占 55.81%，糯玉米占 31.40%，甜玉米仅占 12.79%，这也与江苏省糯玉米和甜糯玉米主产区相吻合。种植的糯玉米品种主要有中糯 2 号、万糯 2000、农科玉 336 等，甜加糯玉米主要种植有苏科糯 1801、彩甜糯 6 号、晶彩花糯 5 号等，均是中小穗型品种。在颜色喜好上，白色占 45.93%，黄色占 26.16%，花色占 19.19%，黑色占 8.14%，其他占 0.58%，为了迎合高端消费市场，一些新型经营主体开始选择种植黑甜糯苏科糯 1505[9]、奶油甜玉米、黄白双色超甜玉米等。

2.2　新技术模式类型多样，高效种植树典型

江苏省科研院校针对当地鲜食玉米种植生产特点，集成了适合当地的种植技术规程，如《特粮特经多元多熟高效种植模式及配套技术》《特用玉米绿色增效生产技术》《鲜食糯玉米秋延后栽培技术规程》《鲜食糯玉米早熟栽培技术规程》《黑甜糯玉米“苏科糯 1505”生产技术规程》等。

江苏省鲜食玉米种植逐步转变为规模化、基地化种植，从传统的春季露地直播逐步转变为春提早秋延后的设施栽培以及与蔬菜、粮食作物间（套）种等，基本上可实现周年种植、周年上市，提高复种指数，增加单位面积的产出和经济效益。如盐城市大丰区某家庭农场通过集成合理搭配品种、乳苗移栽、设施栽培、分期播种、多元多熟种植模式搭配、适期采收、即采即销和市场直销等技术措施，生产鲜食玉米穗供应当地市场，提高了产量，控制了食用品质，增加了种植效益。该家庭农场种植鲜食玉米 2.8 hm^2，鲜食玉米的销售期从 5 月中旬持续到 11 月上旬，年销售收入 37 万元；搭配的大蒜、韭菜等茬口年销售收入 30 万元，成为当地振兴乡村经济的典型。

2.3　新产品装备应用粗放，示范推广待提高

目前农户在播种前对种子进行二次包衣并不多，建议选用 50%氯虫苯甲酰胺种衣剂或 40%噻虫

嗪溴氰虫酰胺种衣剂进行包衣，防治苗期地下害虫，确保全苗壮苗。在新型绿色防控产品的使用上，建议推广赤眼蜂或者杀虫灯和性诱剂防治玉米螟以及其他害虫[10]。在病害防控方面，建议使用木酶－芽孢杆菌、绿僵菌－芽孢杆菌等生物菌剂[11]。江苏省鲜食玉米生产除机械采收外，其他管理环节也已基本实现机械化。

3　江苏省鲜食玉米产业发展存在的问题和技术发展优先序

3.1　品种多样选择难，优质生产区域不清

市场上鲜食玉米品种类型多，农户品种选择随意性、盲目性大，不利于形成种植规模效益。在限制鲜食玉米产量和效率提升的栽培管理因素中，品种选择不合理排第 4 位（表 2）。在亟需的技术装备排序中，品种选择列第 2 位（表 3）。表明品种选择已成为限制鲜食玉米产业发展的重要因素。另外鲜食玉米品种具有较强的区域适应性，适宜优质生产的区域仍不清晰，因此鲜食玉米的筛选、推荐、宣传对生产经营主体来讲十分必要。

3.2　模式方式需优化，抗逆增效技术缺乏

种植方式不适应、病虫草害防控不到位、耕作方式不合理和化控技术应用不到位分别列栽培管理因素限制鲜食玉米生产排序的第 1、2、3 和 5 位（表2）。在江苏省鲜食玉米亟需的技术和装备排序中，病虫草绿色防控技术、精简高效栽培技术、一次性施肥技术和抗灾减灾技术分别列第 1、4、5 和 6 位（表 3）。被调研对象也表示玉米螟、地下害虫、蚜虫以及极端气候（如干旱、高温、涝渍等）严重影响鲜食玉米生产，表明种植管理者亟需这些方面的技术支撑（表 2）。加之江苏省种植模式多元，需加强“鲜食玉米 +N”的高效种植模式的技术集成。鲜食玉米播期跨度大，期间逆境灾害多，急需良种良法集成、推广与示范，以满足鲜食玉米产业的标准化发展。

表 2　江苏省限制鲜食玉米产量和效率提升的影响因子排序

因素	选项	均值	影响序列 /%				
			1	2	3	4	5
社会因素	农资成本高	5.65	38.30	27.66	23.40	8.51	0
	人力成本高	5.14	8.33	37.50	33.33	14.58	4.17
	产品价格低、波动大、效益差	4.43	43.59	15.38	10.26	15.38	15.38
	销售困难	2.80	10.34	17.24	27.59	24.14	20.69
	农产品品牌意识弱	2.63	2.70	2.70	10.81	18.92	54.05
	农资（种子、农药、化肥等）市场混乱	2.45	6.67	10.00	10.00	30.00	40.00
	政策驱动弱	2.22	16.00	12.00	12.00	36.00	12.00
栽培管理因素	种植方式不适应	6.33	51.35	13.51	8.11	2.70	5.41
	病虫草害防控不到位	5.88	10.00	15.00	17.50	20.00	20.00
	耕作方式不合理	5.41	6.06	42.42	27.27	6.06	9.09
	品种选择不合理	5.22	26.47	5.88	17.65	23.53	5.88
	化控技术应用不到位	5.16	5.56	11.11	22.22	22.22	27.78
	机械化生产程度低	4.98	17.65	8.82	11.76	20.59	17.65
	水肥投入过多或过少	4.45	3.03	18.18	6.06	27.27	15.15
	种植密度不合理	4.16	14.81	25.93	14.81	14.81	14.81
	标准化品牌化生产程度低	3.51	7.41	7.41	14.81	7.41	29.63
	种子质量低	0.92	0	0	22.22	0	11.11
虫害因素	玉米螟	6.61	85.42	4.17	10.42	0	0
	地下害虫	3.73	12.50	62.50	15.63	3.13	6.25
	蚜虫	3.53	5.88	20.59	58.82	8.82	2.94

（续表）

因素	选项	均值	影响序列 /%				
			1	2	3	4	5
	草地贪夜蛾	1.67	0	43.75	25.00	31.25	0
	二点委夜蛾	1.55	15.38	53.85	30.77	0	0
	甜菜叶蛾	1.37	0	30.77	53.85	15.38	0
	棉铃虫	0.82	0	22.22	44.44	11.11	11.11
土壤因素	土壤不够肥沃	2.67	60.53	28.95	5.26	5.26	—
	保水保肥能力差	2.06	25.64	23.08	35.90	15.38	—
	耕层坚实	2.06	16.67	52.78	25.00	5.56	—
	盐碱化程度高	1.49	33.33	6.67	30.00	30.00	—
气候条件	干旱	6.24	60.42	25.00	6.25	8.33	0
	高温热害	5.39	28.26	23.91	41.30	6.52	0
	涝渍	4.92	6.67	48.89	24.44	17.78	0
	大风	3.76	6.98	6.98	20.93	46.51	9.30
	光照不足	1.18	0	6.25	6.25	37.50	43.75
	低温冷害	1.18	7.14	0	35.71	35.71	7.14
	冰雹	0.43	0	0	14.29	42.86	0
农机装备	播种机具	4.29	79.55	18.18	2.27	0	0
	收获机具	2.53	12.50	25.00	37.50	10.00	15.00
	移栽机具	1.96	14.29	50.00	14.29	7.14	14.29
	高地隙植保机具	1.71	15.38	23.08	30.77	30.77	0
	无人机	1.59	3.23	22.58	22.58	25.81	25.81

注：影响序列中 1、2、3、4、5 为调研对象认为影响鲜食玉米产量和效率提升的影响因子排序。均值反映了选项的综合排名情况，越高表示综合排序越靠前，计算方法为：均值 =（Σ 频数 × 权值）/ 本题填写人次。下表同。

表 3　江苏省鲜食玉米亟需的技术装备排序

需求方向	均值	需求序列 /%				
		1	2	3	4	5
病虫草绿色防控技术	8.55	2.33	9.30	25.58	27.91	13.95
品种选择	8.31	67.65	11.76	2.94	0	5.88
机械化生产	8.04	35.29	38.24	2.94	11.76	2.94
精简高效栽培技术	7.69	8.57	40.00	14.29	11.43	11.43
一次性施肥技术	6.78	6.25	9.38	43.75	18.75	12.50
抗灾减灾技术	5.84	6.06	0	12.12	6.06	27.27
产业政策扶持	4.10	25.00	15.00	5.00	15.00	15.00
有机肥替代技术	3.84	0	15.79	26.32	31.58	15.79
标准化绿色化生产技术	3.71	5.00	10.00	0	25.00	30.00
保护性耕作技术	3.63	0	0	14.29	9.52	38.10
研发新装备	3.39	0	10.00	10.00	5.00	5.00
延长产业链	1.47	0	11.11	11.11	22.22	11.11
开发新产品	1.35	0	0	10.00	20.00	10.00

3.3　机械生产程度低，生产效益有待提高

需要探索机械化生产模式，实现机械与种植、管理、收获和加工等环节协调发展。实现区域规模化种植，推动机械化生产，提升生产效率。在江苏省鲜食玉米亟需的技术装备中，机械化生产列第 3 位（表 3），表明生产经营主体对鲜食玉米机械化生产技术需求强烈，对播种、收获、移栽机具有更高的需求。

3.4　品牌竞争能力弱，优质优价没有体现

江苏省鲜食玉米加工业正逐步发展，南通、盐城等地食品企业均开展了鲜食玉米加工利用，产品仍以速冻玉米和真空玉米为主，甜玉米粒和饮料逐渐进入市场。江苏省已形成几个区域品牌，但囿于企业的经营规模和深加工产品类型，创建的品牌整体较弱，较“万全县鲜食玉米”“青冈鲜食玉米”“北纬 47° ”等有较大差距。与河北、黑龙江、吉林等省份相比，江苏省鲜食玉米公用品牌尚未建立。

鲜食玉米采收至餐桌的时间越短，品质越高，但采收后还需经过储运才能抵达消费终端。消费端调研结果表明，84.88%的人群选择菜市场购买，社区团购人群仅有 23.84%；68.02%人群选择生玉米，22.67%人群选择即食玉米；50.58%人群选择鲜食玉米价位在 3～4 元 / 穗，37.21%人群选择鲜食玉米价位在 1～2 元 / 穗，表明鲜食玉米市场终端价格整体不高，有区位优势确保优质，但未体现出价格优势，还需进一步发掘“新鲜高端高价”潜力。

3.5　产业经济数据缺乏，产业需求研究不深

鲜食玉米产业涉及新品种的筛选与推广、种植管理、产品流通、加工和消费需求等环节。在影响产量和效率提升的社会因素中，农资成本高、人力成本高和销售困难分别列第 1、2 和 4 位（表 2），表明农业生产与市场需求信息不对称，各环节间信息反馈仍需进一步加强研究和梳理。

4　江苏省鲜食玉米产业未来攻关方向

江苏省鲜食玉米生产应坚持“发展乡村特色产业，拓宽农民增收致富渠道”的原则，采取科学合理的高产、优质、高效栽培技术，实现化肥农药使用的绿色化、高效化与经济化，在保障农业生产的同时，统筹考虑生态环境安全，促进生态文明建设和农业生产的协调发展。通过加强农业科技展示示范、产业延伸、品牌打造的协同推进，助力乡村全面振兴。基于以上发展思路，形成如下攻关方向。

4.1　加强优质、高产、多抗专用鲜食玉米新品种的创新、筛选与示范

开展鲜食玉米新品种的选育，鉴定和筛选出适宜江苏省种植的高产、优质、多抗、特色的鲜食玉米新品种，明确鲜食玉米新品种的区域布局[12]。加强对适合不同用途鲜食玉米品种的宣传和推广力度。随着冷链物流、电商等销售模式兴起，货架期长、耐储运、外观品质优和宜加工等类型的品种也逐渐被市场认可[3]。

4.2　加强鲜食玉米绿色高质高效关键技术的集成与推广

深度集成以选用良种、隔离种植、精细播种、合理密植、科学施肥、绿色防控和适时采收等技术环节为核心的鲜食玉米绿色优质高效生产技术。突出绿色优质，注重产品质量与市场认可；加强病虫草害的防治，优先选用高效、低毒、低残留农药，推广使用生物农药，推行无公害绿色防治，确保食用安全。针对不同区域、不同种植模式的鲜食玉米开展绿色防控技术研究，集成并推广绿色防控技术[13]。以需定种、以销定产、精细种植和适时采收，注重产业链的有效衔接及产后储运保存和秸秆利用等青贮价值，注重环境友好和综合效益提升。

4.3　加强鲜食玉米全程机械化技术研究与示范

加强鲜食玉米生产全程机械化技术的研究，包括机械化耕整地、种肥同播、除草施药和收获技术，重点开展机械化收获技术的研究、展示和示范，促进鲜食玉米产业向规模化、集约化、标准化和无害化方向发展。结合玉米产区实际情况，实现鲜食玉米区域化种植和专业化生产，推动大面积机械化作业，提升鲜食玉米产业的生产效率。

4.4　加强鲜食玉米保鲜技术研究和新产品研发

鲜食玉米自然保鲜、货架销售时间有限，采收后易失水，保鲜难度大，亟需开发鲜食玉米速冻加工技术，保持新鲜玉米原穗原有的色泽、风味、营养成分和保健价值，满足一年四季的消费需求[14]。加强鲜食玉米浆、玉米须饮品等新产品的研发，丰富产品类型，提升产品的附加值，提高加工效益。技术创新能带动鲜食玉米产业的升级，促进农业产业结构调整，助力高效农业产业发展。

4.5　加强鲜食玉米一二三产经济融合分析

鲜食玉米产业涉及新品种的筛选与推广、种植管理、产品流通、加工和消费需求等环节，环节间信息不对称，一二三产的融合分析仍需加强梳理和研

究。加强鲜食玉米一二三产经济融合，是推动农业现代化、促进农村经济发展和增加农民收入的重要途径[15]。建立健全鲜食玉米产业链，可以实现各环节的协同发展。通过加强产业链整合、推动技术创新、扩展销售渠道、发展休闲农业和加强品牌建设，可以实现鲜食玉米产业的全面发展，为实现乡村振兴提供有力支撑。

参考文献：

[1] 马　佳,马　莹,王丽媛,等. 上海鲜食玉米产业发展现状与对策研究[J]. 上海农业学报,2023,39(5):149-156.

[2] 江苏省人民政府. 省政府关于印发江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二三五年远景目标纲要的通知(苏政发〔2021〕18 号)[EB/OL]. (2021-02-19)[2024-09-16]. http://www.jiangsu.gov.cn/art/2021/3/2/art_46143_9684719.html.

[3] 徐　丽,赵久然,卢柏山,等. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J]. 中国种业,2020(10):14-18.

[4] 文章荣,李广浩,王　珏,等. 江苏省鲜食玉米化肥农药使用及生产现状调研与分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(7):91-96.

[5] 王　军,李洪涛,许瀚元,等. 江苏淮北地区双季鲜食玉米种植新模式研究[J]. 安徽农业科学,2019,47(17):38-40.

[6] 李少华,彭　震. 睢宁县秋歌农业发展有限公司为农服务探析[J]. 现代农业科技,2020(14):262-263.

[7] 袁建华,陈艳萍,赵文明,等. 江苏省糯玉米种质改良和品种创新[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):963-968.

[8] 张振良,陆虎华,黄小兰,等. 江苏省糯玉米育种研究进展及产业发展趋势[J]. 金陵科技学院学报,2020,36(2):65-69.

[9] 赵文明,陈艳萍,孔令杰,等. 鲜食糯玉米苏科糯 1505 品种特性分析[J]. 江西农业学报,2019,31(11):6-10.

[10] 沈　剑,嵇　娟,王　芹. 江苏涟水县鲜食糯玉米高产种植与病虫害防治技术[J]. 农业工程技术,2022,42(2):55-56.

[11] 陆方燕,李　丹,王新华,等. 不同种衣剂在鲜食玉米“申科糯 601”上的应用效果初报[J]. 上海农业科技,2021(2):47-48.

[12] 陆大雷,孙世贤,陈国清,等. 国家鲜食糯玉米区域试验品种产量和品质性状分析[J]. 玉米科学,2016,24(3):62-68,77.

[13] 宋俏姮,杨跃华,高必军,等. 推动四川鲜食玉米产业绿色发展的对策建议[J]. 中国种业,2020(2):25-27.

[14] 梁晓葵,白英秀,何　宇,等. 我国糯玉米育种及产业发展动态[J]. 吉林农业,2017(22):38.

[15] 龚魁杰,陈利容,张发军,等. 实现鲜食玉米一二三产业融合发展[J]. 农学学报,2018,8(4):91-96.

Development Status Investigation and Analysis of Fresh Corn Industry in Jiangsu Province

ZHAO He[1,2], ZHAO Wenming[1], CUI Yakun[1], KONG Lingjie[1], MENG Qingchang[1], LIU Ruixiang[1], ZHANG Meijing[1], CHEN Yanping[1], DAI Tingbo[2]

(1. Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;
2. College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This study analyzed the development of fresh corn industry, the current situation of new technology application, the problems of industrial development, and the limited factors of fresh maize industry in Jiangsu Province, then proposed future research directions for the development of fresh corn industry including strengthening the innovation, screening and demonstration of high-quality, high-yield, multi-resistant and special fresh corn varieties, clarifying advantageous planting areas, strengthening the integration and promotion of key technologies (green, high-quality and high-efficiency) for fresh corn, integrating production technologies based on the selection of high-quality seeds, precision sowing, reasonable planting density, scientific fertilization, green prevention and control of disease and pest, and timely harvesting, strengthening the technology research and demonstration of fresh corn mechanized production, promoting the industry to large scale, intensification and standardization, strengthening the preservation technology and new product research and development of fresh corn, enhancing the added value of the product, strengthening the analysis of economic integration of primary, secondary and tertiary industries, and solving the problems of information asymmetry between the promotion of new varieties, planting management, product circulation, processing and consumption.

Key Words: Fresh corn; Industry status; Production technology; Technical demand

杨　晔,李璐飞,曹　聪,等. 大麦青贮研究进展及在江苏沿海地区盐碱地发展前景分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):8-14. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.002.

大麦青贮研究进展及在江苏沿海地区盐碱地发展前景分析

杨　晔,李璐飞,曹　聪,李　楠,赵　铎,毛艺儒,朱　娟*
(扬州大学农学院,江苏 扬州 225000)

摘要:江苏沿海地区有我国面积最大的沿海滩涂,这是我国重要的土地后备资源。大麦是盐碱地利用的先锋作物之一,大麦产业是沿海地区优势特色产业。根据江苏沿海地区养殖业发展的需要,大麦青贮特性被人们发现与利用。青贮大麦作为优质粗饲料可替代部分青贮玉米,缓解牛、羊等养殖企业青贮饲料短缺的矛盾,其生产与收贮成为江苏沿海大麦生产与发展的新动能,促进了沿海滩涂国垦地区大麦生产转型升级,提高了产品的经济性和市场性。归纳了青贮大麦的特点和生产技术、影响大麦青贮营养的主要因素以及盐碱地推广利用的前景,为江苏沿海地区盐碱地大麦青贮产业发展提供参考。

关键词:盐碱地;青贮;大麦;产业发展
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240072

大麦因其生长期短、抗逆性强、用途多样而在全世界广泛种植,成为继水稻、小麦和玉米后的第四大禾谷类作物。大麦籽粒可作食用、酿酒原料和畜禽饲料,大麦全株也可利用作为青饲草、青贮料和青干草。青贮作为一种农作物全株饲料的有效保存技术,基本保留了原来青刈时的营养物质,一般仅损失 10% ~ 20%。青贮饲料柔嫩多汁,气味酸甜芳香,可提高饲料的消化率,降低饲养成本[1]。青贮大麦是一种重要的饲料资源,已广泛应用于畜牧业,尤其用于牛、羊等反刍动物的饲养上。

盐碱地是我国重要的土壤生态环境类型之一,因其土壤质量差、淡水资源缺乏、气候条件恶劣导致该地区草地资源匮乏,严重影响种植业和畜牧业发展[2]。我国盐碱地多,部分地区耕地盐碱化趋势加剧,国家对盐碱地的综合改造和利用十分重视,对现有大面积盐碱耕地改造提升,可以有效挖掘我国盐碱地作物的单产潜力。利用盐碱地发展耐盐饲草青贮和现代畜牧业,是盐碱地利用的一条重要途径,可拓展多元食物生产渠道。因此,开发利用盐碱地开发饲草资源,对于促进种植业及畜牧业发展、增加农民收入以及改善当地生态环境具有重要意义。

收稿日期:2024-07-28;修回日期:2024-12-08。
基金项目:江苏省高等学校大学生创新创业训练计划(202411117241Y)。
作者简介:杨　晔(2004—),女,主要从事大麦遗传育种研学工作。Email: 3170619344@qq.com。
* 通信作者:朱　娟(1990—),女,博士,讲师,主要从事大麦遗传育种研究。Email: 07670@yzu.edu.cn。

1　盐碱地大麦耐盐性研究现状

1.1　盐碱地基本概况

土壤盐渍化是一种严重的环境问题,可能由自然原因或人类活动导致。它给干旱和半干旱地区的农业生产带来了严重挑战[3]。根据联合国的预测,到 2050 年,全球粮食供应量需要增加 70%才能满足不断增长的人口需求,而在发展中国家,这一数字几乎需要增加到 100%[4]。目前,全球超过 8 亿 hm^2 的土地受到盐碱化影响,约占陆地面积的 7%;其中约 7 700 万 hm^2 的可耕地因盐碱化将无法种植作物,在大约 2.3 亿 hm^2 的灌溉耕地中约有 4 500 万 hm^2 受到不同程度的盐渍化影响[5-6]。随着全球气候变暖,美国、中国、澳大利亚等中低纬度地区的土壤盐渍化问题将变得更加严重,而干旱和半干旱地区的国家将面临更大的挑战[7]。我国盐碱地总面积位居全球第 3,主要分布在西北、华北、东北以及滨海地区在内的 17 个省区。江苏盐碱地主要分布在沿海滩涂区域及周边,涉及连云港、盐城、南通 3 市,为典型的滨海盐碱土类型。结合第三次全国土壤普查和卫星遥感数据,初步测定江苏盐碱地范围超 60 万 hm^2,盐城沿海滩涂面积超 40 万 hm^2,约占江苏省的 70%。按照含盐量(质量分数)0.1%以上计为盐碱地,江苏省盐碱耕地超 20 万 hm^2,盐碱荒草地超 1 万 hm^2,其他为沿海滩涂盐碱荒地。

1.2　大麦耐盐性及其机制

大麦(*Hordeum vulgare* L.)在全球栽培历史悠

久，范围广泛，用途多样，具有独特的土地和自然资源利用优势[8]。我国大麦种植面积曾达 700 万 hm^2，对粮食安全、畜牧业和啤酒工业发展发挥着积极作用[9]。因大麦用途广、耐盐碱、抗性好，一直是盐碱地改良的先锋作物[10]。江苏地区盐碱地面积广阔，大麦因耐盐性、早熟性及用途广泛，曾在江苏种植达到 73.4 万 hm^2，为江苏沿海滩涂开发利用发挥了重要的作用。

盐害引起的胁迫主要包括渗透胁迫和离子胁迫，还会导致氧化胁迫，引起植物膜透性改变、生理生化代谢紊乱和有毒物质积累，进而影响植物形态建成和生长发育[11-12]。植物在耐盐方面的进化机制分为渗透耐受性、离子外排和液泡中的离子隔离介导的离子稳态。离子平衡则通过 $Na^+/K^+/H^+$ 转运体和 H^+ 泵实现。此外，耐盐机制还受到各种信号通路和转录因子的调控（图 1）[13]。大麦的耐盐性显著强于小麦和水稻等作物，在形态结构、生理生化、信号传递及分子调控等方面能够快速对盐胁迫做出响应。耐盐大麦主要表现在叶片中 Na^+ 的积累速率较低，组织对 Na^+ 浓度的耐受能力较强，将 Na^+ 隔离在液泡中从而在细胞质中保持较高的 K^+/Na^+ 水平等。Nakamura 等比较了大麦和水稻组织中 Na^+ 的积累，发现大麦耐盐性较高是由于其茎部 Na^+ 积累较低，K^+/Na^+ 稳态较好，且大麦和水稻之间 K^+/Na^+ 稳态的差异与 *SOS*（sodium overdose sensing system）、*HKT*（high-affinity K^+ transporter）和 *NHX*（Na^+/H^+ antiporter）基因表达有关[14-15]，而相对于小麦，大麦叶片具有更高的组织耐受性[16]。

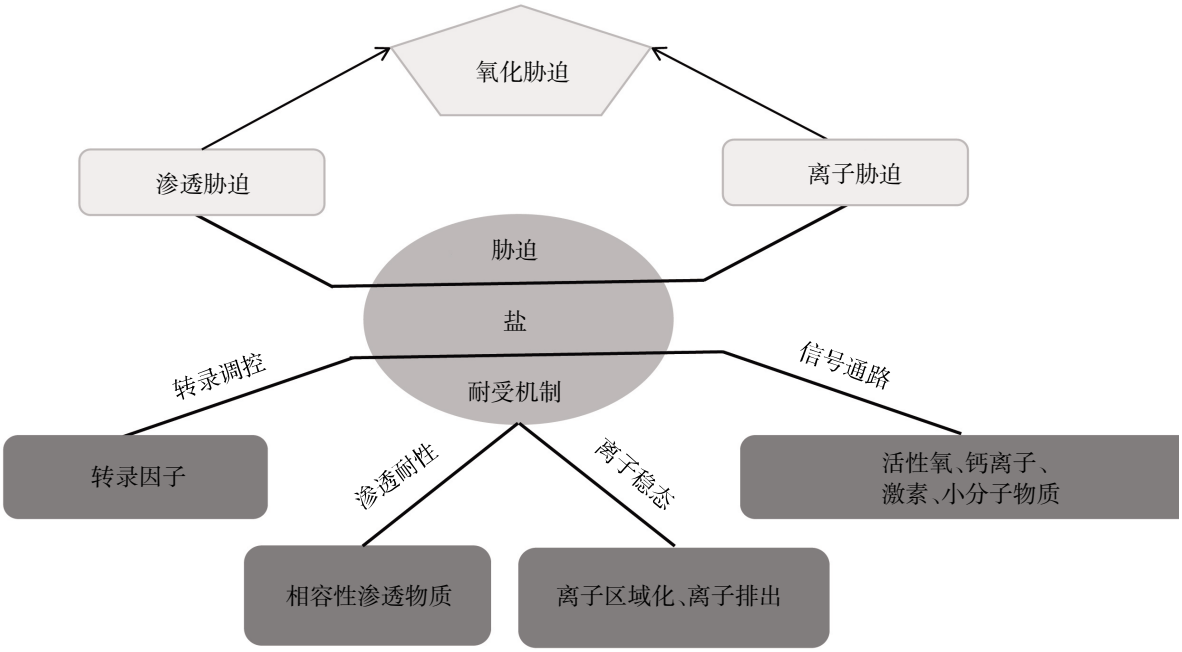


图 1　大麦耐盐机制示意图（参考自文献[13]）

1.3　江苏沿海地区的盐碱地大麦青贮应用

在含盐量较高的沿海滩涂荒地种植大麦可以有效防止土壤返盐，也是预防土壤盐害、改良和利用盐碱地的一项重要措施。在江苏沿海地区，青贮大麦作为一种优质饲草，是青贮玉米的必要补充，其用量可达青贮玉米的 50%左右。江苏沿海地区农业科学研究所选育的盐麦 7 号为高产优质多抗的青贮大麦新品种，产量高，茎秆粗壮且适口性好，青贮饲用品质好，有力地解决了江苏青贮大麦专用品种紧缺问题[17]。盐麦 7 号可在江苏盐城沿海地区于 10 月 16 至 11 月 5 日期间播种，4 月底至 5 月初（大麦乳熟期）收割；该品种曾经被盐城市农业农村局专家实收测产，产量超 3.1 t/667 m^2，可在很大程度上解决青贮玉米的季节性缺口问题。

2　大麦青贮研究进展

2.1　青贮大麦和大麦青贮基本特性

大麦为 1 年生禾本科植物，在全国均有分布，主要集中于青藏高原、沿海地区、长江中下游地区及北方春麦区。青贮大麦从前期青苗到中后期绿色植株、籽粒和干草均可作为畜禽养殖的优质饲料。

青贮大麦以收获鲜草为目的，要求得到最高的生物产量。千粒质量对产量影响不大，而有效茎蘖数对产量影响较大，因此，青贮大麦要有足够的基本苗以保证有效茎蘖数，同时要求必须收获绿枝绿叶，因此，要求品种具备分蘖力强、有效茎蘖多、成穗率高、中高秆、抗病、抗倒伏、不早衰等特点。

大麦青贮是指通过将含有一定水分的新鲜大麦切碎后，置于密闭无氧环境中进行厌氧发酵，可以快速降低饲料的 pH 值，从而达到长期保存的目的[18]。大麦青贮除能量稍低于玉米外，其粗蛋白和可消化蛋白含量均高于玉米，尤其是色氨酸、赖氨酸、微量元素以及维生素含量更为丰富，硒含量更是玉米的 3 倍以上[19]。目前，草食家畜的优质粗饲料极度缺乏，大麦青贮是玉米青贮的必要补充，可以填补玉米青贮季节性的供应不足。

2.2　大麦青贮重要技术环节

2.2.1　大麦生产。精选种子，提高播种质量：选用符合国家种子质量标准的高活力种子，并进行种子包衣，防止种传性病害及地下害虫；精心整地，确保土地平整，开好内沟，接通外沟，确保雨过沟干；采用机械播种，适当增加播种量（20 kg/667 m^2），缩小行距（15 cm），控制播种深度（3 cm 左右）；确保苗全、苗齐、苗匀、苗壮。

合理化肥料运筹技术：按照“前促、中补、后控”施氮原则进行科学施肥。首先重施基肥和分蘖肥，并适当增加磷肥和复合肥的用量；另外要早施分蘖肥，促进分蘖生长，增加大麦生长量；施好拔节孕穗肥（基部节间伸长 2 cm 后施用），适当增加灌浆期根外追肥，抽穗后不施穗肥。

化控防倒技术：青贮大麦倒伏不但影响产量，也影响青贮大麦的品质，适当控制基部节间的伸长，防倒是关键，在苗期 3—5 叶期，施用 25%多效唑 30 ~ 35 g/667 m^2；拔节前施用 5%烯效唑 35 ~ 45 g/667 m^2，或者矮壮丰 70 mL/667 m^2。

2.2.2　大麦收获。刈割时期：大麦青贮一般在乳熟末期至蜡熟初期进行收割青贮。但不同地点、气候条件和品种对于大麦最佳刈割期的选择具有一定的影响。最佳刈割期的选择应该结合产量和品质 2 方面综合考虑。如综合产量、干草品质和青贮品质 3 方面因素，新疆地区春性大麦最佳刈割期为灌浆 10 d[20]；而在西藏地区，对刈割期产量和品质综合分析，青稞 13-5171-7 在乳熟期和灌浆期进行整株刈割较好[21]；陈晓东等研究表明，如需兼顾大麦青贮产量与品质，可于灌浆期进行一次刈割[22]。

留茬高度：留茬高度是影响饲草青贮品质的重要因素之一；不同刈割高度对大麦青贮品质的影响不同，与齐地刈割相比，留茬 10 cm 刈割可显著改善大麦原料及青贮的营养品质[21]。

2.2.3　大麦青贮方式 。裹包青贮：将青贮原料切短、高密度打捆、拉伸膜包裹密封形成厌氧发酵环境，通过乳酸菌、益生菌等微生物活动进行厌氧发酵。

窖贮：窖贮虽一次性投资较大，但窖坚固耐用，使用年限长，可常年制作，其贮藏量大，青贮的饲料质量有保证。可按青贮窖建设标准 NY/T 2698—2015《青贮设施建设技术规范 青贮窖》建造。

堆贮：堆贮分地表堆贮和半地表堆贮。将青贮原料堆放压实后，再用较厚的黑色塑料膜封严，上面覆盖一层杂草之后，再盖上泥土或其他覆盖物压实，以满足厌氧发酵要求。

2.2.4　大麦青贮发酵过程。青贮发酵的关键是能够给乳酸菌提供生长和繁殖的条件，可分为有氧发酵阶段、无氧发酵阶段、稳定保存阶段和开窖取用阶段这 4 个过程（图 2）。有氧发酵阶段可将植物原料中可溶性糖经氧化转化为 CO_2、水同时释放热量，将蛋白质降解为氨基酸或氨态氮。无氧发酵为大麦青贮发酵过程中的关键阶段，由乳酸菌把葡萄糖或其他六碳糖发酵为乳酸。稳定保存阶段将半纤维素缓慢分解为糖类并将可溶性糖继续转化生成乳酸。最后的开窖取用阶段，青贮饲料的有氧变质开始启动，好氧微生物开始消耗饲料中的糖分和发酵产物等营养物质。在这 4 个发酵过程中，青贮原料的含水量、发酵温度、可溶性碳水化合物含量、青贮原料缓冲性能、密封状况以及添加剂的使用等决定了发酵的品质。大麦青贮原料的水分一般在 65% ~ 75%，发酵的适宜温度为 26.7 ~ 37.8 ℃，可溶性碳水化合物含量占干物质含量 > 6%一般可制成优质青贮原料，< 2%易导致青贮失败[23]。

为减少青贮发酵的损失，提高青贮品质，通常会在青贮饲料中加入青贮添加剂以提高青贮料的营养价值。在大麦青贮中常使用的添加剂有乳酸菌、纤维素酶、可溶性糖及甲酸等。

乳酸菌：青贮的实质是利用乳酸菌分解糖产生乳酸使 pH 值下降，抑制微生物的活动以便长期保存青贮饲料。加入乳酸菌可显著增加大麦青贮乳酸含量，使大麦青贮发酵后的酵母和霉菌数量下降，但对干物质和有机物质等消化率无影响。在大麦青贮中加入 10^8 CFU/kg 的嗜酸性乳酸杆菌即可获得高品质的青贮料[24-25]。

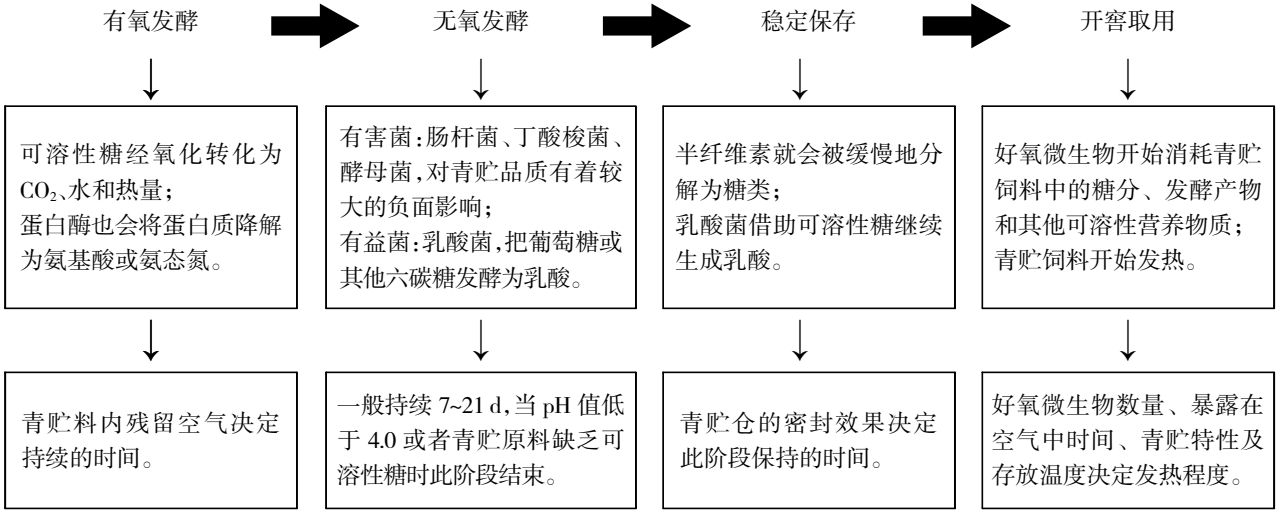


图 2　大麦青贮发酵过程[23]

纤维素酶：纤维素酶可将纤维素分解为葡萄糖，从而为乳酸菌发酵提供更多底物。另外，由于纤维素酶含有氧化还原酶成分，因此可以消耗氧气创造厌氧环境，因此被用作青贮发酵促进添加剂。郭金双等研究表明，在大麦青贮中添加纤维素酶可显著降低青贮 pH 值，并增加乳酸含量，促进青贮发酵，但添加纤维素酶对青贮中、酸性洗涤纤维瘤胃降解率没有显著影响[26]。

可溶性糖：在大麦青贮中加入蔗糖可以增加乳酸菌可利用底物的浓度，促进乳酸菌活动，加快青贮发酵速度。但添加不同用量的蔗糖（质量分数为 1%～2%）对于青贮乳酸含量没有显著影响。此外，添加蔗糖对青贮料中、酸性洗涤纤维瘤胃降解率没有显著影响[27]。糖蜜也常被用作发酵刺激物，通过为乳酸菌生长提供可发酵糖从而提高青贮酸化率。添加糖蜜的大麦青贮具有较低 pH 值和较高的乳酸、乙酸含量，可保持 216 h 以上的有氧稳定性，改善大麦青贮发酵品质，减少好氧腐败[28]。

甲酸：甲酸作为一种常用的化学添加剂，可抑制微生物的生长，使青贮物 pH 值迅速下降。在大麦青贮中加入甲酸，发酵 20 d 时 pH 值显著降低，大麦青贮物乳酸含量显著下降，可溶性糖含量增加，可显著减少原料养分的损失。且甲酸对大麦青贮品质及中、酸性洗涤纤维瘤胃降解率没有显著影响[29]。

混合添加剂：添加植物乳杆菌和丙酸的微生物化学组合添加剂可有效提高大麦青贮的营养价值，提高体外干物质消化率，还可以显著提高青贮料有氧稳定性[30]。

2.2.5　混合青贮技术。全株甘蔗 + 全株大麦混合青贮：将因天然灾害不能成熟的全株甘蔗和全株大麦按照铡细、混合、压实、封严原则进行混合窖式青贮制成的混合青贮饲料品质优良。制作新鲜青贮 582 t（全株甘蔗 312 t，全株大麦 270 t），制成 393.3 t 混合青贮料（可饲用 392.1 t，不能饲用 1.2 t），混合青贮制成率为 67.58%，可饲用率为 99.69%，营养成分较好，产值高[31]。混合青贮颜色黄绿色，pH 值为 4.2，原料手感分明、松散柔软。全株甘蔗与全株大麦混合青贮饲喂肉牛效果显著高于全株玉米青贮，利润提高 60.86%[32]。

混合大麦和豆类青贮：与单一作物相比，豆类和谷物混合物因其碳水化合物和蛋白质的平衡得到调整，可以产生营养成分更平衡的青贮饲料[33]。研究表明，质量比例为 50∶50 和 25∶75 的大麦和豌豆混合可以产生最大生产力和最好的青贮质量，混合物的蛋白质、纤维率和消化率均有显著改善[34]。

2.3　大麦青贮营养的影响因素

2.3.1　收割时期对青贮大麦产量及品质的影响。全株大麦作为青贮料饲用时，可以在抽穗期进行刈割。此时大麦柔软多汁，口感好，营养丰富，但产量相对较低，如果用作青贮，则推迟到乳熟期或蜡熟期进行刈割，产量会更高。随着大麦生育期的推进，大麦青贮后的乳酸、乙酸和铵态氮含量显著下降，pH 值显著提高，从而可提高大麦青贮的发酵品质，蜡熟期是最佳的青贮时期[35]。尽管此时纤维素含量较多，但青贮过程中会发生软化作用，使得全株大麦的消化率提高[36]。不同生态区域的最佳刈割期可

能各不相同[25-27]，大麦在乳熟期至蜡熟早期的营养价值和发酵品质较高[37]。在乳熟期和完熟期收获全株谷物类作物用于饲喂肉牛，肉牛的日增重、饲料利用率和采食量可能会有所不同[29]。

2.3.2 留茬高度对青贮大麦产量和品质的影响。留茬高度是影响饲草青贮品质的重要因素之一[38]，不同生态区域的最佳刈割期可能各不相同[39-41]。有研究表明，植物基部附近的纤维含量较高，因此，增加留茬高度可以降低青贮的纤维含量，从而提高其消化率[42]。此外，留茬高度的增加还可以降低茎叶比，改善青贮饲料的营养品质和动物生产性能[43]。Kim 等研究表明，不同的刈割高度对大麦青贮品质的影响不同，在收获期增加大麦饲草的刈割高度 10 ~ 15 cm 能够提高干物质的消化率[30]。张腾薇等研究发现，留茬高度为 10 cm 的大麦青贮饲料，其乳酸菌含量显著高于留茬较高的处理，这可能是由于更低的留茬高度有利于乳酸菌的生长繁殖[21]。与此同时，较低的留茬高度还能减少对青贮发酵不利的腐败微生物的数量，降低蛋白质的降解程度，从而改善青贮饲料的发酵品质，提高动物的生产性能。

2.3.3 碳氮比对青贮大麦的影响。青贮原料中可溶性碳水化合物水平的高低是影响青贮成功的关键因素之一[25]。高碳水化合物含量的原料能够促进乳酸菌的繁殖，加速发酵过程，使得青贮饲料的 pH 值迅速降低，从而抑制了有害杂菌的生长。青贮原料中的碳水化合物水平与青贮发酵品质之间呈现显著的正相关关系，即碳水化合物含量越高，青贮饲料的发酵品质越好[44]。青贮大麦随着种植密度的增加，中性洗涤纤维含量会先提高后降低[45]。这种趋势可能是由于较高的种植密度导致植株之间竞争加剧，使得植株生长受到限制，从而影响了纤维的合成与积累。增加种植密度并不会对大麦青贮原料中可溶性碳水化合物含量造成影响。因此，适当降低青贮大麦的种植密度，有利于碳水化合物的积累和保留，可提高大麦青贮原料的品质。播期对大麦青贮品质也会产生一定影响，早播大麦可以充分利用早春土壤墒情，促进植株扎根[46]，确保大麦有足够的生长期积累干物质。

3　盐碱地大麦青贮产业发展的可行性

3.1　盐碱地开发利用的政策背景

盐碱地作为一种潜在的土地资源，对其治理和开发有助于缓解城市发展与土地利用之间的矛盾。在党的二十大报告中，习近平总书记强调了“绿水青山就是金山银山”的理念，强调了人类与自然和谐共生的重要性[47]。因此，生产上应以这种理念来指导发展，“以地适种”同“以种适地”相结合，更系统地挖掘盐碱地的开发利用潜力，更大限度地发挥盐碱地的综合效益。

3.2　盐碱地大麦青贮的生态效益和社会效益

盐碱地大麦青贮产业对生态环境带来多重效益。首先，大麦作为盐碱地的适应性作物，种植大麦能够改善土壤结构，有效防止返盐，提高土壤肥力。其次，大麦的青贮利用可以有效利用盐碱地资源，提高土地利用率，减轻对现有农田资源的竞争压力。同时为畜牧业发展提供优质青贮饲料，有效填补了畜牧业中玉米青贮饲料的空缺期，促进农牧业的可持续发展。此外，盐碱地大麦青贮研究还有助于保护当地生物多样性，减少生态系统的退化和破坏，促进土地生态环境的恢复和改善，从而实现生态、经济和社会效益的良性循环。

4　结语与展望

随着对盐碱地资源的重视和利用，青贮大麦在盐碱地上的种植和应用将逐渐成为研究和实践的热点。未来，盐碱地青贮大麦研究有望在多个方面取得进展：首先，可通过引种和驯化耐盐碱大麦新品种、培育抗盐新品种或转基因耐盐大麦等生物技术措施，培育具有更高产量和更好抗逆性的青贮大麦品种。例如 Shen 等鉴定到一个响应盐胁迫的新型钙调蛋白 HvCaM1，RNAi 沉默 *HvCaM1* 基因可显著增强大麦的耐盐性[48]。Huang 等鉴定到的离子转运蛋白 HvHKT1;5 对大麦耐盐性遗传改良与新品种培育具有重要参考价值，通过转基因技术降低 *HvHKT1;5* 基因的表达可增强大麦耐盐性[49]。其次，完善青贮大麦生产及收贮技术，包括肥水运筹、化控防倒、青贮材料的处理、贮存和利用等方面，以提高青贮料制作的效率和质量。同时，通过研究青贮大麦对土壤环境的影响，探索更有效的土壤改良方法，进一步提高盐碱地的土壤质量和农作物产量，例如各种节水减肥、盐碱障碍消减的物理、化学、生物以及水利工程等多种措施，通过减少地表蒸发、创建隔层抑制盐分向上运动，促进盐分淋洗、加快土壤排盐排水等途径实现盐分环境的调控[50]。此外，

加强与畜牧业的全链结，将青贮大麦融入种养产业链，提高畜牧业的发展水平，实现农牧业的良性循环。最后，加强对盐碱地生态系统的保护与修复工作，促进盐碱地区生态环境的持续改善，从而实现可持续发展。

参考文献：

[1] 郭旭生，丁武蓉，玉　柱. 青贮饲料发酵品质评定体系及其新进展[J]. 中国草地学报，2008，30(4)：100-106.

[2] 徐　璐. 不同外源有机物对滨海盐碱地土壤地力提升的影响研究[D]. 扬州：扬州大学，2023.

[3] 李建国，濮励杰，朱　明，等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报，2012，67(9)：1233-1245.

[4] MUNNS R. Genes and salt tolerance：bringing them together[J]. The New Phytologist，2005，167(3)：645-663.

[5] 郭　勃. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲盐碱地分级与治理研究[D]. 济南：山东师范大学，2015.

[6] 高雅茹. 二色补血草 *LbTRY* 参与二色补血草盐腺发育的机制研究[D]. 济南：山东师范大学，2023.

[7] 朱　娟. 大麦耐盐性相关基因的发掘与定位研究[D]. 扬州：扬州大学，2020.

[8] 金彦龙. 大麦属物种的系统演化及其对土传病原菌的宿主特异性研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2023.

[9] 陈明贤，张国平. 全球大麦发展现状及中国大麦产业发展分析[J]. 大麦与谷类科学，2010(4)：1-4.

[10] 巴　图. NaCl 胁迫下大麦幼苗的生理响应与根系转录组测序分析[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学，2022.

[11] BAHIELDIN A，ATEF A，SABIR J S M，et al. RNA-Seq analysis of the wild barley (*H. spontaneum*) leaf transcriptome under salt stress[J]. Comptes Rendus Biologies，2015，338(5)：285-297.

[12] YOUSEFIRAD S，SOLTANLOO H，RAMEZANPOUR S S，et al. The RNA-seq transcriptomic analysis reveals genes mediating salt tolerance through rapid triggering of ion transporters in a mutant barley[J]. PLoS One，2020，15(3)：e0229513.

[13] AFZAL M Z，QI J，IBRAHIM A K，et al. Mechanisms and signaling pathways of salt tolerance in crops：understanding from the transgenic plants[J]. Tropical Plant Biology，2020，13(4)：297-320.

[14] NAKAMURA T，OSAKI M，ANDO M ，et al. Differences in mechanisms of salt tolerance between rice and barley plants[J]. Soil Science and Plant Nutrition，1996，42(2)：303-314.

[15] FU L B，SHEN Q F，KUANG L H，et al. Transcriptomic and alternative splicing analyses reveal mechanisms of the difference in salt tolerance between barley and rice[J]. Environmental and Experimental Botany，2019，166：103810.

[16] WU H H，SHABALA L，ZHOU M X，et al. Developing and validating a high-throughput assay for salinity tissue tolerance in wheat and barley[J]. Planta，2015，242(4)：847-857.

[17] 臧　慧，沈会权，张英虎，等. 青贮大麦新品种盐麦 7 号的选育及高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学，2022，39(6)：67-70.

[18] 张　放. 全株青刈大麦青贮及其在奶牛TMR 日粮中应用研究[D]. 合肥：安徽农业大学，2015.

[19] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京：中国农业出版社，1996.

[20] RUSTAS B O，NØRGAARD P，JALALI A R，et al. Effects of physical form and stage of maturity at harvest of whole-crop barley silage on intake，chewing activity，diet selection and faecal particle size of dairy steers[J]. Animal，2010，4(1)：67-75.

[21] 张腾薇，吕二锁，刘志萍，等. 留茬高度对全株大麦青贮品质的影响[J]. 中国草地学报，2022，44(7)：87-92.

[22] 陈晓东，赵　斌，季昌好，等. 大麦、小麦饲草产量与品质差异及适宜刈割次数研究[J]. 作物杂志，2017(3)：81-84.

[23] 赵　准. 四种栽培措施对青贮大麦产量和品质的影响 [D]. 石河子：石河子大学，2020.

[24] 谢晓华，陈广仁，杨保田. 植物乳杆菌和 EM 菌剂对青贮大麦营养成分和发酵特性的影响[J]. 中国饲料，2021(6)：37-40.

[25] 郭金双，赵广永，李胜利，等. 添加乳酸菌对大麦青贮品质及中、酸性洗涤纤维的瘤胃降解率的影响[J]. 中国畜牧杂志，1999，35(4)：27-28.

[26] 郭金双，赵广永，冯仰廉，等. 纤维素酶对大麦青贮品质及中酸性洗涤纤维瘤胃降解率的影响[J]. 饲料工业，2005，26(3)：13-14.

[27] 郭金双，赵广永，杨雅芳，等. 添加蔗糖对大麦青贮品质及中、酸性洗涤纤维瘤胃降解率的影响[J]. 中国畜牧杂志，2000，36(4)：18-20.

[28] LIU B Y，YANG Z Q，HUAN H L，et al. Impact of molasses and microbial inoculants on fermentation quality，aerobic stability，and bacterial and fungal microbiomes of barley silage[J]. Scientific Reports，2020，10(1)：5342.

[29] 郭金双，赵广永，冯仰廉，等. 甲酸对大麦青贮品质及中酸性洗涤纤维瘤胃降解率的影响[J]. 中国畜牧杂志，2000，36(6)：21-22.

[30] KIM D H，AMANULLAH S M，LEE H J，et al. Effect of microbial and chemical combo additives on nutritive value and fermentation characteristic of whole crop barley silage[J]. Asian-Australas Journal of Animal Sciences，2015，28(9)：1274-1280.

[31] 郑锦玲，王　锐，李天平，等. 全株甘蔗 + 全株大麦混合青贮技术研究[J]. 中国草食动物科学，2014，34(4)：83-84.

[32] 徐　英，王汝贵，王　锐，等. 全株甘蔗与全株大麦混合青贮饲养肉牛效果观察[J]. 养殖与饲料，2014(2)：15-17.

[33] ANGELETTI F G S，MARIOTTI M，TOZZI B，et al. Herbage and silage quality improved more by mixing barley and faba bean than by N fertilization or stage of harvest[J]. Agronomy，2022，12(8)：1790.

[34] SOUFAN W,AL-SUHAIBANI N A. Optimizing yield and quality of silage and hay for pea-barley mixtures ratio under irrigated arid environments[J]. Sustainability,2021,13(24):13621.
[35] 赵　准,齐军仓,李　剑,等. 新疆不同刈割期对春性大麦干草产量和青贮品质影响的研究[J]. 作物杂志,2019(5):180-185.
[36] KUNG L J R,RANJIT N K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage[J]. Journal of Dairy Science,2001,84(5):1149-1155.
[37] KUNG L J R,TAYLOR C C,LYNCH M P,et al. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science,2003,86(1):336-343.
[38] BEN MEIR Y A,NIKBACHAT M,PORTNIK Y,et al. Effect of forage-to-concentrate ratio on production efficiency of low-efficient high-yielding lactating cows[J]. Animal,2021,15(1):100012.
[39] 张　莹,陈志飞,张晓娜,等. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[J]. 草业学报,2016,25(11):124-135.
[40] 张　莹. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
[41] 田　静,谢昭良,刘家杏,等. 冬闲田种植大麦不同生育期的营养价值和青贮品质[J]. 草业科学,2017,34(4):753-760.
[42] REBELO L R,EASTRIDGE M L,FIRKINS J L,et al. Effects of corn silage and grain expressing α-amylase on ruminal nutrient digestibility, microbial protein synthesis, and enteric methane emissions in lactating cows[J]. Journal of Dairy Science,2023,106(6):3932-3946.
[43] NEYLON J M,KUNG L J R. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows[J]. Journal of Dairy Science,2003,86(6):2163-2169.
[44] 秦梦臻,沈益新. 生育期对小麦全株青贮发酵品质的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(8):1661-1666.
[45] 赵　准,李　剑,宋瑞娇,等. 不同种植密度对大麦产量和青贮品质的影响[J]. 作物杂志,2020(1):110-116.
[46] 赵　准,齐军仓,李　剑,等. 播期对青贮大麦产量和青贮品质的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(2):227-233.
[47] 徐　慧,刘　希,刘嗣明. 推动绿色发展,促进人与自然和谐共生: 习近平生态文明思想的形成发展及在二十大的创新[J]. 宁夏社会科学,2022(6):5-19.
[48] SHEN Q F,FU L B,SU T T,et al. Calmodulin HvCaM1 negatively regulates salt tolerance *via* modulation of HvHKT1s and HvCAMTA4[J]. Plant Physiology,2020,183(4):1650-1662.
[49] HUANG L,KUANG L H,WU L Y,et al. The HKT transporter HvHKT1;5 negatively regulates salt tolerance[J]. Plant Physiology,2020,182(1):584-596.
[50] 赵　英,王　丽,赵惠丽,等. 滨海盐碱地改良研究现状及展望[J]. 中国农学通报,2022,38(3):67-74.

Research Progress of Barley Silage and Development Prospect of Barley Silage in Saline-alkali Land in Jiangsu Coastal Area

YANG Ye, LI Lufei, CAO Cong, LI Nan, ZHAO Duo, MAO Yiru, ZHU Juan
(College of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

Abstract: Barley is one of the pioneering crops for the utilization of saline-alkali land. The coastal area of Jiangsu is the largest area of coastal mudflats in China. Barley industry is an advantageous characteristic industry in coastal areas. According to the needs of the development of coastal farming, barley silage characteristics were found and utilized. The silage barley replaces part of silage corn, and make up for the contradiction of silage shortage in sheep and cattle breeding enterprises, and the production and storage of silage barley has become a new driving force for the production and development of barley in Jiangsu coastal area, which can promote the transformation and upgrading of barley production in coastal beaches, improve the marketability and economy of products. This paper summarizes the characteristics and production technology of silage barley, the main factors affecting the nutrition of barley silage, as well as the prospects for the promotion and utilization of saline-alkali land, in order to provide a reference for the development of barley silage industry in saline-alkali land in Jiangsu coastal areas.

Key Words: Saline-alkali land; Silage; Barley; Industrial development

陈文国,次仁旺堆,米玛桑珠,等. 西藏青稞产区土壤和籽粒硒含量相关性分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):15-24. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.003.

西藏青稞产区土壤和籽粒硒含量相关性分析

陈文国[1],次仁旺堆[2],米玛桑珠[2],苏娜娜[3],次仁央金[2*]
(1. 西南林业大学水土保持学院,云南 昆明 650224;2. 西藏农牧学院植物科学学院,西藏 林芝 860000;
3. 南京农业大学生命科学学院,江苏 南京 210095)

摘要:为明确西藏青稞产区的青稞籽粒与栽培土壤的硒含量以及两者的相关性,对西藏青稞产区 16 个地点的土壤和青稞籽粒取样调查,结果发现:西藏青稞产区土壤硒含量(质量分数,下同)范围在 0.039 2 ~ 0.672 3 mg/kg,其中缺硒土壤占 27.78%,硒适量土壤占 22.22%,富硒土壤占 50%;青稞籽粒的硒含量范围在 0.009 8 ~ 0.331 2 mg/kg,其中硒含量不足的籽粒占全部样本的 50%;同时,西藏青稞产区土壤的硒含量与青稞籽粒的硒含量之间呈现显著正相关性。试验中藏青 2000、藏青 320 以及 5171 的青稞籽粒硒含量的差异无统计学意义。此外,与常规耕作相比,粉垄耕作技术未对土壤和藏青 3000 籽粒的硒含量产生显著影响。然而,在同一土壤条件下,冬青稞品种冬青 18 的籽粒硒含量显著低于春青稞品种藏青 2000。

关键词:西藏;土壤硒含量;青稞;相关性分析
中图分类号:S512.3;Q938.1+3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240098

青稞(*Hordeum vulgare* L. *var. nudum* Hook.f.)是禾本科、大麦属 1 年生草本植物,主要栽培地为我国西南部高原地区,如西藏、青海、四川、云南等地,青稞通常生长在高原气候区域,生长能力强,生长周期短,产量较高,易于栽培[1]。青稞是我国藏区的主要粮食作物,是藏区人民餐桌上不可缺少的主食。青稞因具有多种氨基酸、膳食纤维、维生素、矿物质及其他营养成分,被称为集健康与美味于一身的绿色天然谷物[2]。近年来,青稞的功能性营养成分及微量元素含量受到了科研工作者和营养学家的广泛关注。特别是硒(Se)这一微量元素,它在人体和动物体内扮演着至关重要的角色,是众多酶和功能蛋白的必需组成成分。硒元素的缺乏会对人体健康造成不利影响,包括但不限于影响免疫系统的功能、促进某些类型癌症的发生以及影响生殖系统的健康。因此,对青稞中硒含量的研究不仅具有营养学意义,也对提高人类健康水平具有潜在的重要作用[3]。目前,通过摄入富含硒的谷物类食品以满足人体对硒(Se)的日常需求,已被证实是一种安全且有效的营养补充策略。利用生物强化的谷物,如富硒青稞,作为膳食中硒的来源,不仅能够提高硒元素的生物利用度,还能降低因摄入不足而导致的健康风险,是一种符合现代营养学理念的科学实践。国际营养学界已对谷物中硒(Se)的含量提出了推荐标准,为 0.04 ~ 0.30 mg/kg[4]。针对西藏地区当前推广的青稞品种,研究其籽粒中硒的富集能力差异,以及土壤中硒含量与青稞籽粒硒含量之间的相关性,对于该地区青稞品种的硒富集潜力评估以及硒营养强化栽培策略的制定具有重要的科学意义和实用价值。

西藏土壤普遍缺硒,1994 年对西藏土壤背景值的调查表明,西藏土壤全硒含量(质量分数,下同)平均值约为 0.15 mg/kg[5],在拉萨至曲水拉萨河沿岸农田等严重缺硒地区,栽培土壤全硒含量的平均值仅为 0.083 mg/kg[6]。在西藏地区,青稞籽粒中硒缺乏的状况较为普遍,为 0 ~ 98.00 μg/kg。黄海皎等研究发现,不同青稞品种和不同栽培农田区间的青稞籽粒硒含量均存在显著差异[7]。曲航等研究团队在西藏两江流域对青稞栽培土壤以及藏青 2000 和藏青 320 2 个品种的青稞籽粒硒含量进行了深入分析,揭示了籽粒硒含量与土壤全硒含量和土壤有效硒含量之间存在显著的正相关性[8]。然而对于如何提高西藏地区作物籽粒硒含量的方法,目前主要聚焦于土壤和作物 2 个方面。作物优良品种的选育是提高青稞产量与品质的重要措施。有些植物在生长发

收稿日期:2024-10-09;修回日期:2024-12-13。
基金项目:拉萨市林周县农业科技计划(067/2024 横)。
作者简介:陈文国(1997—),男,硕士,讲师,主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。Email: c20161100221@163.com。
* 通信作者:次仁央金(1972—),女,博士,副教授,主要研究方向为高原作物栽培、农作制及适应气候变化技术。Email:390065855@qq.com。

育过程中必须经历低温环境(春化作用)才能正常开花结实。目前对小麦春化作用机制的研究比较透彻,研究表明春化作用能够促使小麦开花[9]。而近年来对于土壤理化条件的研究也逐渐成熟,由此催生一种新式的粉垄耕作技术,它通过改善土壤耕作方式,显著改善作物的产量与品质[10],已经应用在小麦[11]、玉米[12]等作物上。西藏地区是全国重要的青稞产区,栽培和生产优质富硒青稞对广大西藏居民具有重要的意义。然而,目前聚焦于西藏地区土壤与青稞籽粒硒含量的相关研究仍然相对匮乏,亟需进一步地深入探讨和系统分析。本研究通过在西藏主要青稞产区采集栽培土壤和青稞籽粒的样本,测定当地栽培土壤和青稞籽粒的硒含量并分析两者间相关性,同时附加青稞品种耕作技术以及青稞春化阶段等因素,探究对籽粒硒含量产生显著影响的重要因子,以期为西藏青稞主产区土壤硒含量和青稞籽粒硒含量的区域性差异以及富硒青稞生产与培育提供理论支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

土壤样本的采集工作覆盖了西藏自治区的 13 个青稞主要生产区域。样本主要来源于西藏南部地区,具体包括日喀则市(82°1′ ~ 90°20′ E、27°13′ ~ 31°49′ N,平均海拔 4 000 m 以上)、山南市(90°14′ ~ 94°22′E、27°08′ ~ 29°47′N,平均海拔 3 700 m)以及林芝市(92°09′ ~ 98°47′E、26°52′ ~ 30°40′N,平均海拔 3 100 m),同时,也包括了来自阿里地区(78°23′40″ ~ 86°11′51″E、29°40′40″ ~ 35°42′55″N,平均海拔 4 500 m 以上)和拉萨市(91°06′ ~ 91°23′E、29°36′ ~ 30°24′N,平均海拔 3 650 m)的少量样本。这些样本的地理位置分布在雅鲁藏布江南北两岸,其中位于雅鲁藏布江南岸的有普兰县(80°27″ ~ 82°30″E、30°00″ ~ 31°13″N,平均海拔 3 900 m)、白朗县(88°53′ ~ 89°25′E、28°17′ ~ 29°18′N,平均海拔 4 200 m)、江孜县(89°06′ ~ 90°12′E、28°30′ ~ 29°18′N,平均海拔 4 000 m)、乃东县(91°32′ ~ 92°02′E、28°44′ ~ 29°36′N,平均海拔 4 500 m)、扎囊县(90°03′ ~ 90°38′E、28°27′ ~ 29°34′N、平均海拔 3 680 m)和隆子县(91°53′ ~ 93°06′E、28°07′ ~ 28°52′N,平均海拔 4 300 m);位于雅鲁藏布江北岸的则有南木林县(88°46′ ~ 90°E、29°18′ ~ 30°18′N,海拔在 3 790 ~ 4 952 m)、达孜县(91.21° ~ 91.35°E、29.40° ~ 29.667°N,海拔在 3 670 ~ 5 548 m)、林芝县(93°27′ ~ 95°17′E、29°21′ ~ 30°15′N,平均海拔 3 000 m)和波密县(94°0′ ~ 96°48′E、29°24′ ~ 30°42′N,平均海拔 3 300 m)。

在青稞籽粒品种方面,对藏青 2000、藏青 320、喜拉 22、冬青 18、5171、藏青 3000 品种进行了研究。所选用的土壤样本均源自青稞样品相对应的栽培农田土壤。这些土壤样本的采集地点均位于上述青稞产区,具体的采样位置详见图 1。

1.2　试验方法

试验 1:考察土壤与籽粒硒含量的相关性。采用控制变量法,选取西藏不同青稞产区的同一品种(藏青 2000)、同一春化阶段(春青稞)、利用同一耕作技术(常规技术)播种的青稞籽粒样品,使用 SPSS 20.0 进行土壤与籽粒硒含量的相关性分析(参与相关性分析的样本为 6、9、10、17、19、21 号样本)。

试验 2:忽略青稞品种的影响,考察土壤与籽粒硒含量的相关性。选取西藏不同青稞产区的同一春化阶段(春青稞)、利用同一耕作技术(常规技术)播种的青稞籽粒样品,使用 SPSS 20.0 进行土壤与籽粒硒含量的相关性分析(参与相关性分析的样本为 1、2、3、4、6、9、10、11、12、17、19、21 号样本)。

试验 3:利用日喀则市帮玉村在同一土壤环境中收获的 3 种不同的青稞品种(藏青 2000、藏青 320 和 5171),分析在同一土壤下不同青稞品种间(藏青 2000、藏青 320 和 5171)硒含量差异显著性情况。

试验 4:利用山南市克麦社区的 2 组样本(12、13、14、15 号样本)研究不同耕作技术对土壤和青稞籽粒(藏青 3000)硒含量的影响,旨在通过统计学方法评估粉垄耕作技术与传统常规耕作技术在土壤硒含量方面是否存在显著差异。

试验 5:利用林芝市列康村和林芝市巴宜农场的不同春化阶段的青稞品种春青稞(藏青 2000)和冬青稞(冬青 18),据此进行不同土壤与不同春化阶段的青稞品种对籽粒硒含量联合影响的分析。

采样方法:在青稞成熟期间,针对预先选定的采样点,采用了对角线布点的方式进行取样,确保样本的代表性和均匀性。具体而言,每个采样点均选取了 5 个 1 m^2 的样点,以获得具有统计学意义的样本量。

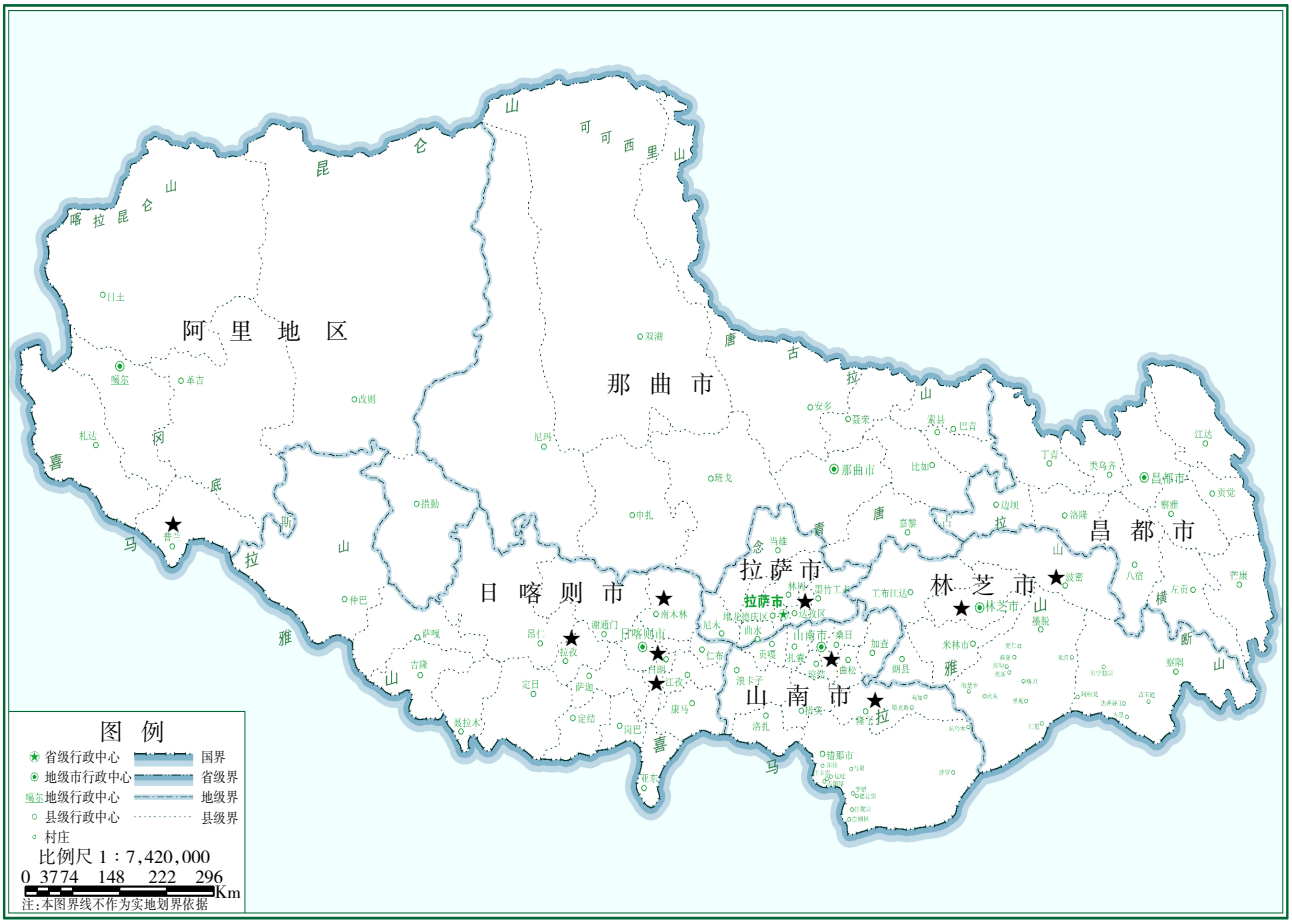
青稞的收获遵循以下规程:首先,将青稞全穗收获,然后将其装入专门的网袋中,以便在自然环境下进行风干。风干后,再进行脱粒处理,并妥善贮藏以备后续分析。与此同时,对每个青稞种植地的表层土壤(0 ~ 20 cm 深度)进行取样。在每个样点,采集 1 份土壤样本,并采用四分法将 5 个样点的土壤样本混

匀,以减少变异性并增加样本的代表性。混匀后的土壤样本经过风干处理,留存 1 ~ 2 kg 土壤样品作为备用,以便进行进一步的化学分析和评估。

土壤及植物样品分析方法：土壤样品经风干后,全部过 60 目筛以除去砂砾、植物根系等杂质,然后用精密电子天平称取 0.25 g 装入离心管中备用。青稞籽粒样品经手动脱去麸皮后,放入研磨仪中研磨约 10 min，然后称取 0.1 g 装入离心管中备用。每组样品均设置 3 份独立的重复试验以提高数据的准确性。对土壤采用高温消解法：每份 0.25 g 土壤样品加入 5 mL 消解液（68% HNO_3 和 72% $HClO_4$ 按照体积比 4∶1 混合制得），在高温消解炉中消解 7 ~ 14 h,然后每份加入 10 mL 2.5% HNO_3 配成溶液备用。籽粒采用微波消解法:每份 0.1 g 籽粒样品加入 2.5 mL 68% HNO_3，在微波消解仪中消解约 30 min,然后每份加入去离子水定容至 20 mL 配成溶液备用。将上述样液用 0.45 μm 聚醚砜微孔滤膜(PES)抽取过滤去除其中残留的不溶或微溶性杂质,以排除对后续元素测定的干扰。在进行上述操作的同时,还同步制备了空白样品和土壤成分分析标准物质(GBW07981/GSS-39)样品,以排除各类仪器和设备本身的误差对试验数据造成的干扰。采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)测定了各样品中硒元素的含量(需提前配制硒标准溶液)[13-14]。

1.3　数据处理与分析

西藏自治区行政简图从国家地理信息公共服务平台(https://www.tianditu.gov.cn/)获取。3 次重复试验测得的硒元素含量的平均值作为该组样本的硒含量实际值，用 SPSS 20.0 和 Excel 2019 进行数据统计分析和作图。



审图号:藏 S(2024)034 号　　2024 年 6 月　西藏自治区自然资源厅编制

图为西藏自治区标准地图·政区简图版。因采集样本精确到县级,图中仅标出了 10 个目标点

图 1　西藏不同地区土壤和青稞籽粒的采样点

2　结果与分析

2.1　青稞产区土壤与青稞籽粒的硒含量

由表 1 和表 2 可知,在西藏青稞产区的 18 份农田土壤样品中,土壤硒含量(质量分数,下同)范围为 0.039 2 ~ 0.672 3 mg/kg,平均值为 0.264 4 mg/kg,中位数为 0.287 4 mg/kg,标准差为 0.227 7,变异系数为 86.12%。在采样取得的 18 份青稞籽粒样品中,籽粒

硒含量范围为 0.009 8 ~ 0.331 2 mg/kg，平均值为 0.070 8 mg/kg，中位数为 0.057 9 mg/kg，标准差为 0.071 8，变异系数为 101.41%。其中，50%的籽粒样品硒含量不足 0.04 mg/kg。

由表 1 和表 3 可知，在西藏青稞产区的土壤样品中，27.78%属于缺硒土壤，土壤硒含量平均值为 0.077 1 mg/kg；22.22%属于适量硒土壤，土壤硒含量平均值为 0.240 0 mg/kg；50%属于富硒土壤，土壤硒含量平均值为 0.520 6 mg/kg。缺硒土壤主要分布在日喀则市的南木林县、江孜县和桑珠孜区，拉萨市的达孜县，林芝市波密县多吉乡。适量硒土壤分布在阿里地区普兰县，山南市的隆子县和乃东县，林芝市波密县易贡乡和倾多乡。富硒土壤主要分布在日喀则市白朗县，江孜县的紫金乡，山南市乃东县，林芝市林芝县。由表 1 和表 4 可知，在西藏青稞产区的青稞籽粒样品中，27.78%属于缺硒籽粒，籽粒硒含量平均值为 0.010 3 mg/kg；22.22%属于硒临界籽粒，籽粒硒含量平均值为 0.031 9 mg/kg；22.22%属于适量硒籽粒，籽粒硒含量平均值为 0.058 8 mg/kg；27.78%属于富硒籽粒，籽粒硒含量平均值为0.143 0 mg/kg；硒过量的籽粒占比为 0。

表 1　西藏不同地区土壤和青稞籽粒中硒含量的测定值汇总

样本序号	地区	地理信息[经度、纬度，海拔(m)]	土壤硒含量 /（mg/kg）	籽粒硒含量 /（mg/kg）
1	阿里普兰县细德村	81°10′37.20″E、30°18′0″N，3 900.00 m	0.251 4▲	0.068 5▲
2	日喀则市白朗县嘎东镇 贵热村	89°11′26″E、29°11′50″N，3 890.00 m	0.383 9◬	0.331 2◬
3	日喀则市南木林县多角乡尖村	89°4′52″E、29°28′26″N，3 854.00 m	0.039 2▲	0.025 6▲
4	日喀则市江孜县紫金乡格西村	89°32′54″E、28°53′56″N，4 000.00 m	0.058 3▲	0.023 0▲
5	日喀则市江孜县紫金乡帮玉村(藏青 2000)	89°32′24″E、28°54′49″，4 010.00 m	0.670 0◬	0.126 6◬
6	日喀则市江孜县紫金乡帮玉村(藏青 320)	89°33′38″E、28°54′27″N，4 020.00 m	0.670 0◬	0.068 6▲
7	日喀则市江孜县紫金乡帮玉村(5171)	89°54′34″E、28°54′34″N，4 010.00 m	0.670 0◬	0.058 2▲
8	日喀则市桑珠孜区聂日雄乡盘孔村	88° 49′22″E、29°19′55″N，3 840.00 m	0.090 0▲	0.009 8▲
9	拉萨市达孜县塔杰乡巴嘎雪村	91° 46′44″E、29°49′26″N，3 798.63 m	0.111 1▲	0.038 9▲
10	山南市隆子县日当镇玉白村	92°10′38″E、28°27′34″N，4 070.00 m	0.239 8▲	0.025 6▲
11	山南市乃东县昌珠镇克麦社区(常规)	91°47′11″E、29°12′25″N，3 540.80 m	0.672 3◬	0.070 3◬
12	山南市乃东县昌珠镇克麦社区(粉垄)		0.564 7◬	0.070 2◬
13	林芝市波密县易贡乡贡仲村(冬)	94°49′12″E、30°16′12″N，2 177.40 m	0.256 4▲	0.031 2▲
14	林芝市波密县多吉乡通参村(春)	96°1′40″E、30v3′36″N，3 386.73 m	0.086 9▲	0.021 3▲
15	林芝市波密县倾多乡列康村(冬)	95°35′60″E、30°4′4″N，2 748.89 m	0.360 5◬	0.010 7▲
16	林芝市波密县倾多乡列康村(春)	95°35′60″E、30°4′4.80″N，2748.89 m	0.212 2▲	0.057 5▲
17	林芝市林芝县育才西路巴宜农场(冬)	94°20′34″E、29°39′57″N，3 026.69 m	0.375 8◬	0.031 8▲
18	林芝市林芝县育才西路巴宜农场(春)	94°20′34″E、29°39′57″N，3 026.69 m	0.318 3◬	0.074 7◬
—	空白样品①	—	−4.463 3	−0.109 1
—	土壤成分分析标准物质②样品（GBW07981/GSS-39）	—	1.205 4	—

注：土壤样品中▲表示缺硒土壤，▲表示适量硒土壤，◬表示富硒土壤；籽粒样品中▲表示硒缺乏籽粒，▲表示硒临界籽粒，▲表示硒适量籽粒，◬表示富硒籽粒；NA 表示数据异常或数据不可用；—表示无数据或数据无意义。表中硒含量均指硒质量分数。下表同。

①土壤和籽粒空白样品均同步进行了测定，其单位为 μg/kg。

②土壤成分分析标准物质采自海南万宁富硒土壤区，定值单位为中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所(IGGE)，硒含量标准值为 1.2 ± 0.1 mg/kg。

表 2　西藏不同地区土壤和籽粒硒含量的一般描述性统计量汇总

项目	范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	中位数 /(mg/kg)	标准差	变异系数 /%
土壤硒含量	0.039 2 ~ 0.672 3	0.335 0	0.287 4	0.227 7	86.12
籽粒硒含量	0.009 8 ~ 0.331 2	0.070 8	0.057 9	0.071 8	101.41

表 3　西藏不同地区的土壤硒含量分类信息

项目	缺硒土壤	适量硒土壤	富硒土壤
频次 / 组	5	4	9
样本序号	3、4、8、9、14	1、10、13、16	2、5、6、7、11、12、15、17、18
平均值 /(mg/kg)	0.077 1	0.240 0	0.520 6
占样本总量的比值 /%	27.78	22.22	50.00

注：缺硒土壤（硒的质量分数≤0.14 mg/kg），适量硒土壤（0.14 mg/kg< 硒质量分数≤0.3 mg/kg），富硒土壤（硒质量分数 >0.3 mg/kg）。

表 4　西藏不同地区籽粒分类信息

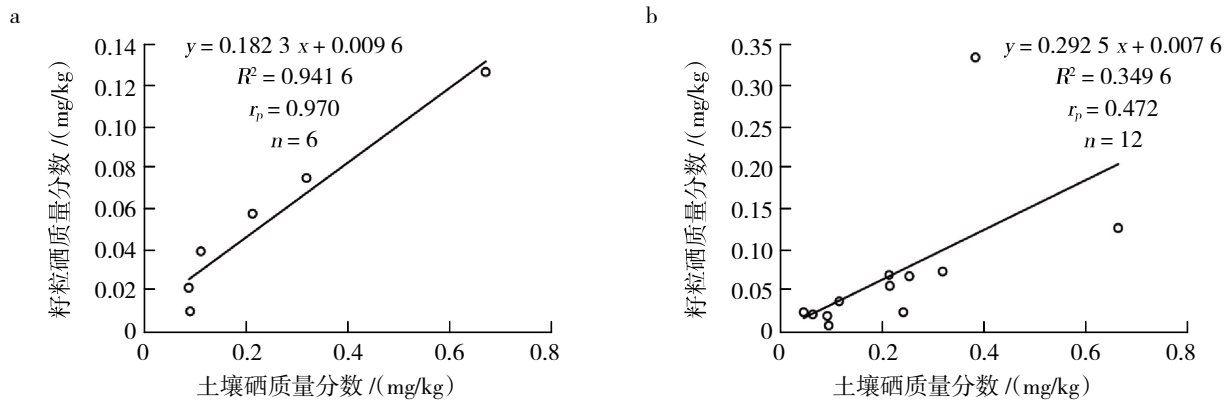
项目	硒缺乏籽粒	硒临界籽粒	硒适量籽粒	富硒籽粒	硒过量籽粒
频次 / 组	5	4	4	5	0
样本序号	3、4、9、17、18	10、11、16、20	1、7、8、19	2、6、12、13、21	—
平均值 /(mg/kg)	0.010 3	0.031 9	0.058 8	0.143 0	—
占样本总量的比值 /%	27.78	22.22	22.22	27.78	0

注：硒缺乏（硒质量分数 <0.025 mg/kg），硒临界（0.025 mg/kg≤硒质量分数 <0.04 mg/kg），硒适量（0.04 mg/kg≤硒质量分数 < 0.07 mg/kg），富硒（0.07 mg/kg≤硒质量分数 <1.0 mg/kg），硒过量（硒质量分数≥1.0 mg/kg）。

2.2　土壤和青稞硒含量相关性

试验 1 分析结果表明：6 个不同地区的土壤与籽粒硒含量呈极显著的正相关（$R^2 = 0.941\ 6$，$\alpha = 0.01$），Pearson 相关系数为 0.970（图 2–a、表 5）。对该相关关系构建线性回归直线方程，可得 $y = 0.182\ 3x + 0.009\ 6$（式中：x 为土壤硒含量，y 为籽粒硒含量，两者的单位均为 mg/kg），即土壤硒含量每增加 0.1 mg/kg，籽粒硒含量就约增加 0.018 23 mg/kg。

若忽略青稞品种的影响，进行试验 2 的相关性分析（参与相关性分析的样本为 1、2、3、4、5、8、9、10、11、14、16、18 号样本）（图 2–b）。分析结果为：12 个不同地区的土壤与籽粒硒含量呈显著的低度的正相关关系（$R^2 = 0.349\ 6$），Pearson 相关系数为 0.472（图 2–b、表 5）。对该相关关系构建线性回归直线方程，可得 $y = 0.292\ 5\ x + 0.007\ 6$（式中：$x$ 为土壤硒含量，y 为籽粒硒含量，两者的单位均为 mg/kg），即土壤硒含量每增加 0.1 mg/kg，籽粒硒含量约增加 0.029 25 mg/kg。



a.西藏不同地区土壤中硒质量分数与同一品种的青稞籽粒中硒质量分数间的相关关系（6 个样本）；b.西藏不同地区土壤中硒质量分数与不同品种的青稞籽粒中硒质量分数间的相关关系（12 个样本）

图 2　西藏不同地区土壤中硒质量分数与青稞籽粒硒质量分数的相关性

表 5　皮尔逊相关性分析(相关系数 r_p)

		土壤硒含量	籽粒硒含量
试验 1	土壤硒含量	1	—
	籽粒硒含量	0.970**	1
试验 2	土壤硒含量	1	—
	籽粒硒含量	0.472	1

注:“**”表示在 0.01 级别(双尾)相关性显著。表中硒含量均指硒质量分数。下表同。

2.3　同一土壤不同青稞品种籽粒硒含量的差异性

为了能够判断青稞的品种对籽粒硒含量积累的影响，本试验分析并探究了 3 个不同青稞品种(藏青2000、藏青 320 和 5171)的籽粒样本。使用单因素方差分析检验不同青稞品种对其硒含量的影响是否存在差异。结果显示,不同青稞品种之间的硒含量之间无统计学意义,$F(2,6) = 3.070\ 6$, $P > 0.05$(表 6、表 7)。

2.4　不同耕作技术对土壤硒含量的影响

试验 4 研究了不同耕作技术对土壤和青稞籽粒(藏青 3000)硒含量的影响。通过对常规耕作和粉垄耕作的土壤样品和籽粒样品进行了独立样本 t 检验,结果发现,2 种耕作方式下的土壤硒含量的差异无统计学意义,$t(4) = 0.541$, $P = 0.617$(表 8、表9)。同样地,2 种耕作方式下的青稞籽粒硒含量的差异无统计学意义,$t(4) = 0.007$, $P = 0.995$(表 8、表 9)。

表 6　日喀则市帮玉村 3 种不同青稞籽粒(藏青 2000、藏青 320、5171)硒含量统计

地区	青稞品种	硒含量 /(mg/kg)
日喀则市帮玉村	藏青 2000	0.126 6 ± 0.037 6
	藏青 320	0.068 6 ± 0.013 2
	5171	0.058 2 ± 0.032 7

表 7　日喀则市帮玉村 3 种不同青稞籽粒(藏青 2000、藏青 320、5171)硒含量方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F	P
处理间	2	0.008 1	0.004 075	3.070 6	0.121
处理内(误差)	6	0.008 0	0.001 327	—	—
总变异	8	0.016 1	—	—	—

表 8　山南市克麦社区 2 种不同耕作方式的土壤和青稞籽粒(藏青 3000)硒含量统计

地区	耕作技术	土壤硒含量 /(mg/kg)	籽粒硒含量 /(mg/kg)
克麦社区	常规耕作	0.672 3 ± 0.066 1	0.070 3 ± 0.017 1
	粉垄耕作	0.564 7 ± 0.026 0	0.070 2 ± 0.024 9

表 9　山南市克麦社区 2 种不同耕作方式的土壤和青稞籽粒(藏青 3000)硒含量的独立样本 t 检验分析

		方差齐性检验		独立样本 t 检验		
		F	$P_{0.05}$	t	自由度	P
籽粒	假定等方差	0.006	0.944	0.007	4	0.995
	不假定等方差	—	—	0.007	3.888	0.995
土壤	假定等方差	1.536	0.283	0.541	4	0.617
	不假定等方差	—	—	0.541	2.653	0.630

2.5　不同土壤与不同春化阶段的青稞品种对籽粒硒含量的联合影响

使用独立样本 *t* 检验分析春化作用是否会对青稞籽粒的硒含量产生影响。分析结果显示：在林芝市列康村的土壤条件下，冬青稞与春青稞硒含量的差异无统计学意义，$t(4) = -0.837$，$P = 0.450$（表 10、表 11）。而在林芝市巴宜农场的土壤环境下，春青稞籽粒和经过春化作用的冬青稞的籽粒在硒含量的差异上具统计学意义，$t(4) = -10.615$，$P = 0.000\ 446$（表 10、表 11）。同时分析林芝市列康村和巴宜农场的土壤条件是否会对青稞的硒含量产生影响的结果显示，冬青稞冬青 18 在林芝市列康村和巴宜农场的土壤环境下的硒含量差异无统计学意义，$t(4) = 0.117$，$P = 0.912$（表 12）。同样地，春青稞藏青 2000 在不同土壤条件下差异也无统计学意义，$t(4) = -0.700$，$P = 0.523$（表 12）。结果表明：列康村和巴宜农场的土壤环境不能对这 2 种青稞（藏青 2000 和冬青 18）产生在硒含量方面的影响。

表 10　林芝市不同地区收获的 2 种不同春化阶段的青稞籽粒硒含量

地区	春化阶段	
	冬青稞籽粒硒含量 /（mg/kg）	春青稞籽粒硒含量 /（mg/kg）
林芝市列康村	0.033 6 ± 0.025 9	0.057 5 ± 0.034 5
林芝市巴宜农场	0.031 8 ± 0.003 9	0.074 7 ± 0.004 1***

注：同行数据后的“***”表示在 0.001 水平下差异具有极高统计学意义。

表 11　林芝市不同地区收获的 2 种不同春化阶段的青稞籽粒硒含量的独立样本 *t* 检验

地区	方差齐性检验		独立样本 t 检验		
		F	$P_{0.05}$	*t*	自由度	*P*
列康村	假定等方差	0.555	0.498	−0.837	4	0.450
	不假定等方差	—	—	−0.837	3.313	0.459
巴宜农场	假定等方差	0.014	0.911	−10.615	4	0.000 446
	不假定等方差	—	—	−10.615	3.988	0.000 453

表 12　林芝市 2 种不同土壤条件对同种青稞籽粒（冬青 18、藏青 2000）硒含量影响的独立样本 *t* 检验

品种	方差齐性检验		独立样本 *t* 检验		
		F	$P_{0.05}$	*t*	自由度	*P*
冬青 18	假定等方差	2.522	0.187	0.117	4	0.912
	不假定等方差	—	—	0.117	2.139	0.917
藏青 2000	假定等方差	3.646	0.129	−0.700	4	0.523
	不假定等方差	—	—	−0.700	2.058	0.555

3　讨论

3.1　西藏土壤和青稞籽粒硒含量的分布特点

本研究结果显示（表 1），西藏青稞主产区的土壤硒含量平均值为 0.335 0 mg/kg，其中最高值为 0.672 3 mg/kg，出现在日喀则市帮玉村；最低值为 0.039 2 mg/kg，出现在日喀则市尖村。其中缺硒土壤的占比达到了 27.78%。西藏青稞主产区的籽粒硒含量平均值为 0.070 8 mg/kg，其中最高值为 0.331 2 mg/kg，出现在日喀则市贵热村；最低值为 0.009 8 mg/kg，出现在日喀则市盘孔村。其中缺硒或硒不足籽粒的占比合计达到了 50%（表 2、表 3、表 4），这一数值与缺硒土壤占比的数值表现出相似性，西藏青稞主产区的土壤和籽粒硒含量可能存在一定的相关性。西藏地区目前的土地资源和主要农作物仍然存在一定的硒缺乏状况。

与前人的研究结果（2016 年采样）[8]相比，土壤硒含量平均值提高了 46.89%，籽粒硒含量平均值提高了 543.64%，造成这一结果的原因推测是近 5 年来西藏地区的土壤硒资源正在逐步积累和改善，且

当地的青稞选种、栽培、生产和加工技术的进步使得青稞籽粒中硒等营养物质的流失和损耗进一步降低。此外，在土壤硒含量分布上，雅鲁藏布江以南地区高于雅鲁藏布江以北地区，土壤硒含量最高的3个地区（日喀则市江孜县、山南市乃东县和日喀则市白朗县）均位于雅鲁藏布江以南，此结果与前人的研究结果[15]基本一致。

3.2　西藏青稞产区土壤和籽粒硒含量间的相关性

本研究结果显示，在控制单一变量（青稞品种、春化阶段、耕作技术均保持一致，仅改变栽培地区）的条件下，西藏不同地区的土壤硒含量与籽粒硒含量呈极显著的正向线性相关关系，构建得到的线性回归直线方程为 $y = 0.182\,3\,x + 0.009\,6$（式中：$x$ 为土壤硒含量，y 为籽粒硒含量，两者的单位均为mg/kg），R^2 达到了 0.941 6，Pearson 相关系数为0.970（表5），表明青稞籽粒的硒含量在一定范围内随着土壤硒含量的变化而同步变化（图 2）。这也证实了土壤仍然是青稞等植物吸收微量元素等营养物质的主要来源。而若忽略青稞品种的影响（其他变量仍保持一致），则土壤硒含量与籽粒硒含量的相关性就会大幅降低（但仍呈显著正相关），构建得到的线性回归直线方程为 $y = 0.292\,5\,x + 0.007\,6$（式中：$x$ 为土壤硒含量，y 为籽粒硒含量，两者的单位均为mg/kg），R^2值仅有 0.349 6，表明土壤硒含量与籽粒硒含量之间的相关关系受青稞品种的影响较大（图2），推测是不同青稞品种对土壤中硒等非必需微量元素的吸收、利用能力不同导致的。在李爽等的研究中，青稞籽粒硒含量与土壤有效硒含量呈显著正相关，且线性回归方程为 $y = 14.01+2.76\,x$，$R^2 = 0.24$，这与我们的研究结果相类似，在不考虑青稞品种的情况下，R^2 的值会显著变小，造成中低度的相关性[16]。李顺江等在西藏大骨节病区调查中发现，栽培土壤的全硒含量与青稞籽粒硒含量显著相关[17]，这也和我们的研究结果相一致。硒元素并非植物所必需的矿质元素，因此植物对于硒的累积和调控能力非常有限，而本研究揭示了植物器官中硒的含量主要反映了土壤中硒的水平[18]。尽管土壤的全硒含量可以作为评估土壤硒水平的一个初步指标，但作物实际吸收和利用的是土壤中可利用的硒形态。因此，了解土壤中有效硒的含量及其生物可利用性是至关重要的[19]。同时这也是我们研究的不足之处，本试验并未测定土壤中有效硒的含量。因此，根据以上研究结果，我们可以认为通过改变土壤中硒的水平可以在一定程度上调控青稞籽粒中硒的水平，从而达到改善藏区居民主要食物营养价值的目的。藏族人群的主食以糌粑为主，它在总谷物食用量中所占比例高达 41%。据研究，人均每日青稞的摄入量范围在 276 ~ 425 g。基于这一摄入量，可以估算出藏族人群的日均硒摄入量不足 5 μg[20-21]，所以提高西藏居民的硒摄入量已经迫在眉睫。采用作物硒生物强化的方式来补充是最可行的。

3.3　影响土壤和青稞籽粒硒含量的影响因素分析

目前关于影响青稞籽粒矿质元素的影响因素有很多种推测，主要因素有产地生态条件、青稞的品种等[22-24]。本试验以品种（藏青 2000、藏青 320、5171）、土壤的耕作方式（常规、粉垄）以及青稞的春化阶段为切入点进行探究。日喀则市帮玉村在同一土壤环境下栽培了 3 种不同的青稞品种（藏青 2000、藏青 320、5171）。据此进行了单因素方差分析，得出了这 3 种青稞品种的籽粒硒含量差异无统计学意义的结论。推测 3 种青稞在同一土壤环境中对硒资源的吸收和利用能力基本相同（表 6、表 7）。在山南市克麦社区以 2 组样本研究了不同耕作技术对土壤及籽粒硒含量的影响。从试验数据中可以初步看出，经粉垄技术耕作后土壤硒含量降低了 16%，青稞籽粒硒含量下降了 0.14%。据此分析，得出了粉垄耕作技术与常规耕作技术的土壤硒含量差异并无统计学意义的结论（表 8、表 9）。在前人研究中，粉垄耕作技术虽然能明显减少土壤中水溶性氮、有效磷、速效钾、钠离子、氯离子的含量[25]。但却对土壤中微量元素的影响鲜有研究。通常在土壤肥力较好的情况下，粉垄耕作配合零灌溉，有助于土壤疏松，富含氧气等适合植物生长发育的良好生态环境，但在西藏的土壤缺硒状态较为严重，采用粉垄耕作可以一定程度改善青稞的产量以及生长状况[25-26]。在本研究中，粉垄耕作技术并未显著改善土壤及青稞籽粒的硒含量，这与周灵芝等的水稻研究结果[27]不一致，他们的研究显示粉垄的稻谷硒和锌的含量均有显著提升，分别为 78.14%和 15.99%。在多吉卫色等以白朗县地区为例的研究中，通过探究土壤硒含量的影响因素，得出结论：土壤硒含量主要受成土母质控制，并受到土地利用方式和土地理化性质的影响[28]。在国外研究者对于土壤全硒和有效硒形态的研究中，发现土壤 pH 值和氧化还原电位（Eh）对土壤有效硒形态和有效硒含量影响最为显著[29]。西藏青稞产区旱地土壤 pH 值在6.78 ~ 8.55[30]，但青藏

高原海拔高，土壤空气和土壤溶液中氧含量低，旱地土壤 Eh 值为290 mV[31]，这使得西藏地区土壤硒会以亚硒酸盐形态存在。与硒酸盐形态相比，亚硒酸盐形态不利于植物的吸收利用，会造成硒的利用率下降[32]。由于青稞是一种高原作物，品种的适应性是决定其种植范围和产量的关键因素，在大麦包括青稞的农艺性状中，抽穗期是影响大麦品种适应性的重要农艺性状，直接影响品种的适应性。春化作用是影响大麦、青稞等作物开花时间的关键因素之一[33]。本研究以青稞的不同春化阶段为切入点，采集到林芝市列康村和巴宜农场种植的不同春化阶段的青稞品种（春青稞和冬青稞）。从试验数据中可以初步看出，巴宜农场的春青稞籽粒硒含量显著高于冬青稞。利用独立样本 t 检验分析得出了籽粒硒含量在地区间差异无统计学意义，而仅在巴宜农场的土壤环境下存在不同春化阶段会导致籽粒硒含量差异具有极高统计学意义的结论（表 10、表 11、表 12）。

4　结论

本研究中 27.78%的西藏土壤样品属于缺硒土壤。在所采集的青稞籽粒样本中，50%的样本显示出硒含量不足。西藏青稞产区土壤的硒含量与同一品种的青稞籽粒的硒含量之间呈现显著正相关性，Pearson 相关系数为 0.970。

青稞品种藏青 2000、藏青 320、5171 这 3 个不同品种的青稞在籽粒硒含量方面的差异并无统计学意义。粉垄耕作技术与传统耕作方法相比，在土壤硒含量上差异并无统计学意义，青稞藏青 3000 籽粒中硒元素的含量差异也并无统计学意义。在林芝市巴宜农场的同一土壤条件下，冬青稞冬青 18 的籽粒硒含量显著低于春青稞品种藏青 2000。西藏地区土壤及青稞籽粒硒缺乏问题的严重性，迫切需要采取有效措施予以应对。

参考文献：

[1] 许如根,唐亚伟,严谈松,等. 西藏青稞产业现状分析与提升策略探讨[J]. 农业与技术,2024,44(4):40-43.

[2] GUO T L,HORVATH C,CHEN L,et al. Understanding the nutrient composition and nutritional functions of highland barley (Qingke):a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020,103(3):109-117.

[3] 程迈妮,王智勇. 硒、有机硒与人类疾病与健康关系研究综述[J]. 食品安全导刊,2021(11):44-47.

[4] KUSHWAHA A,GOSWAMI L,LEE J,et al. Selenium in soil-microbe-plant systems:sources,distribution,toxicity,tolerance, and detoxification[J]. Critical Reviews in Environmental Science and Technology,2022,52(13):2383-2420.

[5] 张晓平. 西藏土壤环境背景值的研究[J]. 地理科学,1994,14(1):49-55.

[6] 袁　宏,赵　利,王茂丽,等. 西藏拉萨至曲水拉萨河沿岸农用地土壤硒锗空间分布与评价[J]. 土壤,2020,52(2):427-432.

[7] 黄海皎,李　杨,高小丽,等. 西藏地区青稞籽粒营养品质分析及评价[J]. 麦类作物学报,2020,40(12):1479-1485.

[8] 曲　航,尼玛扎西,韦泽秀,等. 西藏青稞产区土壤和籽粒硒含量调查研究[J]. 麦类作物学报,2020,40(7):890-896.

[9] 张洪伟,焦义然,陈文烨,等. 光照对小麦的春化效应及其机制初探[J]. 麦类作物学报,2022,42(4):433-440.

[10] 聂胜委,张玉亭,张巧萍,等. 粉垄耕作对小麦玉米产量及耕层土壤养分的影响[J]. 土壤通报,2017,48(4):930-936.

[11] 聂胜委,张玉亭,汤丰收,等. 粉垄耕作对潮土冬小麦生长及产量的影响初探[J]. 河南农业科学,2015,44(2):19-21,43.

[12] 聂胜委,张玉亭,汤丰收,等. 粉垄耕作后效对夏玉米群体微环境的影响[J]. 山西农业科学, 2016,44(3):348-352.

[13] 迟晓峰,董　琦,胡凤祖. 微波消解 ICP-AES 测定青稞中 17 种微量元素[J]. 光谱实验室,2010,27(6):2177-2180.

[14] 唐亚伟. 青稞籽粒微量元素含量研究[J]. 西藏农业科技,2015,37(4):20-23.

[15] NYIMA T,LUO X G,Y S X,et al. A survey of the mineral status of livestock in the Tibet Autonomous Region of China[J]. Working Papers,2005,27(7):397-399.

[16] 李　爽,时学双,次旦卓嘎,等. 西藏日喀则地区青稞籽粒与栽培土壤中锌和硒含量特征[J]. 土壤通报,2023,54(3):645-653.

[17] 李顺江,李　巍,胡　霞,等. 西藏土壤－植物－动物(人)系统中硒含量与大骨节病的关系[J]. 生态学杂志,2008,27(12):2167-2170.

[18] GARVIN D F,WELCH R M,FINLEY J W. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2010,86(13):2213-2220.

[19] WANG M C,CHEN H M. Forms and distribution of selenium at different depths and among particle size fractions of three Taiwan soils[J]. Chemosphere, 2003,52(3):585-593.

[20] TASHI N,TANG Y W,ZENG X Q,et al. Food preparation from hulless barley in Tibet:11th[M]//ZHANG G P,LI C D,LIU X. Advance in barley sciences,2013:151-158.

[21] 高利伟,徐增让,成升魁,等. 农村居民食物消费结构对耕地需求的影响:以西藏“一江两河”流域为例[J].自然资源学报,2017,32(1):12-25.

[22] 吴雪莲,曲　航,邱　城,等. 产地及品种对西藏青稞营养

品质的影响[J]. 麦类作物学报,2017,37(9):1246–1254.
[23] 张华国,刘国一. 不同生态环境下青稞的营养成分和矿质元素差异性分析[J]. 湖北农机化,2021(12):65–66.
[24] 迟晓峰,星玉秀,董　琦,等. ICP–AES 法测定不同青稞中的 20 种元素含量[J]. 食品科学,2011,32(10):130–132.
[25] 米玛次仁,扎西次仁,李志清. 不同土壤类型下粉垄栽培对青稞生长和产量的影响[J]. 西藏农业科技,2022,44(3):24–27.
[26] 胡朝霞,米玛次仁,拥　嘎,等. 粉垄减肥栽培对春青稞山青 9 号生长和产量的影响[J]. 湖南农业科学,2020(5):21–25.
[27] 周灵芝,韦本辉,甘秀芹,等. 粉垄耕作对稻谷富硒营养化及重金属含量的影响[J]. 现代农业科技,2017(14):7–9.
[28] 多吉卫色,次仁旺堆,尼玛洛卓,等. 西藏白朗县农田系统硒含量特征及影响因素[J]. 物探与化探,2023,47(4):1118–1126.
[29] CURTIN D,HANSON R,LINDLEY T N,et al. Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum*) grain as influenced by method, rate, and timing of sodium selenate application[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science,2006,34(4):329–339.
[30] 钟国辉,田发益,旺　姆,等. 西藏主要农区农田土壤肥力研究[J]. 土壤学报,2005,42(6):1030–1034.
[31] 杨丹丹,罗　辑,佘　佳,等. 贡嘎山海螺沟冰川退缩区原生演替序列植被生物量动态[J]. 生态环境学报,2015,24(11):1843–1850.
[32] 王晓芳, 陈思杨, 罗　章,等. 植物对硒的吸收转运和形态转化机制[J]. 农业资源与环境学报,2014(6):539–544.
[33] 扎　桑, 达瓦顿珠,卓　嘎,等. 春化和光周期调控大麦抽穗期分析[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(1):14–22.

Correlation Analysis of Selenium Content in Soil and Highland Barley Grains in Xizang

CHEN Wenguo[1], Cirenwangdui[2], Mimasangzhu[2], SU Nana[3], Cirenyangjin[2]

(1. College of Soil and Water Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi 860000, China; 3. College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to clarify the selenium content of highland barley grain and cultivation soil in Xizang highland barley production area and the correlation between them, the soil and highland barley grain in 16 locations in Xizang highland barley production area were sampled and investigated. The results showed that the selenium content of soil in Xizang highland barley production area ranged from 0.039 2 to 0.672 3 mg/kg, of which 27.78% was selenium deficient soil, 22.22% was moderate selenium soil, and 50% was selenium rich soil. The selenium content of barley grains ranged from 0.009 8 to 0.331 2 mg/kg, with 50% of the samples having insufficient selenium content. At the same time, there is a significant positive correlation between the selenium content of soil in Xizang highland barley production areas and the selenium content of highland barley grains. The experimental results of exploring the factors affecting the selenium content of soil and barley grains showed that there was no significant difference in the selenium content of barley grains among Zangqing 2000, Zangqing 320 and 5171 in the experiment. In addition, compared with conventional tillage, the powder ridge tillage technique did not have a significant effect on the selenium content of soil and Zangqing 3000 grains. However, under the same soil condition, the selenium content in the grains of the barley variety Dongqing 18 was significantly lower than that of the spring barley variety Zangqing 2000.

Key Words: Xizang; Soil selenium content; Highland barley; Correlation analysis

邹　捷,崔静波,夏济兵,等. 苏北地区机插密度对水稻南粳 9108 产量及土壤养分的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):25-28,41. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.004.

苏北地区机插密度对水稻南粳 9108 产量及土壤养分的影响

邹　捷,崔静波,夏济兵,曹春涛,翟仲凯,王利国
(江苏省农垦农业发展股份有限公司新曹分公司,江苏 东台 224200)

摘要:苏北地区作为江苏省粳稻优势产区,合理的水稻机插密度是实现水稻稳产的重要保证。通过大田试验,固定水稻机插行、株距(25、12 cm),设置不同苗数[2 株 / 穴(D1)、3 株 / 穴(D2)、4 株 / 穴(D3)、5 株 / 穴(D4)、6 株 / 穴(D5)],研究不同机插密度对水稻产量及土壤养分的影响。结果表明,随着每穴种植苗数的增加,水稻的穗数、穗粒数以及水稻实际产量呈先增后减的趋势,其中 D3 的穗粒数和实际产量最高,较常规水稻机插密度 D4 分别增加了 6.30%和 5.05%;在土壤养分方面,在水稻机插行、株距分别为 25、12 cm,且每穴机插 5、6 株苗时,土壤总氮、速效磷和速效钾含量(质量分数)均有所降低。同 D4 相比,D3 的土壤总氮、硝态氮和速效磷含量分别显著增加了 5.75%、39.04 %和 38.82%;在水稻补偿效应方面,D3 的产量补偿效应最高,为 5.05%。综上所述,行、株距分别为 25、12 cm 时,配合 4 株 / 穴的机插密度可以作为苏北地区水稻绿色稳产的可行措施。

关键词:机插密度;水稻;产量;养分;补偿效应
中图分类号:S511　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240054

苏北地区作为江苏省粳稻优势产区,目前机械化插秧已经成为当地水稻种植重要高效栽培技术之一,对稳定水稻生产、保障国家粮食安全具有重要的意义[1]。机插密度是水稻机械化插秧的重要栽培内容,是优化水稻群体结构、提高水稻产量、实现农机农艺深度融合的重要措施[2]。然而,常规粳稻多为中、小穗型,产量往往受到基本苗数量不足的限制[3]。因此,合理增加粳稻机插密度,保证基本苗数,是提高水稻产量的重要因素。

目前,提高水稻机插密度有 2 种方式:一种是通过调整水稻机插行株距改变机插密度;另一种是增加每穴苗数提高机插密度。兰天明等研究表明,通过增加种植密度调控连作杂交晚稻长秧龄机插基本苗数的效果优于增加每穴种植苗数[4]。张洪程等研究表明,常规粳稻的毯苗机插以每穴 4 苗、株行距分别为 10 、30 cm 的规格,配以氮肥精确定量后移技术,能够实现常规机插粳稻的高产和超高产[5]。然而,黄梅燕等研究表明,在一定范围内基本苗密度对水稻最终产量影响不显著[6]。因此,确定合理的水稻机插密度,是保证水稻高产的关键。本研究通过大田试验,固定水稻机插行、株距(25、12 cm),设置每穴不同苗数,研究不同机插密度对水稻产量及土壤养分的影响,旨在为苏北地区水稻机插秧技术提供一定的理论指导。

收稿日期:2024-05-29;修回日期:2024-10-09。
作者简介:邹　捷(1990—),男,硕士,助理农艺师,主要从事农业推广研究。Email: 10271991@qq.com。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2023 年在江苏省东台市新曹农场匡东分场(120°42′48″E、32°54′31″ N)进行。该试验地属亚热带季风气候,年均气温 14.4 ℃,年均降水量 1 020 mm,年均日照时间 2 232.7 h,无霜期 220 d。试验田 0 ~ 20 cm 土层土壤基本理化性状:总有机碳含量(质量分数,下同)9.23 g/kg,全氮含量 0.91 g/kg,速效磷含量 16.97 mg/kg,速效钾含量 50.27 mg/kg,铵态氮含量 24.52 mg/kg,硝态氮含量 7.36 mg/kg,pH 值 7.23。

1.2　试验设计

本试验采用随机区组设计,通过大区试验,采用 YR60DZF 高速乘坐式插秧机,固定机插行、株距分别为 25、12 cm,设置不同穴插本数:2、3、4、5、6 株 / 穴,对应设置 5 个机插密度处理:D1、D2、D3、D4、D5,每个处理面积为 334 m^2,其中 D4 为当地常规机插密度。具体试验设计如表 1 所示。

1.3　试验田管理

试验所供水稻品种为南粳 9108,2023 年 5 月 20 日播种,6 月 12 日移栽,基肥于水稻移栽前 1 d 施用,施用尿素和磷酸二铵均为 112.5 kg/hm^2;移栽

后5 d施活棵肥，施用尿素 112.5 kg/hm²；移栽后 10、17 d施用分蘖肥，分别施用尿素为 150、112.5 kg/hm²；7 月 16 日施用促花肥，分别施用复合肥和尿素 187.5、120 kg/hm²；8 月 6 日施用保花肥，施用尿素 112.5 kg/hm²。试验肥料来源于江苏苏垦物流有限公司提供的大颗粒尿素（总氮≥46.4%）、复合肥（N、P_2O_5、K_2O 质量分数均为 15%，总养分≥45%）、磷酸二铵（N、P_2O_5 质量分数分别为 18%和 46%，总养分≥64%）。此外，各处理水浆管理以及病虫草害防治保持一致。

表 1　试验设计方案

处理	行距 /cm	穴距 /cm	丛数 /（万丛 /hm²）	每丛本数 / 本	基本苗 /（万株 /hm²）
D1				2	67
D2				3	100
D3	25	12	33.3333	4	133
D4				5	167
D5				6	200

1.4　试验采样与测定

在水稻收获前，田间统计水稻总穗数、有效穗数，室内考查穗粒数、结实率、千粒质量等指标。每个处理随机采集 20 穴水稻植株，用网袋装好，带回室内考种。同时，在水稻收获前 1 d 进行土样采集，用土钻在试验地各小区采用五点取样法收集土层深度为 0 ~ 20 cm 的土壤样品，混合后带回实验室，剔除石块和动植物残体等杂质，用于测定土壤养分。其中，土壤用半微量开氏消煮法[7]进行全氮含量测定，速效磷含量用碳酸氢钠 – 钼锑抗比色法[8]测定，速效钾含量用火焰光度计比色法[9]测定，铵态氮含量用靛酚蓝比色法[7]测定，硝态氮含量用紫外分光光度计[7]测定。土壤总有机碳含量用重铬酸钾外加热氧化法[10]测定。

1.5　相关指标计算

产量补偿效应 =（其他机插密度处理产量 – 对照产量）/ 对照产量 × 100%。

1.6　试验数据处理

数据用 SPSS 20.0 软件进行数据处理，用 Excel 2007 软件进行图表制作。试验数据采用 Duncan 法进行方差分析（$P<0.05$ 具有统计学意义）。

2　结果与分析

2.1　水稻机插密度对水稻产量的影响

如表 2 所示，同 D4 相比，D1、D2、D3 和 D5 的有效穗数分别减少了 6.19%、3.54%、1.18% 和 0.88%。在穗粒数、千粒质量、理论产量和实际产量方面，同 D4 相比，D2 的穗粒数、千粒质量、理论产量和实际产量分别增加了 4.72%、2.85%、3.87%、1.47%；D3 的穗粒数、千粒质量、理论产量和实际产量分别增加了 6.30%、0.81%、5.95%、5.05%。相反，D1 的穗粒数、理论产量和实际产量比 D4 分别减少了 2.36%、4.72%、2.84%；D5 的穗粒数、理论产量和实际产量比 D4 分别减少了 0.79%、2.83%、0.21%。

表 2　水稻机插密度对产量的影响

处理	有效穗数 /（万个 /hm²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g	理论产量 /（t/hm²）	实际产量 /（t/hm²）
D1	318	124	25.6	10.09	9.24
D2	327	133	25.3	11.00	9.65
D3	335	135	24.8	11.22	9.99
D4	339	127	24.6	10.59	9.51
D5	336	126	24.3	10.29	9.49

2.2　水稻机插密度对水稻实际产量的补偿效应

如图 1 所示，D3 的产量补偿效应最高，为 5.05%，属正效应。D1 的产量补偿效应最低，为 –2.84%，属负效应。说明合理降低水稻机插密度，可以增加水稻产量的补偿效应，实现水稻增产。在本试验水稻机插密度设置水平下，在 D3 的机插密度基础上，过低或过

高调控水稻机插密度无法实现水稻增产。

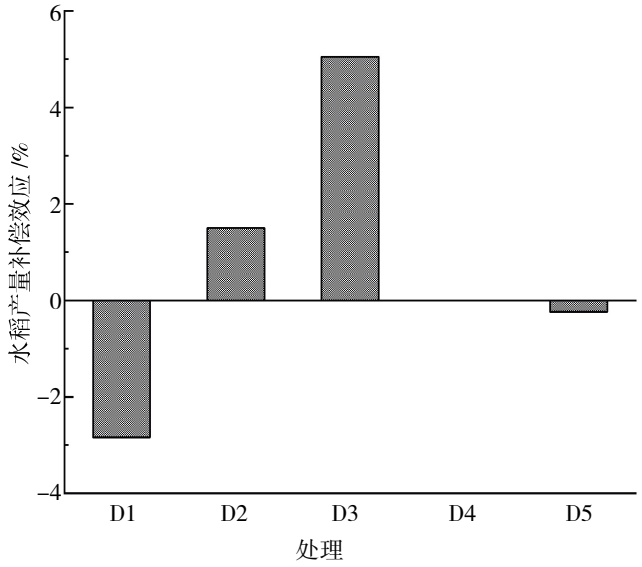
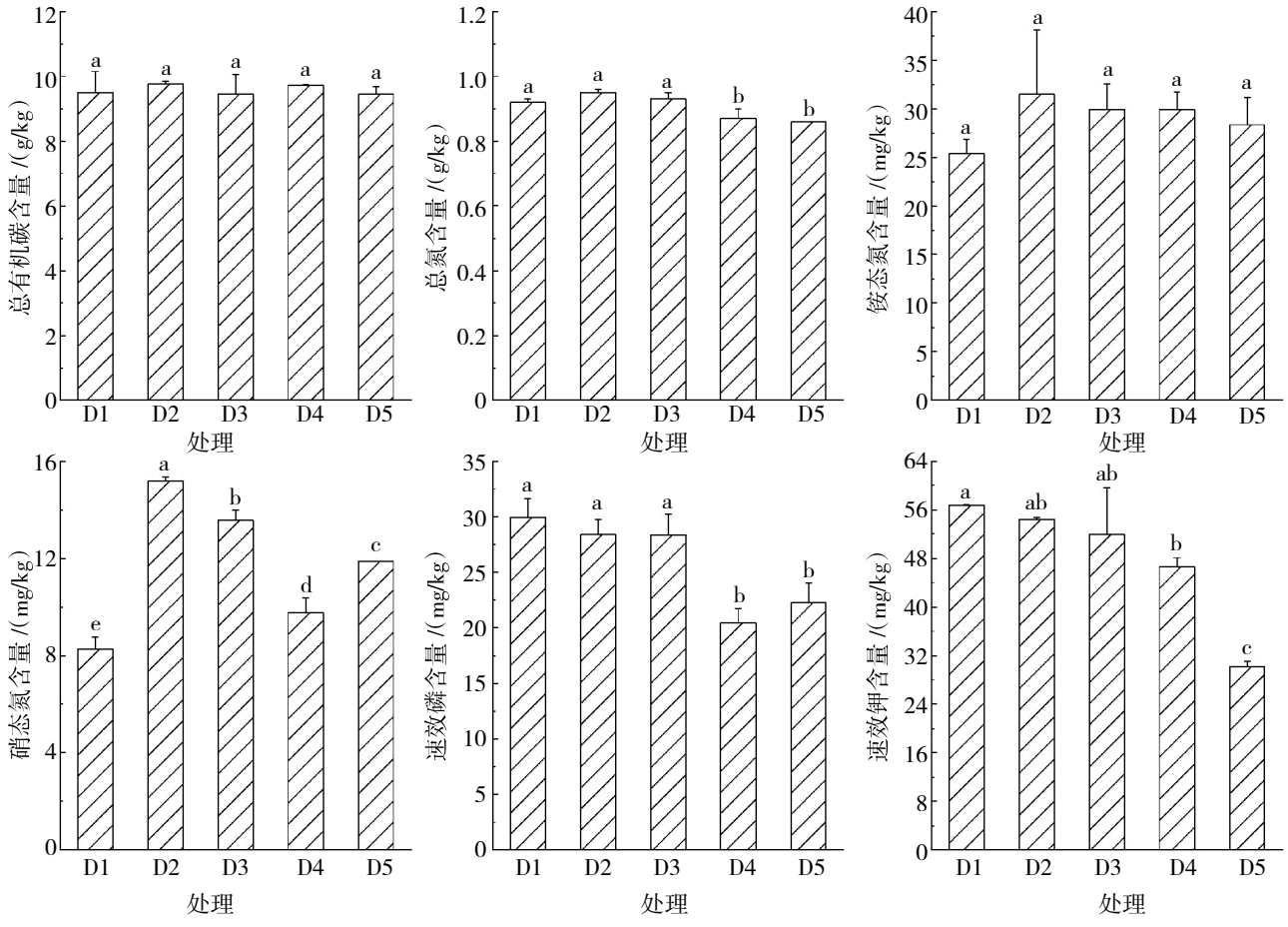


图 1　水稻不同机插密度对水稻实际产量补偿效应的影响

2.3　水稻机插密度对稻田土壤养分的影响

如图 2 所示，同土壤基础养分相比，除了 D5 处理的土壤总氮和速效钾含量有所降低，其他处理土壤养分含量均有不同程度的增加。同常规机插密度处理 D4 相比，D1、D2、D3 和 D5 处理的土壤总有机碳、铵态氮含量差异无统计学意义。在土壤总氮和速效磷方面同用常规机插密度处理 D4 相比，D1、D2 和 D3 处理土壤总氮和速效磷含量分别显著增加了 5.75%、9.20%、6.90% 和 46.70%、39.06%、38.82%（$P<0.05$）。在土壤硝态氮方面，同用常规机插密度处理 D4 相比，D2、D3 和 D5 处理的土壤硝态氮含量分别显著增加了 55.53%、39.04%和 21.72%（$P<0.05$），而 D1 的硝态氮含量显著降低了 15.16%（$P<0.05$）。在速效钾方面，D1 土壤速效钾含量显著高于 D4 处理（$P<0.05$），D5 处理土壤速效钾含量显著低于 D4 处理（$P<0.05$）。



不同小写字母表示处理间差异有统计学意义（$P<0.05$）

图 2　水稻不同机插密度对水稻土壤养分的影响

3　讨论

合理的机插密度是苏北地区水稻稳产的重要保证。相关研究表明,高峰苗和有效穗数随移栽密度增加而提高,但成穗率呈明显下降趋势[11]。然而,本研究表明,随着机插密度增加,水稻有效穗数呈先增后减的变化趋势,这种差异可能与水稻品种选择密切相关[12]。此外,本研究还表明,随着机插密度的增加,水稻千粒质量呈下降趋势。这可能由于水稻种植密度过大,水稻为了争夺更多光照等自然资源,水稻茎秆茎壁厚度和茎粗降低,茎秆基部节间长度增加[13],后期籽粒灌浆物质转运不足[14],库源关系不协调,造成水稻籽粒千粒质量下降。此外,前人研究表明,在相同机插行株距(30、18 cm)下,3 苗 / 穴下单丛分蘖发生和干物质积累略有增加的趋势,通过增加每穴种植苗数来增加基本苗数可以增加长秧龄下水稻产量[4]。本研究表明,在水稻机插行、株距为 25、12 cm 时,随着每穴苗数的增加,水稻产量呈先增后减的变化趋势。这是因为机插密度过大,群体生长量过大,群体内郁闭严重。而适当降低密度,有利于农田小气候的改善,改善冠层对光能的充分利用,优化群体结构,从而充分发挥穗型的优势,但栽插密度过小易导致单位面积总穗数严重不足,总粒数的提高不足以弥补单位面积穗数的降低,从而导致产量的降低[14]。

在土壤养分方面,刘文露研究表明,同机插株距 11、17 cm 相比,水稻机插株距 14 cm 时,能有效提高双季早晚稻土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量[15]。说明群体密度过大或过小都不利于土壤肥力的提高。合理的水稻种植密度可以显著提高氮素吸收率、氮肥农学利用率、氮肥偏生产力和氮肥吸收利用率,有效降低土壤氮盈余,从而实现水稻增产[16]。本研究表明,在水稻机插行、株距分别为 25、12 cm,每穴机插 5、6 株苗时,土壤总氮、速效磷和速效钾含量均有所降低。

4　结论

苏北地区在水稻机插行、株距分别为 25、12 cm 的条件下,随着每穴种植苗数的增加,水稻的穗数、穗粒数以及水稻实际产量呈先增后减的趋势。在土壤养分方面,在水稻机插行、株距分别为 25 、12 cm,每穴机插 5、6 株苗时,土壤总氮、速效磷和速效钾含量均有所降低。在水稻产量补偿效应方面,同常规机插密度(行、株距:25、12 cm,5 株 / 穴;D4)相比,行、株距分别为 25、12 cm 配合 4 株 / 穴的机插密度(D3)的产量补偿效应最高。综上所述,行、株距 25、12 cm 配合 4 株 / 穴的机插密度可以作为苏北地区水稻稳产的可行措施。

参考文献:

[1] 陈　云,刘　昆,张宏路,等. 机插密度和穗肥减量对优质食味水稻品种籽粒淀粉合成的影响[J]. 作物学报,2021,47(8):1540-1550.

[2] XING Z P,HU Y J,QIAN H J,et al. Comparison of yield traits in rice among three mechanized planting methods in a rice-wheat rotation system[J]. Journal of Integrative Agriculture,2017,16(7):1451-1466.

[3] HU Q,JIANG W Q,QIU S,et al. Effect of wide-narrow row arrangement in mechanical pot-seedling transplanting and plant density on yield formation and grain quality of japonica rice[J]. Journal of Integrative Agriculture,2020,19(5):1197-1214.

[4] 兰天明,李　慧,武　辉,等. 连作杂交晚稻长秧龄机插基本苗数调控对产量形成的影响[J]. 杂交水稻,2023,38(6):135-141.

[5] 张洪程,吴桂成,戴其根,等. 水稻氮肥精确后移及其机制[J]. 作物学报,2011,37(10):1837-1851.

[6] 黄梅燕,潘文兴,农永前,等. 不同施氮量和种植密度对水稻葛 68 优 9938产量的影响[J]. 农业科技通讯,2021(11):107-110.

[7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.

[8] 农业农村部种植业管理司. 土壤检测 第 7 部分:土壤有效磷的测定:NY/T 1121.7—2014[S]. 北京:中国农业出版社,2015.

[9] 中华人民共和国农业农村部. 土壤速效钾和缓效钾含量的测定:NY/T 889—2004[S]. 北京:中国农业出版社,2005.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[11] 孙兴荣,卞景阳,刘琳帅,等. 插秧密度对水稻产量及品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(12):18-21.

[12] 刘清亮. 品种、机插密度和施肥量对烟后稻产量及其构成因素的影响[J]. 现代农业科技,2023(19):5-8.

[13] 杨世民,谢　力,郑顺林,等. 氮肥水平和栽插密度对杂交稻茎秆理化特性与抗倒伏性的影响[J]. 作物学报,2009,35(1):93-103.

[14] 许俊伟,孟天瑶,荆培培,等. 机插密度对不同类型水稻抗倒伏能力及产量的影响[J]. 作物学报,2015,41(11):1767-1776.

[15] 刘文露. 氮肥减量配施和群体密度对双季稻产量、氮素利用和土壤养分的影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2022.

[16] 尹彩侠,刘志全,孔丽丽,等. 减氮增密提高寒地水稻产量与氮素吸收利用[J]. 农业资源与环境学报,2022,39(6):1124-1132.

(下转第 41 页)

刘世森,杨　华,郭珍珠,等. 裸大麦地方品种苗期耐盐性筛选和鉴定指标研究[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):29-36. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.005.

裸大麦地方品种苗期耐盐性筛选和鉴定指标研究

刘世森[1],杨　华[2],郭珍珠[1],冯世纪[1],张述伟[1],郭桂梅[1],周龙华[1],刘成洪[1],杜志钊[3*],陈志伟[1*]
(1. 上海市农业科学院生物技术研究所 / 上海市农业遗传育种重点实验室,上海 201106;2. 上海市农业生物基因中心,上海 201106;3. 上海市农业科技服务中心,上海 200335)

摘要:盐胁迫是作物生产面临的主要非生物逆境之一,而裸大麦作为一种耐盐性较强作物,在改良盐碱土壤和保障粮食安全上具有潜在价值。以 18 个上海裸大麦地方品种为材料,在苗期调查株高、根长、根干质量和地上部干质量 4 个形态学指标以及 $w(Na^+)$、$w(K^+)$和 $w(Na^+)/w(K^+)$等生理指标,进行耐盐性筛选与鉴定。方差分析表明,各性状在品种间和不同处理条件间差异均表现出高度统计学意义($P<0.01$),并且除株高外,其余各性状在不同处理与品种间的互作也达到极显著水平($P<0.01$)。变异系数分析表明,干质量相关指标的变异系数较大,并且株高、$w(K^+)$和 $w(Na^+)/w(K^+)$的变异系数在盐胁迫下升高了,而其余性状则降低了。相关性分析表明,在正常和盐胁迫条件下,根长、株高和地上部干质量间都呈极显著正相关;而 $w(Na^+)$、$w(K^+)$仅分别与 $w(Na^+)/w(K^+)$呈极显著正相关或负相关。研究获得了 2 个耐盐性较强的裸大麦品种,探讨了钠、钾相关性状与裸大麦耐盐性的关系。

关键词:裸大麦;耐盐性;干质量;$w(Na^+)/w(K^+)$
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240100

在全球范围内,土壤盐渍化是对农业生产危害较广的非生物逆境因素之一,据估计,全球大约20%的耕地和近 50%的灌溉土地受到土壤盐渍化的影响[1]。随着环境的变化和人类生产活动的影响,土壤盐渍化的影响还面临不断扩大的风险[2]。我国也面临着严重的土壤盐渍化问题,据统计,我国有 9 913 万 hm^2 的盐碱地,约占全国土地总面积的10%[3];加之我国人口众多,人均耕地面积远低于世界平均水平,又面临人口继续增长、耕地面积持续减少和粮食增长趋缓的严峻问题[4]。因此,土壤盐渍化对农业生产的影响在我国显得尤为严重。培育和种植耐盐性作物品种,不仅可以利用更多的土地来增加耕种面积,还能提高作物产量,因而被视为应对盐胁迫的一种经济高效的策略[5]。

大麦(*Hordeum vulgare* L.)是世界第 4 大禾谷类作物,仅次于玉米、小麦、水稻,它可以作为饲料、麦芽和粮食等加工原料[6]。大麦适应性好,耐盐性强,分布广泛,常被用作盐碱地改良的先锋作物[7]。裸大麦(*Hordeum vulgare* L. *var. nudum*)是一种不带外壳的大麦品种,因易于加工和营养丰富的特性,在食品和饮料工业中占有重要地位。裸大麦在我国青藏地区也称为青稞,是该地区重要的粮食作物。因此,研究裸大麦的耐盐性,对于盐渍化土地的利用和粮食安全都有重要的意义。目前生产上使用的裸大麦品种大多是在无盐胁迫的人工控制环境下培育出来的,其耐盐性总体较弱,而裸大麦地方品种则是在相对自然的环境中选择出来的,并且在长期的适应中也积累了丰富的遗传变异,可能含有更多与环境适应性相关的优良基因,包括耐盐性[8]。鉴于苗期是作物生长最为敏感和关键的阶段,苗期的耐盐性直接影响到整个生育期和最终的籽粒产量[9],并且前期本课题组也收集了很多大麦地方品种[10],因此,本研究利用这些材料,在苗期开展耐盐性的筛选和鉴定工作,以期为将来裸大麦耐盐性育种和分子机理研究提供材料基础。

收稿日期:2024-10-09;修回日期:2024-12-15。
基金项目:上海市农科院中青年学术和技术带头人"攀高"计划(PG22211);卓越团队建设项目[沪农科卓(2022)018];国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-05-01A-02)。
作者简介:刘世森(1998—),男,硕士研究生,主要从事大麦耐盐性鉴定与分子机理研究,Email: L406773972@outlook.com;杨　华(1978—),女,硕士,高级实验师,主要从事作物种质资源收集、保存、分发和利用,Email: yh@sagc.org.cn。为并列第一作者。
* 通信作者:陈志伟(1980—),男,硕士,副研究员,主要从事大麦耐盐性分子机理研究与单倍体育种,Email: chenzhiwei@saas.sh.cn;杜志钊(1983—),男,硕士,高级农艺师,主要从事作物生态栽培研究,Email: zhao720112zhao@163.com。

1　材料与方法

1.1　试验材料

18 份裸大麦地方品种材料均由上海市农业科学院大麦细胞工程课题组繁殖保存，这些材料最早来源于上海市农业生物基因中心，品种名称及编号见表 1。

表 1　裸大麦地方品种

编号	地方品种	编号	地方品种
B78	本地光元麦	B88	刺毛麦
B79	四柱头元麦 1	B89	黑六柱元麦 1
B80	四柱头元麦 2	B90	黑六柱元麦 2
B81	奉贤四柱头	B91	崇明黑六柱
B83	慈姑白元麦	B92	白六柱元麦
B84	上海三月黄	B93	上海白六柱
B85	慈姑青元麦	B94	嘉定红筋六柱头 1
B86	上海灯笼头	B95	嘉定红筋元麦
B87	嘉定六柱头	B97	红筋六柱头 1

1.2　试验设计与方法

每个品种取适量的种子，使用 1%NaClO 浸泡消毒 30 min，然后用蒸馏水冲洗 3 次，再用蒸馏水在室温下浸泡 8 h，然后保湿催芽过夜，将露白种子放置于铺有湿润滤纸的培养皿中进行萌发；5 d 后，将生长一致的幼苗用海绵条包裹好插入带孔的泡沫板上，随后放入盛有 5 L 营养液[11]的周转箱中进行培养，其中营养液 pH 值为 6.0；将盛有裸大麦幼苗的周转箱置于人工气候室中，每天补水，在 22 ℃（白天）/18 ℃（夜晚）且 12 h 光照周期条件下进行培养。3 叶期左右，设置正常（0 mmol/L NaCl）和盐胁迫（200 mmol/L NaCl）2 种处理条件，每种处理每个品种 10 个生物学重复。7 d 后收苗，根部用清水冲洗干净，测量苗长和根长，然后将根和地上部分装袋，105 ℃杀青 1 h，再于 80 ℃烘干至恒质量，称量地上部和根干质量。

采用 Zhou 等的方法[12]对裸大麦地上部进行 Na^+ 和 K^+ 测定，并计算出 $w(Na^+)$、$w(K^+)$和 $w(Na^+)/w(K^+)$。因此，本文涉及钠、钾相关性状指标都是指裸大麦地上部的情况。由于大麦幼苗比较小，随机把 3 株幼苗合并为一个生物学重复，每种处理每个品种 3 次生物学重复。

1.3　数据处理

采用 Excel 2016 进行数据整理，采用 SPSS 27.0 软件进行统计分析，$P < 0.05$ 为具统计学意义，$P < 0.01$ 为具高度统计学意义。

2　结果与分析

2.1　正常和盐胁迫条件下不同裸大麦地方品种各性状的方差分析

方差分析结果（表 2、表 3）表明，正常与盐胁迫条件间所有性状都存在高度统计学意义。不同品种间所有性状也都存在高度统计学意义，并且除株高外，其余性状在不同处理条件与不同品种间还存在极显著的互作效应（$P < 0.01$）。这说明采用 200 mmol/L NaCl 的盐胁迫浓度进行筛选是合适的，并且不同裸大麦品种对盐胁迫的反应存在明显的差异，因而可以从这些裸大麦地方品种中筛选出不同的耐盐材料。

2.2　不同裸大麦地方品种对盐胁迫的反应

从形态学相关性状（表 4）看，总体上，盐胁迫对裸大麦的正常生长产生了抑制作用，但不同裸大麦地方品种的反应又有所不同。所有裸大麦地方品种的株高都显著降低了；除了 B79 和 B94 的地上部干质量下降差异无统计学意义外，其余裸大麦品种都显著减少了；而根部性状则比较复杂，其中根长指标，除了 B93、B94 和 B97 缩短差异无统计学意义外，绝大多数裸大麦品种都显著缩短，而 B79 和 B81 却有增长的趋势；而根干质量指标，除 B79 和 B97 有增加的趋势外，其余都呈现出下降的趋势，并且 B78、B80、B81、B83、B84、B86、B88、B89、B90 和 B92 都显著降低。这说明，盐胁迫对裸大麦地方品种的地上部和根的影响是不同的。此外，从钠、钾相关生理性状看，盐胁迫下，所有裸大麦地方品种地上部 $w(Na^+)$和 $w(Na^+)/w(K^+)$都显著升高，而 $w(K^+)$则都显著下降。这表明，盐胁迫下，裸大麦地上部 Na^+ 的大量积累和 K^+ 的流失可能具有一定的普遍性。

表 2　正常和盐胁迫条件下不同裸大麦地方品种形态学相关性状的方差分析

来源	性状	自由度	均方	*F* 值	*P* 值
品种	根长	17	142.232	16.186	0
	株高	17	343.386	35.027	0
	根干质量	17	0	10.340	0
	地上部干质量	17	0.003	17.418	0
处理	根长	1	1 299.220	147.849	0
	株高	1	9 075.156	925.706	0
	根干质量	1	0.001	85.131	0
	地上部干质量	1	0.075	413.336	0
品种 × 处理	根长	17	28.506	3.244	0
	株高	17	13.388	1.366	0.151
	根干质量	17	0	3.443	0
	地上部干质量	17	0.001	3.733	0
误差	根长	342	8.787	—	—
	株高	342	9.803	—	—
	根干质量	342	0	—	—
	地上部干质量	342	0	—	—

表 3　正常和盐胁迫条件下不同裸大麦地方品种钠钾相关生理性状的方差分析

来源	性状	自由度	均方	*F* 值	*P* 值
品种	$w(Na^+)$	17	125.528	32.898	0
	$w(K^+)$	17	64.743	16.005	0
	$w(Na^+)/w(K^+)$	17	0.185	25.651	0
处理	$w(Na^+)$	1	50 222.541	13 162.020	0
	$w(K^+)$	1	16 012.743	3 958.430	0
	$w(Na^+)/w(K^+)$	1	54.933	7 605.400	0
品种 × 处理	$w(Na^+)$	17	111.981	29.347	0
	$w(K^+)$	17	36.261	8.964	0
	$w(Na^+)/w(K^+)$	17	0.165	22.842	0
误差	$w(Na^+)$	72	3.816	—	—
	$w(K^+)$	72	4.045	—	—
	$w(Na^+)/w(K^+)$	72	0.007	—	—

表 4　正常和盐胁迫条件下不同裸大麦地方品种各性状的均值比较和变异系数

地方品种	根长 /cm		株高 /cm		根干质量 /g		地上部干质量 /g		$w(Na^+)$/(g/kg)		$w(K^+)$/(g/kg)		$w(Na^+)/w(K^+)$	
	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫	正常条件	盐胁迫
B78	14.75 ± 2.32 a	9.45 ± 2.38 b	38.09 ± 1.89 c	26.47 ± 2.12 d	0.015 9 ± 0.004 3 e	0.011 3 ± 0.002 8 f	0.090 9 ± 0.015 0 h	0.050 5 ± 0.008 9 i	5.383 6 ± 0.217 1 p	52.285 8 ± 3.145 8 q	53.812 2 ± 2.491 8 m	33.393 6 ± 0.379 1 n	0.100 2 ± 0.005 4 j	1.566 5 ± 0.111 3 k
B79	9.25 ± 1.73 a	9.68 ± 2.43 a	19.41 ± 5.59 c	14.12 ± 3.35 d	0.006 4 ± 0.001 4 e	0.007 5 ± 0.002 0 e	0.036 1 ± 0.011 9 h	0.026 7 ± 0.009 0 h	5.697 2 ± 0.459 1 p	66.188 3 ± 4.592 8 q	44.418 5 ± 2.521 7 m	28.858 9 ± 0.984 3 n	0.128 9 ± 0.016 9 j	2.297 8 ± 0.222 2 k
B80	14.32 ± 4.65 a	9.23 ± 2.09 b	35.76 ± 4.95 c	26.27 ± 2.50 d	0.011 4 ± 0.003 2 e	0.008 5 ± 0.003 0 f	0.066 6 ± 0.018 0 h	0.039 0 ± 0.008 7 i	5.275 7 ± 0.297 8 p	63.789 9 ± 3.168 2 q	54.030 3 ± 2.708 5 m	35.205 5 ± 1.340 4 n	0.098 0 ± 0.010 4 j	1.815 5 ± 0.153 7 k
B81	12.79 ± 2.95 a	13.58 ± 1.53 a	36.18 ± 1.88 c	26.46 ± 1.46 d	0.020 9 ± 0.003 9 e	0.011 5 ± 0.002 8 f	0.093 7 ± 0.016 4 h	0.051 7 ± 0.007 6 i	6.637 3 ± 0.474 6 p	45.159 4 ± 3.032 8 q	50.949 7 ± 2.006 9 m	35.434 5 ± 1.294 3 n	0.130 6 ± 0.014 5 j	1.276 0 ± 0.106 6 k
B83	18.89 ± 4.21 a	12.93 ± 3.60 b	39.99 ± 1.25 c	28.01 ± 2.58 d	0.016 3 ± 0.004 9 e	0.009 6 ± 0.002 9 f	0.080 7 ± 0.009 4 h	0.046 7 ± 0.010 9 i	6.047 4 ± 0.188 6 p	53.906 9 ± 1.525 8 q	54.641 1 ± 2.456 8 m	33.134 0 ± 1.464 5 n	0.110 8 ± 0.005 7 j	1.628 2 ± 0.055 1 k
B84	18.14 ± 4.58 a	12.11 ± 2.86 b	31.33 ± 1.10 c	21.27 ± 1.67 d	0.012 2 ± 0.002 6 e	0.009 9 ± 0.002 3 f	0.064 4 ± 0.010 9 h	0.041 5 ± 0.005 9 i	5.717 4 ± 0.373 9 p	52.387 5 ± 3.210 6 q	55.667 2 ± 2.390 7 m	27.502 9 ± 1.164 9 n	0.103 0 ± 0.010 5 j	1.905 8 ± 0.112 2 k
B85	18.45 ± 2.28 a	12.53 ± 2.70 b	32.70 ± 2.95 c	23.95 ± 1.91 d	0.012 1 ± 0.001 9 e	0.010 4 ± 0.003 8 e	0.062 4 ± 0.009 4 h	0.039 4 ± 0.006 8 i	7.009 1 ± 0.324 7 p	57.541 1 ± 2.374 1 q	54.557 2 ± 0.488 8 m	28.639 4 ± 0.518 6 n	0.128 5 ± 0.006 8 j	2.010 1 ± 0.104 4 k
B86	19.13 ± 2.88 a	13.45 ± 2.76 b	38.28 ± 1.31 c	27.47 ± 4.51 d	0.017 0 ± 0.003 4 e	0.012 7 ± 0.003 5 f	0.091 3 ± 0.016 2 h	0.054 2 ± 0.013 7 i	5.898 4 ± 0.291 9 p	44.646 3 ± 1.961 8 q	52.675 1 ± 2.197 4 m	30.014 1 ± 1.534 0 n	0.112 0 ± 0.000 9 j	1.490 6 ± 0.112 4 k
B87	20.43 ± 4.36 a	12.99 ± 2.14 b	36.25 ± 1.31 c	26.34 ± 1.68 d	0.015 6 ± 0.005 0 e	0.012 0 ± 0.002 4 e	0.080 3 ± 0.019 3 h	0.051 0 ± 0.005 3 i	5.284 6 ± 0.276 8 p	38.936 0 ± 2.275 2 q	56.386 0 ± 1.352 3 m	33.123 4 ± 2.162 5 n	0.093 7 ± 0.004 8 j	1.177 9 ± 0.087 8 k
B88	19.71 ± 2.97 a	15.80 ± 2.59 b	40.32 ± 1.14 c	30.10 ± 1.81 d	0.016 7 ± 0.005 8 e	0.009 0 ± 0.002 8 f	0.107 2 ± 0.019 5 h	0.054 0 ± 0.011 5 i	5.416 3 ± 0.203 9 p	40.252 2 ± 0.589 9 q	54.985 1 ± 4.664 6 m	32.022 6 ± 0.427 7 n	0.098 9 ± 0.008 6 j	1.257 0 ± 0.013 0 k
B89	17.12 ± 3.48 a	12.19 ± 2.71 b	35.67 ± 4.71 c	25.62 ± 1.05 d	0.013 4 ± 0.004 5 e	0.007 7 ± 0.002 1 f	0.071 5 ± 0.018 7 h	0.039 3 ± 0.006 0 i	5.815 7 ± 0.268 4 p	54.052 4 ± 3.414 2 q	56.942 0 ± 3.660 7 m	29.629 4 ± 1.688 4 n	0.102 6 ± 0.010 9 j	1.828 2 ± 0.150 9 k
B90	15.16 ± 4.85 a	10.50 ± 2.46 b	36.54 ± 6.77 c	24.36 ± 3.00 d	0.016 6 ± 0.004 8 e	0.009 8 ± 0.004 4 f	0.087 7 ± 0.017 3 h	0.048 0 ± 0.014 1 i	5.082 1 ± 0.257 4 p	39.015 6 ± 2.506 9 q	59.292 5 ± 3.344 8 m	33.880 0 ± 1.816 9 n	0.086 1 ± 0.009 4 j	1.151 3 ± 0.022 2 k
B91	14.10 ± 4.39 a	9.05 ± 1.90 b	33.14 ± 4.11 c	23.55 ± 2.79 d	0.011 0 ± 0.004 5 e	0.010 7 ± 0.003 9 e	0.060 0 ± 0.017 1 h	0.043 6 ± 0.010 5 i	6.406 4 ± 0.195 9 p	43.060 6 ± 3.103 2 q	66.176 8 ± 2.194 2 m	37.582 4 ± 1.812 3 n	0.096 9 ± 0.004 8 j	1.150 2 ± 0.137 6 k
B92	13.07 ± 1.55 a	10.92 ± 1.75 b	37.52 ± 1.77 c	27.18 ± 1.98 d	0.016 1 ± 0.002 4 e	0.010 6 ± 0.004 0 f	0.086 3 ± 0.013 4 h	0.049 3 ± 0.012 3 i	5.848 9 ± 0.362 7 p	57.753 0 ± 2.832 2 q	58.317 4 ± 3.007 0 m	34.568 3 ± 0.439 8 n	0.100 5 ± 0.008 5 j	1.670 3 ± 0.066 4 k
B93	13.79 ± 2.61 a	13.00 ± 2.82 a	35.97 ± 3.49 c	26.05 ± 0.91 d	0.013 3 ± 0.004 3 e	0.012 7 ± 0.003 2 e	0.071 0 ± 0.019 1 h	0.047 5 ± 0.007 6 i	5.808 1 ± 0.434 4 p	45.762 2 ± 3.605 6 q	62.698 7 ± 1.885 5 m	32.585 9 ± 1.523 7 n	0.092 8 ± 0.009 0 j	1.409 9 ± 0.180 1 k
B94	9.45 ± 3.64 a	6.89 ± 1.41 a	28.74 ± 4.94 c	20.40 ± 3.67 d	0.007 7 ± 0.003 6 e	0.005 3 ± 0.003 2 e	0.043 2 ± 0.016 4 h	0.033 0 ± 0.009 3 h	4.291 4 ± 0.114 9 p	35.707 1 ± 1.338 6 q	61.696 6 ± 0.664 0 m	30.684 9 ± 1.693 0 n	0.069 6 ± 0.002 5 j	1.167 5 ± 0.104 4 k
B95	10.95 ± 3.17 a	8.54 ± 1.66 b	34.82 ± 6.29 c	24.87 ± 2.32 d	0.009 2 ± 0.004 5 e	0.006 2 ± 0.002 0 e	0.062 4 ± 0.022 9 h	0.038 8 ± 0.006 5 i	4.805 5 ± 0.146 1 p	46.076 1 ± 1.974 3 q	63.709 9 ± 1.622 2 m	30.833 1 ± 1.383 2 n	0.075 4 ± 0.000 5 j	1.498 1 ± 0.128 3 k
B97	12.97 ± 2.43 a	11.24 ± 2.46 a	36.74 ± 1.30 c	24.21 ± 1.68 d	0.011 1 ± 0.004 5 e	0.012 9 ± 0.005 8 e	0.065 2 ± 0.019 9 h	0.046 8 ± 0.007 8 i	4.928 9 ± 0.325 7 p	41.151 9 ± 1.875 6 q	59.260 8 ± 1.552 7 m	34.771 5 ± 1.228 0 n	0.083 3 ± 0.007 4 j	1.185 6 ± 0.092 1 k
平均值	15.14	11.34	34.86	24.82	0.013 5	0.009 9	0.073 4	0.044 5	56.678 7	32.325 8	5.630 8	48.759 6	0.100 7	1.527
变异系数 /%	22.97	19.68	13.81	14.24	27.51	22.35	24.69	16.75	9.02	8.49	11.8	18.2	16.98	22.24

注：表中数据为“平均值 ± 标准差”，后面不同小写字母代表每个品种的每个性状在正常和盐胁迫条件间差异具有统计学意义（$P<0.05$）。

2.3　正常和盐胁迫条件下不同裸大麦地方品种各性状的变异系数与相关性分析

根据变异系数分析(表 4)可知,在正常条件下,各性状值的变异系数(CV)从高到低依次为:根干质量 > 地上部干质量 > 根长 > $w(Na^+)/w(K^+)$ > 株高 > $w(K^+)$ > $w(Na^+)$,其中根干质量的变异系数(27.51%)最大,说明其受基因型影响最为明显。在盐胁迫条件下,各性状值的变异系数从高到低依次为:根干质量 > $w(Na^+)/w(K^+)$ > 根长 > $w(K^+)$ > 地上部干质量 > 株高 > $w(Na^+)$,其中根干质量的变异系数(22.35%)也是最大,表明其受基因型影响也是较为明显的。此外,比较 2 种处理条件下各性状的变异系数发现,株高、$w(K^+)$和 $w(Na^+)/w(K^+)$的变异系数在盐胁迫下升高了,而其余性状则降低了,这说明这些性状的变异系数也受到盐处理的影响,并且其反应也不同。

相关性分析(表 5)表明,正常条件下,根长、株高、根干质量和地上部干质量间都呈显著或极显著正相关,而根长、株高、根干质量和地上部干质量与钠、钾相关生理性状间并不存在显著的相关性,$w(Na^+)$与 $w(K^+)$仅分别与 $w(Na^+)/w(K^+)$呈极显著正或负相关。在盐胁迫下,根长、株高和地上部干质量间也都呈极显著正相关,而根干质量仅与地上部干质量呈极显著正相关,根长、株高、根干质量和地上部干质量与钠、钾相关生理性状间也和正常条件下的情况类似,即也不存在显著的相关性,而 $w(Na^+)$与 $w(K^+)$仍分别与 $w(Na^+)/w(K^+)$呈显著正或负相关。这说明,盐胁迫对于这些性状间的相关性影响较小,并且钠、钾离子相关生理性状与其他形态学相关性状间似乎是独立的。

表 5　正常和盐胁迫条件下裸大麦各性状间的相关系数

培养条件	性状	根长	株高	根干质量	地上部干质量	$w(Na^+)$	$w(K^+)$
正常条件	株高	0.492*	—	—	—	—	—
	根干质量	0.649**	0.670**	—	—	—	—
	地上部干质量	0.494*	0.856**	0.867**	—	—	—
	$w(Na^+)$	0.282	0.075	0.327	0.201	—	—
	$w(K^+)$	–0.207	–0.172	–0.385	–0.341	–0.337	—
	$w(Na^+)/w(K^+)$	0.224	0.030	0.333	0.239	0.773**	–0.804**
盐胁迫	株高	0.573*	—	—	—	—	—
	根干质量	0.444	0.354	—	—	—	—
	地上部干质量	0.686**	0.736**	0.698**	—	—	—
	$w(Na^+)$	–0.112	–0.018	–0.125	–0.410	—	—
	$w(K^+)$	–0.127	0.298	0.383	0.331	–0.205	—
	$w(Na^+)/w(K^+)$	0.032	–0.055	–0.196	–0.389	0.913**	–0.536*

注:*、** 分别表示相关系数在 0.05、0.01 水平上具统计学意义或高度统计学意义,即显著相关或者极显著相关。

2.4　不同裸大麦品种地上部干质量的相对值

干质量相关性状,尤其是地上部干质量,常被用作衡量植物生长的重要指标,并且在耐盐性研究中,也常被用于评估植物耐盐性的指标。因此,本研究进一步研究了地上部干质量与裸大麦耐盐性的关系。根据表 3 可知,仅 B79 和 B94 的地上部干质量在正常和盐胁迫条件间差异无统计学意义,说明耐盐性强。从地上部干质量相对值(表 6)可以看出,B79 和 B94 的相对地上部干质量相对值也均在 0.73 以上。尽管其余裸大麦品种的地上部干质量在盐胁迫下都显著下降,但从地上部干质量相对值可知,盐胁迫对其的抑制程度并不相同,其中 B91 和 B97 的地上部干质量相对值也高于 0.70,而 B88 和 B90 的地上部干质量相对值则都低于 0.55。因此,仅仅根据盐胁迫下地上部干质量是否显著下降来评估裸大麦耐盐性是不够的,而地上部干质量相对值还可以进一步区分其盐敏感程度的不同,即地上部干质量相对值越低,其对盐胁迫越敏感。

2.5　钠钾相关生理性状与裸大麦耐盐性的关系

根据地上部干质量可知,B79 和 B94 为耐盐性

裸大麦地方品种。而从盐胁迫下 Na^+、K^+ 相关性状看，B79 的 $w(Na^+)$最高，并且其$w(K^+)$也比较低，从而导致其$w(Na^+)/w(K^+)$也是最高的；而 B94 的 $w(Na^+)$则较低，$w(K^+)$处于中等水平，从而导致 $w(Na^+)/w(K^+)$也比较低。另外，盐敏感裸大麦地方品种 B90 也保持了较低的 $w(Na^+)/w(K^+)$。这表明，很难简单根据 $w(Na^+)$的增加和 $w(K^+)$的减少或者 $w(Na^+)/w(K^+)$来判断其耐盐性强弱与否。

表 6　不同裸大麦地方品种地上部干质量的相对值

地方品种	地上部干质量相对值	地方品种	地上部干质量相对值
B94	0.764 1	B86	0.593 8
B79	0.738 0	B80	0.585 6
B91	0.726 4	B83	0.578 8
B97	0.717 8	B92	0.570 8
B93	0.669 6	B78	0.555 6
B84	0.644 3	B81	0.551 6
B87	0.635 5	B89	0.550 4
B85	0.631 9	B90	0.547 6
B95	0.621 8	B88	0.503 4

3　讨论

盐胁迫是全球农业生产面临的重大挑战之一，而培育和种植耐盐作物品种是应对该问题的理想措施[13]。然而，培育耐盐作物品种需要耐盐的种质资源，这就需要科学、可靠的鉴定方法来获得。由于作物苗期对盐胁迫极其敏感，因而研究作物苗期的耐盐性对于提高其耐盐性有重要作用。关于作物苗期耐盐性鉴定的研究已有很多报道，刘艳等使用 5% NaCl 对 3 叶期水稻幼苗进行了 7 d 的胁迫处理，分析了苗高、根长及地上部和根干（鲜）质量的相对值与盐害等级的相关性，并确认了幼苗的总干（鲜）质量的相对值可以作为综合评估耐盐性的指标[14]。类似地，Hasanuzzaman 等使用不同浓度 NaCl 处理（分别为 1、9、12、15 dS/m）对 2 ~ 3 叶期小麦幼苗进行了 21 d 的胁迫处理，利用株高、根长、地上部和根干（鲜）质量指标综合评估不同基因型小麦的耐盐性[15]。此外，霍庆平等使用 500 mmol/L NaCl 对 2 叶 1 心期大麦幼苗进行了 7 d 的胁迫处理，通过对相对苗高、相对根长、相对地上部干质量等 7 个农艺性状进行主成分分析，并结合萎蔫系数和存活天数 2 个指标一同进行隶属函数和逐步回归分析，认为相对地上部干质量是评价大麦苗期耐盐性的有效指标之一[16]。这表明，关于作物耐盐性的评价指标并不统一，而干质量是一个重要的评价指标。本研究也发现，在正常和盐胁迫条件下，地上部干质量均具有较高的变异系数，即该性状指标可以用于区分不同的裸大麦地方品种，且地上部干质量在正常和盐胁迫下均与其他形态学指标呈显著正相关，说明地上部干质量可以作为裸大麦地方品种耐盐性鉴定的重要指标。然而，虽然可以通过比较正常和盐胁迫间地上部干质量差异是否具有显著性来确定其耐盐与否，但这一指标并不能区分盐敏感品种间的差异。而地上部干质量相对值则能进一步对盐敏感品种进行区分，即地上部干质量相对值越低的品种对盐胁迫的敏感性相对越高，反之则相对越低。因此，通过正常和盐胁迫间地上部干质量的比较，再结合地上部干质量相对值的大小，就可以对不同裸大麦地方品种的耐盐性进行较好地鉴定和评价。

在盐胁迫下，作物钠、钾离子相关生理性状是评价耐盐性的关键指标之一，但关于其与耐盐性之间的关系尚未形成一致意见。Tao 等使用 150 mmol/L NaCl 对 10 日龄小麦幼苗进行了 4 周的胁迫处理，发现耐盐品种的叶片 $w(Na^+)/w(K^+)$显著低于盐敏感品种，并与植株总干质量呈显著正相关，认为叶片 $w(Na^+)/w(K^+)$可以作为小麦苗期耐盐性评价与筛选的有效指标[17]。Genc 等在对小麦进行 100 mmol/LNaCl 处理的研究中观察到，尽管叶片中 $w(Na^+)$与耐盐性（基于粮食产量）之间没有显著关联，但 Na^+ 积累较高的品种（MW#293）在盐胁迫条件下显示出最佳的耐盐性[18]。来自西藏的野生耐盐大麦品种，其 *HvNHX1* 和 *HvNHX3* 基因的表达能有

效地将 Na^+ 隔离到液泡中，从而抵御盐胁迫[19]。这些研究表明，盐胁迫下，钠、钾相关生理性状与作物的耐盐性关系非常复杂，涉及离子吸收、外排、区隔化等多种机理，而非简单地增加或降低体内 $w(Na^+)$或 $w(Na^+)/w(K^+)$来提高其耐盐性。本研究也发现，盐胁迫导致所有的裸大麦地方品种地上部 $w(Na^+)$与 $w(Na^+)/w(K^+)$都显著升高，而 $w(K^+)$都显著降低；并且钠、钾相关指标与其耐盐性并没有必然联系，比如耐盐品种 B94 具有较低的 $w(Na^+)/w(K^+)$，而另一耐盐品种 B79 的 $w(Na^+)/w(K^+)$则相对较高。

另外，植物的耐盐性是一个复杂的性状，涉及多种机制，除了离子平衡外，还包括渗调物、活性氧等。研究表明，植物通过合成和积累脯氨酸、甘氨酸、甜菜碱、可溶性糖（如蔗糖和葡萄糖）及糖醇（如山梨醇和甘露醇）等渗透调节物质，降低细胞渗透势，维持细胞的渗透平衡，从而提高其耐盐性[20]。而抗氧化酶活性（如超氧化物歧化酶 SOD、过氧化物酶 POD 和过氧化氢酶 CAT）在应对盐胁迫中也起着重要作用，在盐胁迫下，植物通过提高抗氧化酶活性来清除过量的活性氧（ROS），从而提高其耐盐性[20]。因此，未来对植物耐盐性评价时，还需考虑渗透调节物质含量、抗氧化酶活性等生理指标，以更全面地评估作物的耐盐性。

4　结论

对 18 个裸大麦地方品种进行了耐盐性筛选指标的研究，通过对株高、根长、根干质量、地上部干质量、$w(Na^+)$与 $w(K^+)$以及 $w(Na^+)/w(K^+)$等形态与生理指标的分析，揭示了不同裸大麦地方品种对盐胁迫反应的差异，并认为地上部干质量及其相对值是区分裸大麦地方品种耐盐性的重要指标。同时，未发现 Na^+、K^+ 相关指标与裸大麦耐盐性间存在必然联系。另外，本研究也鉴定到了 2 个耐盐裸大麦品种，即 B79 和 B94，将为未来的裸大麦耐盐性育种和分子机理解析提供基础。

参考文献：

[1] ZHU J,FAN Y,SHABALA S,et al. Understanding mechanisms of salinity tolerance in barley by proteomic and biochemical analysis of near-isogenic lines[J]. International Journal of Molecular Sciences,2020,21(4):1516.

[2] SINGH S. Soil salinity: a global threat to sustainable development[J]. Soil Use and Management,2022,38(1):39-67.

[3] 刘小京,郭　凯,封晓辉,等. 农业高效利用盐碱地资源探讨[J]. 中国生态农业学报,2023,31(3):345-353.

[4] CHEN A Q,HE H X,WANG J,et al. A study on the arable land demand for food security in China[J]. Sustainability,2019,11(17):4769.

[5] QADIR M,QUILLEROU E,NANGIA V,et al. Economics of salt-induced land dégradation and restoration[J]. Natural Resources Forum,2014,38(4):282-295.

[6] TAKETA S,AMANO S,TSUJINO Y,et al. Barley grain with adhering hulls is controlled by an ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2008,105(10):4062-4067.

[7] OUERTANI N,ARASAPPAN D,RUHLMAN T,et al. Effects of salt stress on transcriptional and physiological responses in barley leaves with contrasting salt tolerance[J]. International Journal of Molecular Sciences,2022,23(9):5006.

[8] CHEN T,XU J,WANG L,et al. Landscape genomics reveals adaptive genetic differentiation driven by multiple environmental variables in naked barley on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Heredity,2023,131(5):316-26.

[9] 孙平勇,张武汉,舒　服,等. 水稻资源芽期和苗期耐盐碱性综合评价及耐盐基因分析[J]. 生物工程学报,2022,38:252-263.

[10] LI L L,HALFORD N G,WANG H H,et al. Genetic diversity and population structure analysis of barley landraces from Shanghai region using genotyping-by-sequencing[J]. Phyton,2023,92(4):1275-1287.

[11] YOSHIDA S,FORNO D A,COCK J H,et al. Laboratory manual for physiological studies of rice[J]. International Rice Research Institute,1971,17:61-68.

[12] ZHOU L,ZONG Y,LI L,et al. Integrated analysis of transcriptome and metabolome reveals molecular mechanisms of salt tolerance in seedlings of upland rice landrace 17SM-19[J]. Frontiers in Plant Science,2022,13:961445.

[13] MUNNS R,GILLIHAM M. Salinity tolerance of crops-what is the cost [J]. New Phytologist,2015,208(3):668-673.

[14] 刘　艳,王宝祥,邢运高,等. 水稻品种资源苗期耐盐性评价指标分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(17):75-79.

[15] HASANUZZAMAN M,SAHA N RFARABI S,et al. Screening of salt-tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.) through morphological and molecular markers[J]. Cereal Research Communications,2023,51(1):87-100.

[16] 霍庆平,李建波,门秀丽,等. 大麦苗期耐盐种质鉴定与评价指标筛选[J]. 沈阳农业大学学报,2022,53(6):665-676.

[17] TAO R R,DING J F,LI C Y,et al. Evaluating and screening of agro-physiological indices for salinity stress tolerance in

wheat at the seedling stage [J]. Frontiers in Plant Science,2021, 12:646175.

[18] GENC Y,TAYLOR J,LYONS G,et al. Bread wheat with high salinity and sodicity tolerance[J]. Frontiers in Plant Science,2019, 10:1280.

[19] JABEEN Z,IRSHAD F,HUSSAIN N,et al. NHX-type Na^+/H^+ antiporter gene expression under different salt levels and allelic diversity of *HvNHX* in wild and cultivated barleys[J]. Frontiers in Genetics,2022,12:809988.

[20] SHAMS M,KHADIVI A. Mechanisms of salinity tolerance and their possible application in the breeding of vegetables[J]. BMC Plant Biology,2023,23:139.

Screening and Identification Indices of Salt Tolerance of Hulless Barley Landraces at Seedling Stage

LIU Shisen[1], YANG Hua[2], GUO Zhenzhu[1], FENG Shiji[1], ZHANG Shuwei[1], GUO Guimei[1], ZHOU Longhua[1], LIU Chenghong[1], DU Zhizhao[3], CHEN Zhiwei[1]

(1.Biotechnology Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences / Shanghai Key Laboratory of Agricultural Genetics and Breeding, Shanghai 201106, China; 2. Shanghai Agrobiological Gene Center, Shanghai 201106, China; 3. Shanghai Agricultural Science and Technology Service Center, Shanghai 200335, China)

Abstract: Salt stress is one of the main abiotic stresses faced by crop production, and hulless barley, as a highly salt-tolerant crop, has potential value in improving saline-alkali soil and ensuring food security. In this study, 18 Shanghai hulless barley landraces were used as donor materials, and their salt tolerance was screened and identified by investigating four morphological traits of plant height, root length, root stem weight and dry matter weight of above-ground parts, as well as Na^+, K^+ content and Na^+/K^+ ratio physiological traits at the seedling stage. The analysis of variance showed that there were extremely significant differences among different hulless barley landraces and different treatments, and the interaction between different treatments and different hulless barley landraces also reached a very significant level except plant height. The coefficient of variation analysis showed that the coefficients of variation of dry matter weight-related traits were larger, and the coefficients of variation of plant height, K^+ content and Na^+/K^+ ratio increased under salt stress, while the other traits decreased. Correlation analysis showed that there were significant positive correlations between root length, plant height and dry matter weight of above-ground parts under normal and salt stress conditions. However, the contents of Na^+ and K^+ were only significantly positively or negatively correlated with the Na^+/K^+ ratio, respectively. In this study, two hulless barley landraces with strong salt tolerance were obtained, and the relationship between sodium and potassium related traits and salt tolerance of hulless barley was also discussed.

Key Words: Hulless barley; Salt tolerance; Dry matter weight; Na^+/K^+ ratio

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

闫晓强,薛春茂,毕骏飞,等. 运城市农作物秸秆综合利用现状及对策[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):37–41. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s. 2024.06.006.

运城市农作物秸秆综合利用现状及对策

闫晓强[1],薛春茂[1],毕骏飞[2],纪　薇[1,2*]
(1. 运城市农业农村局,山西 运城 044000;2. 山西农业大学园艺学院,山西 晋中 030801)

摘要:农作物秸秆的高效利用是推动农业绿色发展、建设美丽乡村的一项重要任务。通过文献整理与实地调研的方法,阐述了运城市秸秆综合利用的现状,介绍了推动秸秆综合利用的工作举措,同时对提高秸秆综合利用水平提出了对策与建议,以期为推动运城市农作物秸秆还田、饲料转化等综合利用行动提供理论参考与实践指导。

关键词:农作物秸秆;综合利用;运城市
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673–6486–20240062

据统计，农作物秸秆全球年产量约为 30 亿 t，占世界农业残留物的绝大部分,是一种具有巨大利用潜力的重要生物质资源[1]。到 21 世纪中叶,全球 40%的能源将来自农作物秸秆。露天焚烧 1 t 秸秆将释放 1 168 kg CO_2、1.0 kg CH_4、0.06 kg N_2O 等温室气体以及烟尘、二氧化硫、多环芳烃(PAHs)等空气污染物[2]。露天焚烧作物秸秆还会蒸发土壤水分,破坏土壤中的有机物[3]。从农业、环境、经济等方面考虑,可持续的农作物秸秆综合利用途径备受关注。为了有效解决这一问题,合理利用秸秆资源已成为重要的产业化方向。政府现已通过农民协会和银行提供技术培训与机械信贷,成立粉碎、包装等农机综合服务合作社,提高秸秆回收补贴[4]以促进秸秆资源的利用。秸秆资源的利用能平衡产业转型过程带来的碳排放增加，是区域经济发展的新思路之一[5]。2022 年,我国的秸秆资源量达到 9.77 亿 t,其中水稻和小麦秸秆占比分别为 22.52%、17.91%,总产量位居世界首位[6]。根据《巴黎协定》,我国将于 2030、2060 年分别实现碳达峰和碳中和的双碳目标[7]。为了适应国家节能减排、发展可再生能源与清洁能源的政策需要,秸秆资源的开发与利用具有重要意义。如:农作物秸秆能够与煤矸石、粉煤灰通过烧结法制备成多孔集料[8];较低含量的秸秆能够提升沥青的机械性能与低温抗开裂能力[9];秸秆与菱镁水泥混合浇筑用作绿色建筑墙体,具有良好的抗震性能以及防火、防腐效果[10]。秸秆资源在促进畜牧业健康发展、提高土壤肥力、减少森林火险隐患、减轻大气污染、增加农民收入等方面具有巨大潜力[11]。然而,农作物秸秆产量大、分布散、密度低,成为它大规模利用的发展瓶颈[12]。基于综合利用的技术限制和成熟市场缺乏的双重制约,不可再生能源仍将是发展中国家的主要能源形式[13],可再生能源未来可期。目前,我国农作物秸秆的集中处理仍然面临着困难,例如收集、运输、回收利用成本高昂,秸秆产品附加值较低、经济效益较差[14]。《乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》就已指出,确保贫困群众稳定脱贫,建立农村有机废弃物收集、转化、利用网络体系,深入实施秸秆禁烧制度和综合利用，推进农业绿色发展。《“十四五”循环经济发展规划》强调,提高农业废弃物的资源化利用率,建立循环型农业生产方式。近年来,运城市农作物秸秆综合利用产业不断发展,为畜牧业生产做出了积极贡献,但综合利用途径不广、工业化利用产业发展滞后，需要通过加大粪肥与秸秆回收补贴、扩大农场规模、加强农业合作社服务等措施,以实现农业新质生产力的提升[15]。

1　运城市秸秆资源与综合利用现状

自 20 世纪 90 年代以来,我国一直在系统地构建农作物秸秆资源综合利用框架。为促进农作物秸

收稿日期:2024–07–03;修回日期:2024–10–28。
基金项目:山西省现代农业产业技术体系建设专项资金(2024CYJSTX07–04)。
作者简介:闫晓强(1982—),男,高级农艺师,研究方向为农业生态与资源。Email: ycnyz@163.com。
* 通信作者:纪　薇(1983—),女,博士,教授,主要从事植物遗传种质研究与创新利用。Email: jiweiputao@163.com。

秆的综合利用，农业农村部推行了 5 种可持续的农作物秸秆利用方法，包括将秸秆用作肥料、饲料、燃料、基础材料和原料[16]。这些路线涵盖了秸秆的大部分用途，鼓励因地制宜地整合各种方法，最大限度地发挥这种材料的利用潜力。使用这些模式，作物秸秆可以转化为传统资源的碳中和替代品[17]。我国农作物秸秆资源综合利用率从 2015 年的 80.1%提高到 2021 年的 88.1%，其中上述 5 种转化利用模式分别约占总量的 62%、20%、10%、2%和 2%[18]。然而，仍有超过 10%的秸秆未得到妥善处理，其中大部分被露天焚烧或随意丢弃[19]。目前，农作物秸秆从仅用作农村能源与饲料，逐渐延伸到工业原料等方面的利用。随着秸秆产业化的快速发展，秸秆人造板、秸秆木材等高附加值产品实现了工业化生产。

2023 年，运城全市秸秆可收集资源量 273.92 万 t，秸秆综合利用量 260.19 万 t，秸秆综合利用率为 94.99%，高于全国秸秆综合利用率 88.1%的水平；秸秆未利用量 13.73 万 t，占可收集资源量的 5.01%（图 1–a）。近年来，运城市以秸秆科学还田、饲料转化利用为重点，兼顾能源化、基料化和原料化利用，健全收储运体系，培育壮大秸秆利用主体，探索建立可推广模式和高效利用机制。全市秸秆种类主要以小麦、玉米、豆类、油料、中药材等为主，结合地理、气象、种植模式等因素，全市农作物秸秆综合利用主要以秸秆肥料化、秸秆饲料化为主。累计培育秸秆综合利用市场主体 395 家，其中，饲料化利用主体 390 家，肥料化利用主体 3 家，基料化与能源化利用主体各 1 家（图 1–b）。

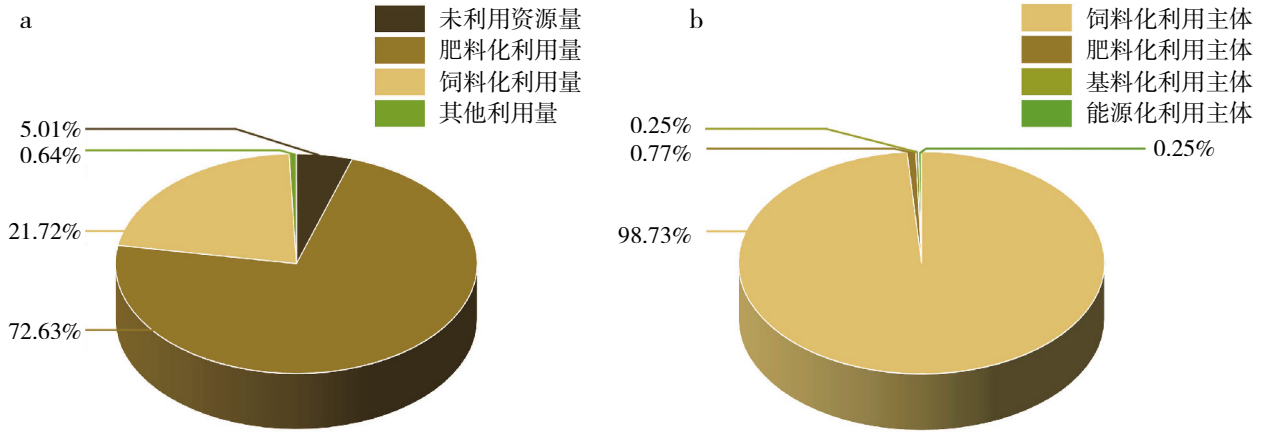


图 1　2023 年运城市秸秆利用量比例（a）与利用主体占比（b）

1.1　秸秆肥料化利用

2023 年，运城市秸秆肥料化利用量 198.94 万 t，占可收集资源量的 72.63%，是全市目前处理小麦、玉米等作物秸秆的主要措施。秸秆还田能够实现肥料中 K_2O、P_2O_5 和 N 的平衡，替代化学钾肥，减少土壤酸化，增加其养分含量与酶活性，改善土壤理化性质和微生物群落，降低因化肥流失对环境的不利影响[20]。

1.2　秸秆饲料化利用

2023 年，运城市秸秆饲料化利用量 59.49 万 t，占可收集资源量的 21.72%。青贮是运城市应用最广泛的方法，制作简单、成本低，饲喂不受季节和气候的限制[21]。近年来，运城市青贮利用量占秸秆饲料化利用总量比例已高于 47.6%。

1.3　秸秆能源化与基料化利用

2023 年，运城市能源化与基料化利用量为 1.76 万 t，占可收集资源量的 0.64%。利用秸秆厌氧发酵产生沼气的方法，能够在小规模及资金投入较少的情况下实现对生物质资源的高效利用，该方法经济实用，是一种新型燃料利用选择。通过液化技术，秸秆能够转化为生物质燃料油，减轻对化石燃料以及对不可再生能源的使用[22]。

1.4　秸秆材料化利用

秸秆纤维具有良好的生物降解性，其中玉米秸秆纤维素含量约为 44.6%，具有强度高、质量轻、价格低的特点，在家具生产与造纸中能够替代木材，减轻森林生态系统压力[23]。但目前，污染严重的小型造纸厂陆续关闭，用于材料化利用的秸秆量逐渐减少。

2　运城市秸秆综合利用现状不足之处

2.1　工业化利用滞后

近年来，运城市的农业保持稳产，农作物秸秆总量逐渐增加，但在综合利用方面特别是工业化利

用方面相对滞后。目前，主要的处理方法停留在秸秆饲料化利用上，新型综合利用技术如秸秆气化、制沼气、直燃发电等应用较少，缺乏适宜农户分散经营的小型化处理设备。目前，72.63%的秸秆被用于低附加值的还田等方式，仅有 21.72%的秸秆被用作饲料等循环农业发展所需要的方式，未被充分利用的秸秆占比 5.01%。而高附加值的利用方式，如食用菌基料、新型能源等，只利用了 0.64%的秸秆，且尚未有秸秆作工业原材料应用。相关企业在基料化利用、能源化利用等方面的数量较少，仅占市场主体 0.51%，导致秸秆的深加工利用受到一定限制且收购价格较低，进一步制约了秸秆综合利用产业的发展。

2.2 技术与设备限制

尽管秸秆综合利用技术在青贮饲草产业等领域有所发展，但普及率仍然较低，主要是缺乏相应的技术和设备支持。一些先进的秸秆处理设备成本较高，农民难以承担。

2.3 秸秆综合利用成本高

当前，农作物秸秆收储运的成本占比超过 50%，主要受秸秆季节性强、易腐烂、体积大、收集难等因素影响。农民在此过程中面临着较大的劳动强度和高昂的成本。目前存在自收自销、秸秆收储站、秸秆经纪人等模式，但尚未形成完善的体系，秸秆运输等费用居高不下，整体收益不高。

3 运城市推动秸秆综合利用的工作举措

3.1 推广秸秆还田

利用中央农机购置资金补贴已帮助农户购置各类农机具 10 818 台（件），扶持农户 9 205 户。通过引导农机合作社、农机大户等社会化服务组织，进行作业招标，实现“一条龙”作业。致力于黄河流域生态保护和农业高质量发展，在黄汾地区建设了 6.67 万 hm^2 粮食优质高产高效示范基地，同时在稷山、绛县、河津、临猗、盐湖实施了 1.13 万 hm^2 玉米秸秆旋耕混埋还田作业示范，在新绛、平陆开展了 0.42 万 hm^2 秸秆深耕翻埋还田作业示范。根据集中连片原则，解决农业生产中的难题，如作物播种难、病虫害多及秸秆焚烧带来的环境污染等问题，形成技术模式在全市进行推广。

3.2 配置秸秆饲料化利用装备

为推动农业生产方式转变，大力推广了秸秆青储、黄储技术，鼓励动员符合条件的规模养殖场进行秸秆储存，实施秸秆过腹还田。新购置茎穗兼收玉米收获机 50 台、打捆机 24 台、秸秆粉碎机 1 台、农用装载抓草机 14 台、打捆包膜机 11 台、秸秆粉碎压块机 1 台、指轮式搂草机 1 台、打捆包膜一体机 2 台（每分钟打 1 包），并引进了可规模化作业的大方捆打捆机 1 套（每小时可作业 12 hm^2）；新建青储池 62 处102 832.02 m^3，干草棚 45 处 28 201.25 m^2。

3.3 构建收储运体系

在绛县 10 个乡镇各建 1 处秸秆收储运站点，对全县 3 万余 hm^2 秸秆实行打捆、收集、运输、出售一条龙服务，10 个站点年收储运能力已达到 6 万 t。在新绛已扶持建设 13 家主体建设秸秆储运站点，使全县的秸秆储运能力由 2022 年的 3 万 t 提高到 2023 年的 5 万 t。

4 运城市秸秆综合利用发展对策

4.1 大力推进秸秆饲料转化

4.1.1 推动秸秆饲料产业化。推进秸秆青（黄）贮、颗粒、膨化、微贮等技术产业化，促进秸秆饲料转化增值，鼓励畜禽养殖场（户）、饲料加工企业利用秸秆生产优质饲料，提升秸秆饲料自供给能力。

4.1.2 推动秸秆饲料市场化。一是健全收储运体系。支持秸秆市场化利用主体发展，按照合理运输半径，建设县有龙头企业、乡镇有规范化收储组织、村有固定秸秆收储网点的收储运体系。二是占领技术高地。联合科研院所将全市 4.87 万 hm^2、11 个品种的中药材秸秆应用于畜禽饲用及疾病防治，形成配方饲草。三是打造饲草品牌。按照不同地域、气象、种植模式等进行秸秆回收加工资源配置，探索标准化生产，努力打造成继“运城苹果”之后的又一大品牌。四是培育经纪人。宣传优质饲草赚钱效应，对收储运体系的收获端、销售端进行服务，增加运城优质秸秆饲草对域外的销售份额。五是加强行业管理。组建运城优质秸秆饲草协会（联盟）对品牌、技术、法律、销售等进行服务。

4.2 提高秸秆收购价格补贴

通过提高秸秆的收购价格，使农民放弃秸秆的机会成本（出售秸秆的收益）与利用秸秆的机会成本（非农业收入）趋同，引导农民收集和出售秸秆。通过增加对秸秆发电公司等秸秆利用企业的税收优惠，引导增加对秸秆的需求，在回收秸秆时提供价格补贴，鼓励现场收购秸秆。为分担农民的处理成本，在农民购买秸秆处理机械时给予价格补贴。

4.3　扩大农业生产规模

在非农就业持续增加的情况下，鼓励农村将劳动力转移后的土地合理流转，以增加从业农民个人的种植面积，扩大农业生产规模。

4.4　完善农业社会化服务体系

面对农业劳动力老龄化和劳动力短缺等现象，鼓励以农业合作经济组织、农业龙头企业和民间服务组织为纽带，将农业社会化服务体系从生产环节延伸到产后环节。通过提供技术支持、机械租赁、秸秆加工外包等相关服务，提高农民的组织化程度，尤其是解决老年农民在收集和利用秸秆方面面临的困难，增强农民综合利用秸秆的意愿。

4.5　提升农民秸秆综合利用技术水平

通过讲座等形式的宣传，向农民普及秸秆综合利用途径和潜在经济价值，引导农民以不同的方式综合利用秸秆。通过新技术试验、示范、推广、培训，引导农民选择和掌握适合当地的肥料堆肥、饲草制作、沼气生产等综合利用技术。

参考文献：

[1] ZHU X D,WANG F H,LIU Y. Effect of processing parameters on properties of wheat-straw boards with FRW[J]. Advanced Materials Research,2011,250/251/252/253:947-950.

[2] SOAM S,BORJESSON P,SHARMA P K,et al. Life cycle assessment of rice straw utilization practices in India[J]. Bioresource Technology,2017,228:89-98.

[3] ZHANG T R,WOOSTER M J,GREEN D C,et al. New field-based agricultural biomass burning trace gas, PM 2.5, and black carbon emission ratios and factors measured in situ at crop residue fires in Eastern China[J]. Atmospheric Environment,2015,121:22-34.

[4] 谢　杰,邵敬淼,孙　宁,等. 日本农作物秸秆综合利用经验借鉴[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(9):116-125.

[5] 赵新月,刘旭丹,陆　佳. 农作物秸秆资源综合利用的碳排放趋势预测[J]. 黑龙江科学,2024,15(14):67-73.

[6] TAO J,BAI W,PENG R S,et al. Sustainable regional straw utilization: collaborative approaches and network optimization[J]. Sustainability,2024,16(4):1557.

[7] SHI Q W,CAI R,HUO T F,et al. A fairly and effectively analysis for the sharing of CO_2 emissions reduction responsibility in China's provincial building sectors[J]. Environmental Impact Assessment Review,2023,99:106984.

[8] FENG R,WANG X,YAN C,et al. Co-utilization of coal-based solid waste and crop straw for porous aggregate: preparation, performance,and mechanism[J]. Case Studies in Construction Materials,2024,21:e03705.

[9] ZHANG H,YANG Z,TIAN J,et al. Enhanced nitrate nitrogen removal from wastewater using modified reed straw: adsorption performance and resource utilization[J]. Sustainability,2024,16(10):4001.

[10] HUANG Q, LEI D. Feasibility study of straw on the application in green buildings[J]. Advances in Engineering Research,2016,63:184-189.

[11] 王亚杰,姜　权,徐　鹏,等. 盐城市农作物秸秆离田综合利用的实践与探索[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(2): 64-68.

[12] SUN M X,XU X B,WANG C D,et al. Environmental burdens of the comprehensive utilization of straw:wheat straw utilization from a life-cycle perspective[J]. Journal of Cleaner Production,2020,259:120702.

[13] FU Y L,ZHANG J,GUAN T Z. High-value utilization of corn straw: from waste to wealth[J]. Sustainability,2023,15(19):14618.

[14] 刘俊杰,严晓斌,张美怡,等. 中国农作物秸秆资源产量分布及利用分析[J/OL]. 农业资源与环境学报,2024:1-13 (2024-06-17) [2024-07-03]. https://doi.org/10.13254/j.jare.2024.0184.

[15] HU Z Y. A research on the affecting factors of farmers' comprehensive utilization of straw in china[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2018,170(2):022134.

[16] FJØRTOFT K, MORKEN J, HANSSEN J F, et al. Pre-treatment methods for straw for farm-scale biogas plants[J]. Biomass and Bioenergy,2019,124:88-94.

[17] XU X B,YE Y H,LI J,et al. GHG emissions of straw treatments in rural China and scenario simulation based on life cycle perspective[J]. Journal of Cleaner Production,2022,377:134377.

[18] QIAN B H,SHAO C F,YANG F,et al. Spatial suitability evaluation of the conversion and utilization of crop straw resources in China[J]. Environmental Impact Assessment Review,2024,105:107438.

[19] WANG S,YIN C B,LI F D,et al. Innovative incentives can sustainably enhance the achievement of straw burning control in China[J]. The Science of the Total Environment,2023,857(P2):159498.

[20] MU G T,XU L F,ZHANG J C,et al. Study of the utilization of main crop straw resources in Southern China and its potential as a replacement for chemical fertilizers[J]. Frontiers in Plant Science,2024,14:1172689.

[21] QIU C C,YANG K L,DIAO X G,et al. Effects of kinds of additives on fermentation quality, nutrient content, aerobic stability, and microbial community of the mixed silage of king grass and rice straw[J]. Frontiers in Microbiology,2024,15:1420022.

[22] 李　安,华　朵,陈美竹,等. 乡村振兴背景下发展循环农业经济的路径研究:以秸秆综合利用为例[J]. 再生资源与

循环经济,2024,17(2): 4–8.
[23] SHARMA A,GIRI S K,RAVINDRANATHAN KARTHA K P,et al. Value–additive utilization of agro–biomass: preparation of cellulose triacetate directly from rice straw as well as other cellulosic materials[J]. RSC Advances,2017,7(21):12745–12752.

Current Situation and Countermeasures of Comprehensive Utilization of Crop Straw in Yuncheng City

YAN Xiaoqiang[1], XUE Chunmao[1], BI Junfei[2], JI Wei[1,2]
(1. Yuncheng Agricultural and Rural Bureau, Yuncheng 044000, China;
2. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, China)

Abstract: The efficient utilization of crop straw is an important task to promote the green development of agriculture and build a beautiful countryside. This paper describes the current situation of comprehensive utilization of straw in Yuncheng City through the method of literature collation and field research, introduces the initiatives to promote the comprehensive utilization of straw, and puts forward countermeasures and suggestions to improve the level of comprehensive utilization of straw, in order to provide theoretical references and practical guidance for the promotion of comprehensive utilization of crop straw returning to the field, feed conversion and other actions in Yuncheng City.
Key Words: Crop straw; Comprehensive utilization; Yuncheng City

（上接第 28 页）

Effects of Mechanical Transplanting Density on Yield of Nangeng 9108 and Soil Nutrients in Northern Jiangsu Province

ZOU Jie, CUI Jingbo, XIA Jibing, CAO Chuntao, ZHAI Zhongkai, WANG Liguo
(Xincao Branch of Jiangsu Agricultural Reclamation and Development Co., Ltd., Dongtai 224200, China)

Abstract: As the dominant production area of geng rice in Jiangsu Province, an appropriate rice mechanical transplanting density is an important guarantee for achieving stable rice yield in the north of Jiangsu Province. In this study, the effects of different mechanical transplanting densities on rice yield and soil nutrients were investigated through a field experiment with fixed rice planting row and plant spacing (25 cm and 12 cm) and different numbers of seedlings per hole [2 seedlings/hole (D1), 3 seedlings /hole (D2), 4 seedlings/hole (D3), 5 seedlings/hole (D4) and 6 seedlings/hole (D5)]. The results showed that with the increase of the number of seedlings per hole, the number of panicles, the number of grains per panicle and the actual yield of rice showed an increasing and then decreasing trend. with the number of grains and the actual yield of D3 being the highest, which increased by 6.30% and 5.05%, respectively, compared to the conventional mechanical transplanting density of D4. In terms of soil nutrients, the application of rice at a row-plant spacing of 25 cm × 12 cm and a density of 5 or 6 seedlings per hole resulted in a reduction in soil total nitrogen, available phosphorus and available potassium. Compared with D4, the soil total nitrogen, nitrate nitrogen and available phosphorus contents of D3 increased significantly by 5.75%, 39.04% and 38.82% respectively. In terms of yield compensatory effect, D3 had the highest yield compensation effect of 5.05%. In conclusion, the row-plant spacing of 25 cm × 12 cm combined with the machine planting density of 4 seedlings/hole can be a feasible measure for the green and stable yield of rice in northern Jiangsu Province.
Key Words: Mechanical transplanting density; Rice; Yield; Nutrient; Compensatory effect

褚正虎,刘晓斌,朱俊凯,等. 高产优质小麦扬麦 28 的选育及其配套栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):42–46. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2024.06.007.

高产优质小麦扬麦 28 的选育及其配套栽培技术

褚正虎[1],刘晓斌[1,2*],朱俊凯[1],张艳琼[1],刘　健[2]
(1. 江苏金土地种业有限公司,江苏 扬州 225007;2. 江苏里下河地区农业科学研究所,江苏 扬州 225007)

摘要:扬麦 28 为江苏金土地种业有限公司和江苏里下河地区农业科学研究所共同选育而成的高产、抗病、优质国审小麦新品种(审定编号:国审麦 20180010)。该品种中抗赤霉病、中感白粉病,纹枯病较轻。生产试验产量 448.3 kg/667 m^2,较对照扬麦 20 增产 6.9%,高产创建最高产量 715.8 kg/667 m^2。其面粉白度高、出粉率高、籽粒商品性好,优质中筋品质,受到面粉厂和粮食收储企业的欢迎。在应用推广过程中,应注重良种良法的配套,做到适期播种,提高播种质量,适时适度镇压,合理进行化控,同时做好病虫草害的防治。

关键词:扬麦 28;特征特性;高产创建;良种良法
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673–6486–20240078

扬麦 28 为江苏金土地种业有限公司和江苏里下河地区农业科学研究所共同选育的小麦新品种,2018 年通过国家审定(审定编号:国审麦 20180010),适宜在长江中下游冬麦区的江苏、安徽 2 省淮南地区,上海、浙江、湖北中南部地区,河南信阳地区种植。江苏金土地种业有限公司已获得该品种独占许可(品种权号:CNA20191000635)。2023、2024 年连续 2 年被浙江省农业农村厅列为种植业主导品种,2024 年被评为江苏小麦主导品种。同时,扬麦 28 具有面粉白度高、出粉率高、籽粒商品性好的优点,受到面粉厂和粮食收储企业的欢迎。

1　扬麦 28 选育过程

2002 年,以抗纹枯病种质山红麦(关中地区自然环境中生成的品种)为母本,以大面积推广小麦品种扬麦 16 为父本配制杂交组合,2003 年春再以扬麦 16 为父本进行回交。2004—2008 年,通过连续选株选系,进行抗病性、抗倒性等农艺性状的筛选;2008 年春选择优良株系为母本,以抗白粉病(含 *Pm21* 抗性基因)高产品种扬麦 18 为父本进行杂交配组;2008 年秋利用春化作用结合温室加代技术以扬麦 16 为父本杂交;2009 年春温室加代,选择抗白粉病单株与扬麦 16(父本)回交 1 次;2009 年夏秋利用春化和温室完成 1 次加代;2010 年春大棚加代,并筛选白粉病、赤霉病抗性较好的品系;2010 年、2011 年秋继续进行大田种植,选择抗病性、丰产性等农艺性状更优的品系;2012 年小麦进入鉴定圃(代号:扬 12–144),表现高产、优质、多抗;2013 年进入品比圃;2014 年和 2015 年参加长江中下游冬麦区小麦品比试验;2016 年和 2017 年参加区域试验;2017 年同步参加生产试验(选育流程见图 1)。2018 年 3 月通过国家农作物品种审定委员会审定,定名为扬麦 28。

2　扬麦 28 特征特性

2.1　农艺性状

扬麦 28 属春性中熟小麦品种,区域试验平均生育期 196 d,熟期与对照品种扬麦 20 相当。幼苗直立,叶片宽披,叶色淡,分蘖力较强。株高 88 cm,株型紧凑,抗倒性较好。穗层整齐,熟相好。穗长方形,长芒、白壳、红粒,籽粒半角质。2 年区域试验扬麦 28 穗粒结构:穗数 30.3 万个 /667 m^2,穗粒数 38.3 粒 / 穗,千粒质量 41.3 g,穗数、穗粒数和千粒质量这产量构成 3 要素协调性较好。

收稿日期:2024–08–07;修回日期:2024–11–25。
基金项目:扬州市现代农业项目(YZ2022049)。
作者简介:褚正虎(1986 一),男,硕士,农艺师,研究方向为作物栽培和稻麦新品种推广。Email:15195587346@163.com。
* 通信作者:刘晓斌(1972 一),男,硕士,副研究员,研究方向为作物栽培与遗传育种。Email:693517921@qq.com。刘晓斌为共一作者。

2.2　综合抗性

经中国农业科学院植物保护研究所鉴定，扬麦 28 中抗赤霉病（含 *fhb1* 和 *fhb2* 2 种抗性基因，具有较强的抗扩展性）[四]，中感白粉病（含 *Pm21*）。同时，扬麦 28 继承了山红麦对纹枯病的抗性，大田生产表现综合抗病性强，长相清秀，熟相佳，抗穗发芽（表1）。

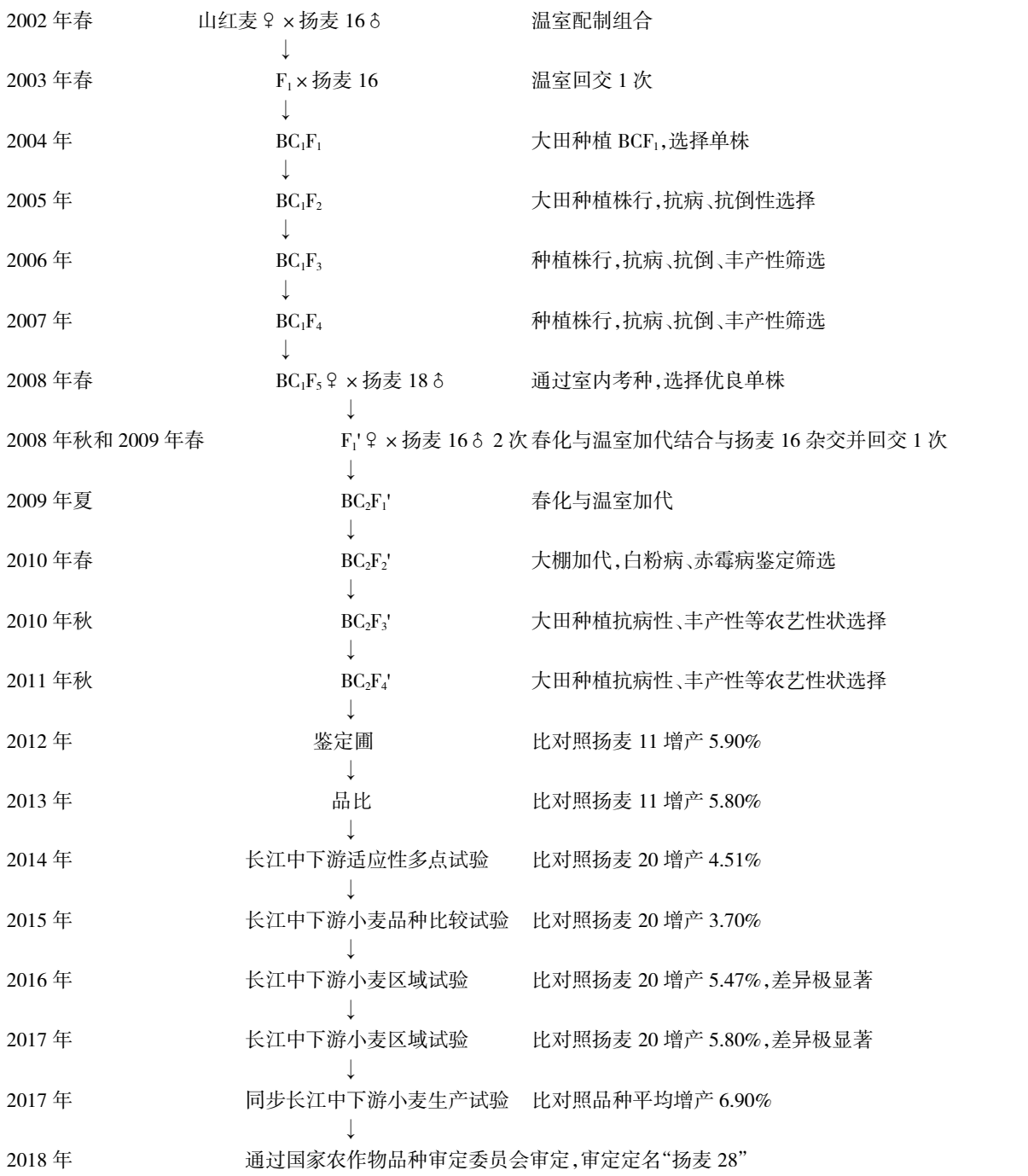


图 1　扬麦 28 选育流程图

表 1　扬麦 28 区域试验抗性鉴定结果

参试年度	条锈病	叶锈病	白粉病	赤霉病	纹枯病
2016—2017	HS	HS	MS	MR	HS

注：MR—中抗；MS—中感；HS—高感。

小麦白粉病和赤霉病是生产上对小麦产量和品质影响较大的病害，在我国各大麦区常流行发生，尤其在长江中下游麦区危害程度日趋严重，是该地区小麦生产的重要病害。化学防治虽有一定成效，但需花费大量的人力、物力，而且会引起环境污染等生态问题。扬麦 28 对上述病害的抗性较好，减轻了防治压力，属于环境友好型品种，有助于实现农业生产的绿色化和可持续发展[2-3]。

2.3 品质检测结果

扬麦 28 为优质中筋小麦。由表 2 可知，2 年度扬麦 28 容重分别为 770、778 g/L，籽粒饱满度好；蛋白质质量分数分别为 12.53%、11.70%，湿面筋质量分数分别为 24.8%、24.7%，稳定时间分别为 4.0、3.5 min。相关指标均达到《主要农作物品种审定标准（国家级）》优质中筋小麦品种的标准。

3　扬麦 28 产量表现

3.1 区域试验结果

由表 3 可知，扬麦 28 在区域试验和生产试验中均表现出了较高的增产潜力。长江中下游冬麦组品种区域试验，2 年平均产量为 416.3 kg/667 m^2，比对照增产 6.1%。生产试验平均产量为 448.3 kg/667 m^2，比对照增产 6.9%，汇总 8 点有 8 点增产，增产点次率 100.0%。

表 2　扬麦 28 主要品质指标检测结果

参试年度	容重 /（g/L）	蛋白质质量分数 /%	湿面筋质量分数 /%	稳定时间 /min
2015—2016	770	12.53	24.8	4.0
2016—2017	778	11.70	24.7	3.5
平均	774	12.11	24.8	3.8

表 3　扬麦 28 区域试验产量表现

参试年度	参试组别	产量 /（kg/667 m^2）	较对照增产 /%	增产点比例 /%
2015—2016	区域试验第 1 年	407.4	5.5	89.5
2016—2017	区域试验第 2 年	425.1	6.6	75.0
	平均	416.3	6.1	
2016—2017	生产试验	448.3	6.9	100.0

3.2 试验示范及高产创建情况

为进一步提升小麦单产水平，发掘品种产量潜力，自扬麦 28 推广以来，江苏金土地种业有限公司精心开展高产创建活动，并积极参与省、市小麦高产创建相关项目，创造了多个高产典型。

2020 年苏垦农发新洋分公司组织专家对新洋农场新西生产区扬麦 28 实产验收，最高单产达 710.9 kg/667 m^2。

2022 年江苏省农技推广协会组织高产验收，兴化市钓鱼镇高产示范田的扬麦 28 实收最高产量 715.8 kg/667 m^2，示范田表现长势均衡，穗数多、穗型大、籽粒饱满，无病虫害，熟相佳，得到专家组的一致认可。同年，浙江“农业之最”委员会办公室组织专家对平湖市钟埭街道某家庭农场的扬麦 28 百亩示范方进行现场高产验收，测得其产量为 542.25 kg/667 m^2，打破了浙江省 11 年以来小麦百亩示范方最高产量纪录和攻关田最高产量纪录。

4　扬麦 28 优质高效栽培要点

扬麦 28 分蘖力强、茎秆粗壮，千粒质量高，属大穗大粒型品种。该品种实现了大穗与多穗的协调，产量结构合理、稳固，较易构建高产群体，符合目前生产对高产稳产型品种的需求，为小麦丰产丰收提供了品种支撑。从多年来的高产创建及试验示范数据来看，扬麦 28 实现 550 kg/667 m^2 以上产量的穗粒结构：有效穗数 33 万个 /667 m^2 以上，每穗 40 粒左右，千粒质量 45 g 左右。

4.1 提高播种质量

小麦“七分种、三分管”，为发挥扬麦 28 的产量优势，提高播种质量是关键。

4.1.1 适期适量播种。扬麦 28 在适宜种植区域最佳播种期为 10 月 25—11 月 10 日，适宜基本苗

16 万株 /667 m² 左右，用种量为 10.0 ~ 17.5 kg/667 m²。在确保秸秆还田和整地质量的基础上，适时抢种，力争 10 月底至 11 月上旬完成播种；可以采用机械条（匀）播或人工撒播方式播种，精准控制播种量，将播种深度控制在 2 ~ 3 cm，防止“深籽、露籽、丛籽”，确保一播全苗和壮苗[4-5]。

对于秸秆还田质量不高的田块，应适当增加播种量。若播种期推迟或田间墒情较差，每迟播 1 周增加 2.5 kg/667 m² 用种量，并促主茎成穗。

4.1.2 种子处理。针对当前秸秆还田条件下土壤中病菌基数较大、虫害易发生等不同情况，尽可能做到播前晒种，药剂包衣拌种处理。小麦种子包衣拌种的药剂，可选择吡虫啉·咯菌腈·苯醚甲环唑悬浮种衣剂，推荐用量为每 100 kg 小麦种子使用 180 g 种衣剂拌种，能够防治小麦在成长过程中遭受的根腐病、蚜虫、纹枯病等病虫害。若当地曾出现小麦全蚀病，可使用硅噻菌胺悬浮拌种剂进行拌种，每 100 kg 小麦种子用量 40 g[6]。小麦种子包衣拌种既可防控病虫害，又可提升麦苗素质，是减药增效绿色生态安全防控的重要举措和有效途径。

4.1.3 提高整地质量，保证良好墒情。小麦田的整地推荐每 3 年一深耕，提高秸秆还田和整地质量。田间沟系配套，注意防涝降渍，并做好田间盖籽，提高成苗率。目前秸秆全量还田的情况下，要坚持农机农艺结合，提高稻草还田质量。适时适度镇压，提高麦苗素质、改善土壤条件，控制旺长、提高麦苗质量，减少冻害及倒伏的发生。播前播后镇压，压碎土壤坷垃，确保适深播种，促进出苗整齐；越冬前镇压，弥补土壤缝隙，培育冬前壮苗，确保安全越冬；返青期镇压，增温保墒，促进小麦返青生长[7]。

4.2 合理运筹肥料，协调群体生长

扬麦 28 属中筋小麦品种，中上等肥力条件下一般需施纯氮 18 kg/667 m² 左右，基苗肥、拔节孕穗肥质量比以 6∶4 为宜，同时配合施用磷钾肥[8-9]。根据不同年份生长苗情、冬春冻害发生情况，及时补施肥料，促进尽快恢复生长。在迟播的情况，需采取因苗施肥的策略，具体为适当降低总氮肥的施用量、降低基苗肥比例，增加拔节孕穗肥比例[10-11]。扬麦 28 抽穗期稍迟，但灌浆速率快，迟播籽粒依然饱满，粒质量稳定。因此，施好孕穗肥，特别是迟播情况下后期肥料的精准足量施用，能够获得更加理想的产量。

4.3 化学调控

合理的化控可以缩短基部节间、降低株高，壮实茎秆，增强植株抗倒伏能力，利于小麦的高产稳产。扬麦 28 植株高度稍高，应该重视化控，降低后期倒伏风险。第 1 遍化控：11 月 1 日前播种的小麦在 5 叶 1 心时期，11 月 1 日后播种的小麦在 4 叶 1 心时期。第 2 遍化控：在拔节前 7 ~ 10 d 或拔节初期。化控药剂可以使用矮壮丰。

同时，在扬麦 28 生育后期可喷施生长调节剂、尿素或磷酸二氢钾类叶面肥等，达到减少小穗退化、提高小麦籽粒千粒质量、增强抗倒伏能力的效果。

4.4 病虫草害防治

4.4.1 化学除草。应根据草相、草龄、墒情等适期使用药剂，坚持“封杀结合、以封为主、科学用药”的防除策略，杂草防治坚持防早防小的原则。在小麦播后苗前，可采用 35%氟噻·吡酰悬浮剂（由氟噻草胺、吡氟酰草胺 2 种成分复配而成）95 ~ 125 mL/667 m² 对水 30 ~ 50 kg 均匀喷施地面进行 1 次封闭除草；播种出苗后再进行 1 次化除。对播前和出苗后防治效果不好的田块，及时根据草相及优势草种，选准药剂，进行喷药化除。春后对于草害已达到防治指标的田块，要在小麦拔节前的“冷尾暖头”、日均气温 8℃以上（一般在 2 月下旬至 3 月上旬）抢晴用药，并避免在寒流来临前后 5 d 内用药，以防发生冻药害现象[12-13]。

4.4.2 病虫害防治。小麦生长后期易遭遇连续阴雨，生产上应注意条锈病、叶锈病、白粉病和赤霉病的防治，抽穗扬花期及时做好“一喷三防”工作。小麦赤霉病，一般要用好 2 遍药，第 1 遍在齐穗扬花初期防治，隔 1 周再用第 2 遍药。同时，注意适期交替用药，用足剂量和水量。总体防治结束后，根据天气及田间发生情况做好“一喷三防”复查补治工作，减少病害和虫害对小麦产量的影响。

4.5 及时收获

蜡熟末期及时抢晴收获，防止连阴雨影响小麦籽粒品质和烂麦场。联合收割机收割或人工收割脱粒，均应及时扬净。脱粒后及时晾晒 3 ~ 4 个晴天或机械烘干，保证籽粒水分含量（质量分数）≤12.5%进仓，贮藏于通风干燥处。

5 结语

2023 年农业农村部启动了全面提升小麦单产的行动，保障我国粮食安全。小麦单产的全面提升，强大的“芯片”是保障。扬麦 28 高产稳产，优质多抗，是一个优质的“芯片”。苏中地区迟熟中粳水稻

的普及,以及为了追求产量和品质,种植户会尽量延长水稻生育期,水稻收获期还有推迟的趋势。水稻的迟收导致茬口紧张,小麦播期推迟、生长期缩短,营养生长不足,病害发生加重,灌浆期更易遭遇高温,收获前易遭遇阴雨穗发芽的危害,严重影响了小麦的产量和品质[14]。扬麦 28 具有适应性广、综合抗病性强,耐渍性和穗发芽抗性好,后期灌浆快等特性,可减少迟播条件下不利因素的影响,最大限度地保障粮食安全,具有广阔的推广应用前景。

扬麦 28 自推向市场以来,表现稳定可靠,抗灾能力强,得到了市场及农户的认可,近几年的推广面积逐年扩大,2022 年推广面积已达 10 万 hm^2 以上。未来将继续做好扬麦 28 的提纯复壮工作,保持大穗、高产、抗病的优势,充分发挥其增产增效能力。在适宜区域内安排品种百亩示范方,完善和推广良种良法配套方案,做好品种售后服务工作。以扬州为中心,推动规模化、集中化种植扬麦 28,助力小麦单产的提升。同时,做好产销衔接,促进优质专用小麦生产持续稳定发展。

参考文献:

[1] 蒋正宁,吕国锋,王　玲,等. 扬麦品种(系)赤霉病抗扩展性基因分子检测及其抗性评价[J]. 麦类作物学报,2019,39(12):1406–1415.

[2] 宋　伟,张　敏,杨继芝,等. 分子标记辅助选择小麦抗白粉病兼抗赤霉病聚合体[J]. 植物病理学报,2010,40(6):655–658.

[3] 王梦如,张　鹏.小麦抗白粉病种质资源的筛选[J]. 植物学研究,2022,11(4):508–514.

[4] 陈　俊. 秸秆还田、氮肥和密度对小麦产量和品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2012.

[5] 杨桂甲,蔡雯雯,孙瑞建.示范展示基地扬麦 25 晚播高产栽培配套技术[J]. 种子世界,2022(4):69–71.

[6] 陈喜茹. 小麦种子包衣防治病虫害技术分析[J]. 种子世界,2020(1):46–47.

[7] 陆成彬,范金平,印　娟,等. 国审小麦新品种扬麦 20 的选育与高产栽培技术[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):90–91,187.

[8]丁锦峰,黄正金,袁　毅,等. 稻 – 麦轮作下 9 000 kg/hm^2 产量水平扬麦 20 的群体质量及花后光合特征[J]. 作物学报,2015,41(7):1086–1097.

[9] 李　玲,马　骏,远　晓,等. 不同播期播量对扬麦 23 生育期及农艺性状的影响[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(2):30–32.

[10] 倪艳云,陆佩玲,闵思桂,等. 连阴雨天气条件下小麦迟播抗灾栽培策略调整及成效[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(6):38–43.

[11] 程顺和,郭文善,王龙俊,等. 中国南方小麦[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2012.

[12] 曹梦娇,周森雅,王晔青,等. 防除小麦田禾本科杂草的除草剂评析[J]. 中国植保导刊,2022,42(12).69–73,76.

[13] 张春容,史良俊,陈志远,等. 35%氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂防治小麦田杂草效果[J]. 植物医生,2018,31(9):50–54.

[14] 高德荣,张　晓,康建鹏,等. 长江中下游麦区小麦迟播的不利影响及育种对策[J]. 麦类作物学报,2014,34(2):279–283.

Breeding and Supporting Cultivation Techniques of Wheat Variety Yangmai 28 with High Yield and High Quality

CHU Zhenghu[1], LIU Xiaobin[1,2], ZHU Junkai[1], ZHANG Yanqiong[1], LIU Jian[2]

(1. Jiangsu Kingearth Seed Co., Ltd., Yangzhou 225007, China;

2. Institute of Agricultural Sciences for Lixiahe Region in Jiangsu, Yangzhou 225007, China)

Abstract: Yangmai 28 is a high-yield, disease resistant, and high-quality national approved wheat variety jointly developed by Jiangsu Kingearth Seed Co., Ltd. and Jiangsu Lixiahe Area Institute of Agricultural Sciences, with moderate resistance to *Fusarium* head blight and moderate susceptibility to powdery mildew. The sheath blight is relatively mild. In production trials, the yield was 448.3 kg/667 m^2, an increase of 6.9% compared to the control Yangmai 20, and the highest achieved yield was 715.8 kg/667 m^2. It has high white flour, high flour yield, good grain marketability, and high-quality medium gluten, which is popular among flour mills and grain storage enterprises. In the process of application and promotion, attention should be paid to the matching of good seeds and cultivation methods, achieving timely sowing, improving sowing quality, timely and moderate suppression, reasonable chemical control, and prevention and control of diseases, pests and weeds.

Key Words: Yangmai 28; Characteristics; High-yield creation; Fine varieties combining with suitable cultivation

熊建云,李　建,王定开,等. 香软型杂交稻宜优 811 的选育与应用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):47-49. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.008.

香软型杂交稻宜优 811 的选育与应用

熊建云,李　建,王定开,王天明,王文鑫,魏康碧,李　云*
(文山壮族苗族自治州农业科学院,云南 文山 663099)

摘要: 宜优 811 是文山壮族苗族自治州农业科学院用自育的香软型恢复系文宝恢 811 与宜宾市农业科学院选育的宜香 1A 组配育成的三系杂交水稻品种。于 2019 年通过云南省作物品种委员会审定(审定号:滇审稻 2019012 号)。该品种经农业农村部农产品质量监督检验测试中心(杭州)检测,直链淀粉质量分数为 15.2%,胶稠度 82 mm,具有香味,具有云南省香软米的特性。

关键词: 香软型杂交稻;八宝米;宜优 811
中图分类号: S511　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1673-6486-20240065

水稻是云南省的主要粮食作物[1],软米是云南特有的籼型优质米和云南稻米的精华[2-3]。其中,文山州八宝米是云南省久享盛名的优质软米,位居云南"六大名米"之首,已有近 700 年种植历史[4],播种面积 0.93 万 hm^2[5]。近年来,文山州八宝米的知名度和市场认可度得到提高,种植面积也随之增加,但因品种退化问题导致的产业短板也十分明显,原有当家品种由于种植年限过长,抗性减弱、种质退化、产量偏低、无替代品种等问题极为突出,其次新育品种市场认可度低。要补齐短板和解决问题,加强八宝米种质资源保护和研发,选育产量高、米质优、适口性好的新品种是关键。文山壮族苗族自治州农业科学院选育的恢复系文宝恢 811 具有云南香软米的特点。宜优 811 是 2012 年文山壮族苗族自治州农业科学院利用四川省宜宾市农业科学院育成的不育系宜香 1A 与自育的恢复系文宝恢 811 组配的中籼迟熟杂交稻新组合,于 2019 年通过云南省作物品种委员会审定(审定号:滇审稻 2019012 号)。

收稿日期:2024-07-11;修回日期:2024-10-29。
基金项目:云南省科技攻关计划 - 水稻杂种优势利用及新品种培育项目(202402AEA090010);云南省科协程式华专家工作站[云科协函(2022)46 号];云南农业种业成果集成创新与转化示范项目(20235AR340003)。
作者简介:熊建云(1989—),男,硕士,农艺师,主要从事水稻遗传育种与绿色高效栽培技术研究。Email: 874730250@qq.com。
* 通信作者:李　云(1970—),女,硕士,研究员,主要从事水稻遗传育种与技术推广。Email: nashxiong@qq.com。

1　宜优 811 选育经过

1.1　不育系宜香 1A 的来源

宜香 1A 是四川省宜宾市农业科学院以 N542 为母本、D44B 为父本杂交,再以 D44A 为母本进行转育,经过多年连续成对回交,直至 F_1B_7 代选育而成的高品质高配合力三系不育系,于 2000 年通过四川省技术鉴定。

1.2　父本文宝恢 811 选育过程

恢复系文宝恢 811 是文山壮族苗族自治州农业科学院八宝米课题用自育的文稻 10 号与不育系安丰 A 测配,从 F_2 开始采用系统选育、南繁加代育成的同质恢复系。2007 年冬在三亚用文稻 10 号与安丰 A 测配;2008 年夏在文山种植 F_1 组合,结实好、品质优,并选留 36 个单株;2008 年冬在三亚种植 F_2 代并按单株混收;2009—2012 年正季和冬季分别在文山和三亚种植选择和加代 F_3—F_9 代,2012 年夏在文山种植的 F_9 代中选株型好、抗病性强、品质优的 9 个单株与内香 2A、京福 4A、五丰 A、早 A、德 074A 等不育系进行恢复力、配合力鉴定,2012 年冬在三亚鉴定 45 个 F_1 组合,选择结实正常的 13 个组合于 2013 年夏在文山进行比较试验,结果表明 20881-1 株系恢复力、配合力、抗性、品质及主要性状综合表现最佳,定名为文宝恢 811。

1.3　杂交组合宜优 811 的选育过程

宜优 811 是文山壮族苗族自治州农业科学院于 2012 年以自主选育而成的文宝恢 811 作为父本,与宜宾市农业科学院选育的高配合力不育系宜香 1A 组配成功的香型软米杂交稻新组合。宜优 811 具体选育过程见图 1。

2012 年　宜香 1A × 文宝恢 811
↓
2012 年冬—2013 年　宜优 811　新组合鉴定、比较试验
↓
2014—2016 年　宜优 811　多点品比试验
↓
2017 年　宜优 811　参加云南省杂交籼稻联合体区域试验
↓
2018 年　宜优 811　参加云南省杂交籼稻联合体区域试验和生产试验
↓
2019 年　宜优 811　通过云南省审定(审定编号:滇审稻 2019012 号)

图 1　宜优 811 的选育过程

2　宜优 811 及亲本特征特性与产量表现

2.1　恢复系文宝恢 811 特征特性

文宝恢 811 株型紧凑,平均株高 112 cm,主茎叶片数 16 片,上 3 叶直立,剑叶中长,叶宽中等、厚实,叶色深绿,叶鞘、叶耳、叶枕、柱头、叶缘、颖尖无色、有短芒。生育期 160 d,平均有效穗数 17 万穗 /667 m^2,穗长 26.42 cm,穗粒数 174 粒 / 穗,结实率 91%,千粒质量 27 g;谷粒淡黄色、细长型、谷粒有短芒,谷粒长 8.2 mm,长宽比 3.4∶1.0;茎秆粗壮,分蘖强;后前转色较好,落粒性强。直链淀粉质量分数 10.9%,具有香味。

2.2　不育系宜香 1A 特征特性

宜香 1A 属中籼中熟类型,播始历期 90 ~ 102 d,包茎粒率较低，对赤霉素较敏感。柱头外露率 62.07%,双外露率 29.22%,花时早,异化习性好。株高 80 ~ 90 cm,主茎叶片数 14.0 ~ 15.0 叶。分蘖力较强,单株有效分蘖 12 个左右。株型挺拔,剑叶较长,叶片较窄直立,叶色浓绿,叶鞘、柱头和颖尖为无色。谷粒长宽比 3.2∶1.0,穗平均着粒数 120 ~ 130 粒,千粒质量 30.5 g 左右,穗长 24.3 ~ 28.5 cm。

2.3　宜优 811 特征特性

宜优 811 属籼型三系杂交水稻,全生育期 157.5 d,株高 109.75 cm,株型适中,熟期转色好。穗长27.75 cm,穗总粒数 188.1 粒,穗实粒数 152 粒,结实率 81.6%,千粒质量 30.75 g,有效穗数 16.85 万穗 /667 m^2，成穗率 76.55%，落粒性中等。2017 年米质检测：宜优 811 糙米率 82.1%，精米率 74.3%,整精米率 65.3%,粒长 7.2 mm,长宽比 3.1∶1.0,垩白粒率 24%，垩白度 4.7%，直链淀粉质量分数 15.2%,胶稠度 82 mm,碱消值 5.1 级,透明度 1 级,达到农业农村部食用稻品种品质优质 3 级标准。米粒细长透明,米饭清香柔软。宜优 811 感稻瘟病(7.0 级),穗瘟损失率级数 7.0,综合抗性指数 5.75，高抗白叶枯病(1.0 级),高抗纹枯病(1.0 级),高抗稻曲病(1.0 级)。

2.4　产量表现

2017 年宜优 811 平均产量 738.70 kg/667 m^2,比对照增产 1.6%，增产点次 70%。试点无重病记载。2018 年宜优 811 平均产量 701.23 kg/667 m^2,比对照减产 0.69%,增产点率 50%。试点无重病记载。宜优 811 2 年平均产量 719.97 kg/667 m^2，比对照增产 0.45%，增产点率 60%。2018 年生产试验平均产量 719.53 kg/667 m^2,比对照增产 3.11%,增产点率 83%。

3　宜优 811 栽培技术要点

3.1　适时播种,培育壮秧

宜优 811 适宜在云南省海拔 1 500 m 以下的籼稻区作为优质迟熟中稻种植,根据当地的生产习惯可以选择湿润育秧和旱育秧，控制杂草和培育壮秧。一般播种时间为 4 月中上旬。移栽田的用种量一般为 15 kg/hm^2,秧龄为 35 ~ 40 d 为宜,以便于培育不少于 3 个 / 苗的分蘖。

3.2　合理施肥,合理密植

一般云南 1 500 m 以下的籼稻种植区，小春季作物大多为蔬菜、鲜食玉米等,到水稻种植时一般肥力较好,施基肥宜适量,一般为移栽前 2 d 施用复合肥（N、P_2O_5、K_2O 质量分数均为 15%）300 kg/hm^2 作底肥,移栽后 10 d 左右追施尿素 50 kg/hm^2。

云南雨热同季,5—10 月气温较高,雨水较多,降水量约占全年降水量的 85%[6],极易诱发水稻稻瘟病

和纹枯病,移栽密度不宜过大,应控制在 22 万穴 /hm² 左右,即移栽的株、行距分别控制在 16.7、26.7 cm 左右,单苗插植,同时增加田间通风条件,从而减少纹枯病的危害。

3.3 科学管水

采取浅水栽插、寸水活棵、薄水分蘖的方法进行初期的管理,待最高分蘖时露晒田,抽穗扬花期保持 1 ~ 2 cm 浅水层, 灌浆期间保持田面干干湿湿至黄熟期,收获前 7 ~ 10 d 断水[7]。

4 宜优 811 制种技术要点

4.1 选好隔离制种田

选择在隔离条件好、海拔低于 1 300 m 的云南籼稻区、交通便利的田块制种。恢复系文宝恢 811 在 4 月上旬播种,播种—抽穗期 105 d 左右。不育系宜香 1A 播始历期 90 d 左右。父本分 2 期播种,间隔 5 d 为宜,母本比第 1 期父本迟播 25 d。父本培育带蘖壮秧,秧龄为 35 ~ 40 d,母本生育期短,秧龄 25 ~ 30 d。

4.2 合理密植,科学管田

恢复系与不育系行比 2 ∶ 8 为宜,行间距 26.7 cm,株距 20.0 cm,第 1 期父本 1 行,母本 4 行;第2 期父本 1 行,母本 4 行以此交替进行。每穴 1苗,易于除杂。肥水管理与生产大田管理相近。在母本破口 10% ~ 20%时开始喷施赤霉素,先父本喷施 1 次,用量为 15 g/hm²;间隔 1 d 父母本同时喷施,用量为 300 g/hm²;次日再同时喷施 120 g/hm²。等到母本抽齐后再喷施 1 次赤霉素,用量为 30 g/hm²,用于提高不育系柱头活力[8]。赶粉时需保持 5 ~ 10 cm 的水层,可提高制种产量。后期注意纹枯病、稻瘟病的防治。

4.3 严格去杂,及时收获

制种秧田宜选用小春季种植蔬菜或者玉米的田块,既能减少病虫害的发生,又能防止落地谷。抽穗赶粉前要严格去除杂株,赶粉结束后及时割除父本。

参考文献:

[1] 黄　洁,杨　帆. 云南省稻米行业现状及展望[J]. 农村实用技术,2017(9):19-20,23.

[2] 曾亚文,申时全,徐绍忠,等. 云南软米低直链淀粉含量及其相关性状遗传分析[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(1):12-16.

[3] 曾亚文,李自超,申时全,等. 云南地方稻种的多样性及优异种质研究[J]. 中国水稻科学,2001,15(3):169-174.

[4] 辛　彦. 加快高原特色八宝贡米产业发展的几点思考[J]. 文山学院学报,2017,30(6):66-71.

[5] 张　莉,邓金玉,罗　萍,等. 化肥减量增效技术对八宝米品质及产量的影响[J]. 云南农业,2020(6):74-75.

[6] 浦吉存,黄中艳,高　敏. 云南气候特征与主要经济作物种植适宜性的关系[J]. 气象研究与应用,2021,42(1):53-57.

[7] 吴子帅,麻东进,李　虎,等. 香型优质常规稻品种‘广粮香 2 号’的选育与应用[J]. 中国农学通报,2022,38(36):6-11.

[8] 夏法刚,官华忠,潘　明,等. 三系紫色杂交水稻新组合农紫优 1131 的选育与应用[J]. 杂交水稻,2024,39(3):86-88.

Breeding and Application of Aromatic Soft Hybrid Rice Variety Yiyou 811

XIONG Jianyun, LI Jian, WANG Dingkai, WANG Tianming, WANG Wenxin, WEI Kangbi, LI Yun

(Academy of Agricultural Sciences of Wenshan Zhuang and Miao Autonomous Prefecture, Wenshan 663099, China)

Abstract: Yiyou 811 was a three-line hybrid rice variety derived from the cross of the aromatic soft restorer Wenbaohui 811 bred by Academy of Agricultural Sciences of Wenshan Zhuang and Miao Autonomous Prefecture and the male sterile line Yixiang 1A bred by Yibin Academy of Agricultural Sciences. In 2019, it was approved by Yunnan Provincial Crop Variety Committee (Approval number: Dianshendao 2019012). The variety has been tested by Agricultural Product Quality Supervision and Inspection Test Center (Hangzhou), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, with the amylose mass fraction of 15.2% and the glue consistency of 82 mm. It has fragrance, and has the characteristics of fragrant soft rice in Yunnan.

Key Words: Fragrant and soft hybrid rice; Babao rice; Yiyou 811

邢运高,刘　艳,卢百关,等. 优质中抗稻瘟病粳稻新品种连粳 317 的选育及特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):50-53. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.009.

优质中抗稻瘟病粳稻新品种连粳 317 的选育及特征特性

邢运高,刘　艳,卢百关,徐　波,孙志广,王德荣,徐大勇,王宝祥 *
(连云港市农业科学院,江苏 连云港 222006)

摘要: 连粳 317 是连云港市农业科学院通过抗稻瘟病基因分子标记辅助选择聚合 *Pi-ta*、*Pi-2* 基因和优质食味评价相结合培育出的优质抗稻瘟病粳稻新品种。该品种早熟,比对照徐稻 3 号早熟 1.5 d;抗病性强,稻瘟病抗性综合指数 2 年分别为 3.7、3.4,中抗稻瘟病;株型半紧凑,株高 99.5 cm,抗倒性较强。2021 年通过国家品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20210388)。总结了连粳 317 的选育经过、主要特征特性以及在黄淮海地区高产优质栽培技术要点,以期为该品种的推广应用提供参考。

关键词: 优质粳稻;连粳 317;选育;特征特性;栽培技术
中图分类号: S511　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1673-6486-20240076

近年来,随着人们收入的增长,消费者对优质、健康、营养性稻米的需求越来越迫切。同时稻瘟病的大面积发生,不仅影响水稻的产量而且影响稻米的品质,威胁我国主粮的食品安全。聚合抗稻瘟病基因是提升水稻新品种抗性的有效手段之一,目前已有 28 个抗性基因被成功克隆[1],为基因聚合育种提供了基因资源。目前生产上高产、优质和抗病协调的水稻新品种还不多[2]。鉴于此,连云港市农业科学院水稻研究室通过聚合产量、品质以及抗稻瘟病基因,以期选育出高产、优质、抗病三者相协调的水稻新品种。

连粳 317,参试名称连粳 17317,是连云港市农业科学院以携带 *Pi-2*、*Pi-ta* 基因的中间品系连粳 08JD356 为母本,与高产型品种扬 9709 杂交选育出的优质中抗稻瘟病水稻新品种。2018—2019 年推荐参加国家黄淮粳稻区域试验,由于产量、抗性表现突出,2019 年同步参加国家黄淮粳稻区域生产试验。该品种早熟、优质、高产、中抗稻瘟病,适合在黄淮海稻区作直播或者机插种植。本文介绍了连粳 317 的选育经过、主要的特征特性以及优质高产栽培技术。

1　连粳 317 选育过程

连粳 317 于海南岛配组,2012 年春天在海南三亚(109°60′ E、18°29′ N)以携带 *Pi-2*、*Pi-ta* 基因连粳 08JD356 (连云港市农业科学院育成的中间品系)为母本,与高产水稻品系扬 9709 为父本杂交,收获杂交种子 12 粒。2012 年正季在连云港、2013 年春季在海南岛直播加代,2013 年正季种植在连云港市农业科学院赣榆新品种选育基地(119°06′ E、34°80′ N),选育单株 35 株,此后经过南繁北育以及 *Pi-2*、*Pi-ta* 基因分子标记检测,最终在 2017 年育成优质中抗稻瘟病水稻新品系连粳 17317。2018 年推荐参加国家黄淮粳稻区域试验,2019 年破格参加国家黄淮粳稻生产试验,2021 年通过国家农作物品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20210388),定名为连粳 317(图 1)。

2　连粳 317 主要特征特性

2.1　群体结构协调

根据国家区域试验 2 年平均结果(表 1),连粳 317 全生育期 153.5 d,比 CK 短 1.5 d,表现出早熟特性。平均株高 99.5 cm,株高适中。有效穗数 22.1 万个 /667 m^2,总粒数 150.8 粒 / 穗,结实率 86.7%,千粒质量 24.7 g,表现出分蘖能力强、穗型大等特点。

收稿日期:2024-08-05;修回日期:2024-11-05。
基金项目:江苏现代种业振兴"揭榜挂帅"项目[JBGS(2021)043];江苏省现代农业面上项目(BE2023321);连云港市财政专项(QNJJ2214、QNJJ2412);连云港市"521 工程"资助项目(LYG065212024103)。
作者简介:邢运高(1988—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻新品种选育与示范推广工作。Email: 1009965234@qq.com。
* 通信作者:王宝祥(1981—),男,博士,研究员,主要从事水稻遗传育种与示范推广工作。Email: wbxrice@163.com。

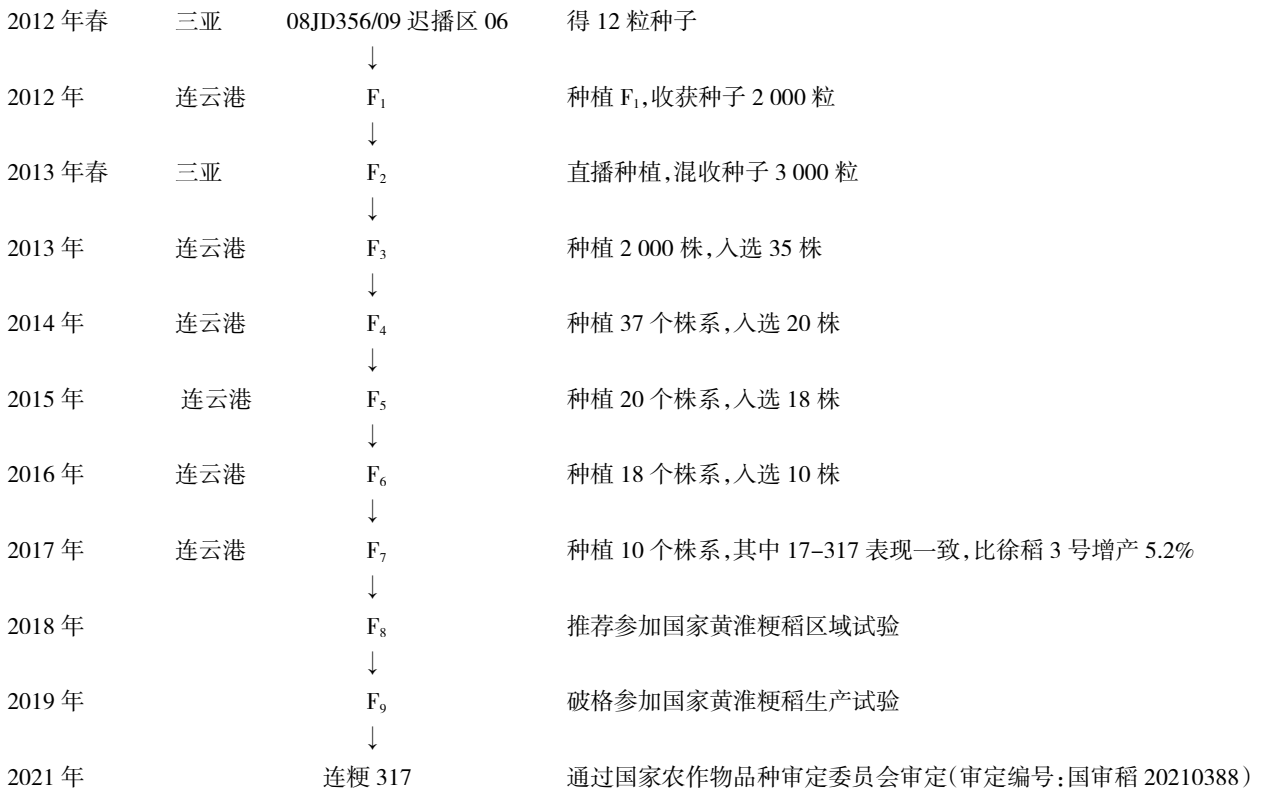


图 1　连粳 317 选育系谱

2.2　产量水平高

由表 1 可知，连粳 317 产量水平高、总颖花量大是该品种高产的原因之一。该品种参加 2018 年国家黄淮粳稻区域试验，平均产量为 634.01 kg/667 m^2，比 CK 增产 5.76%，增产点比例为 100%；2019 年续试，平均产量 693.05 kg/667 m^2，比 CK 增产 6.12%，增产点比例为 100%；2019 年生产试验平均产量为 707.50 kg/667 m^2，比 CK 增产 5.96%。试验周期内连粳 317 增产都在 5.70%以上，表现出高产、稳产特性。

表 1　连粳 317 主要农艺与产量性状

试验组别		株高 / cm	有效穗数 /（万个 /667 m^2）	穗长 / cm	穗粒数 /（粒 / 穗）	结实率 / %	千粒质量 / g	全生育期 /d	产量 /（kg/667 m^2）	较对照增产 /%	增产点比例 /%
区域试验	2018 年	98.7	21.7	16.6	158.8	85.8	24.4	154.8	634.01	5.76	100
	2019 年	100.2	22.5	16.1	142.8	87.6	25.0	152.2	693.05	6.12	100
	平均	99.5	22.1	16.4	150.8	86.7	24.7	153.5	663.53	5.94	100
生产试验	2019 年	—	—	—	—	—	—	154.9	707.50	5.96	100

2.3　中抗稻瘟病

根据病害鉴定结果（表 2），连粳 317 在 2018 年穗颈瘟损失率最高级为 3 级，综合抗性指数 3.7，对照徐稻 3 号的穗颈瘟损失率最高级为 5 级，综合抗性指数 4.8。连粳 317 在 2019 年穗颈瘟损失率最高级为 3 级，综合抗性指数 3.4，对照徐稻 3 号的穗颈瘟损失率最高级为 5 级，综合抗性指数 4.8。2 年抗性鉴定结果均达到了中抗水平，对照徐稻 3 号 2 年均为中感，表明连粳 317 稻瘟病抗性能力较好。条纹叶枯病的抗性为 5 级，中感条纹叶枯病。

2.4　品质优

根据农业农村部食品质量监督检验测试中心（武汉）检测结果表明（表 3），连粳 317 的品质指标达部标优质 3 级标准，其中精米率 72.6%，整精米率 68.9%，垩白度 4.6%，直链淀粉质量分数 14.6%。

表 2　连粳 317 病害鉴定结果

年份	品种	稻瘟病		稻瘟病抗性评价	条纹叶枯病 / 级
		综合指数	损失率最高级 / 级		
2018	连粳 317	3.7	3	MR	5
	徐稻 3 号(CK)	4.8	5	MS	5
2019	连粳 317	3.4	3	MR	5
	徐稻 3 号(CK)	4.8	5	MS	5

注：水稻稻瘟病抗性综合指数分级标准：0 级(HR)，综合指数 < 0.1；1 级(R)，综合指数 0.1 ~ 2.0；3 级(MR)，综合指数 2.1 ~ 4.0；5 级(MS)，综合指数 4.1 ~ 6.0；7 级(S)，综合指数 6.1 ~ 7.5；9 级(HS)，综合指数 7.6 ~ 9.0。水稻穗颈瘟损失指数群体抗性分级标准：0 级，无病；1 级，病穗损失率低于 5.0%；3 级，病穗损失率达到 5.1% ~ 15.0%；5 级，病穗损失率达到 15.1% ~ 30.0%；7 级，病穗损失率达到 30.1% ~ 50.0%；9 级，病穗损失率达到 50.1% ~ 100.0%。条纹叶枯病抗性分级标准：0 级，发病率为 0；1 级，发病率为 0.01% ~ 5.09%；3 级，发病率为 5.10% ~ 15.09%；5 级，发病率为 15.10% ~ 30.09%；7 级，发病率为 30.10% ~ 50.09%；9 级，发病率≥50.10%。

表 3　连粳 317 区域试验稻米品质检测结果

参试年度	糙米率 / %	精米率 / %	整精米率 / %	粒长 / mm	长宽比	垩白粒率 /%	垩白度 / %	直链淀粉质量分数 /%	胶稠度 / mm	碱消值 / 级	透明度 / 级	部标（等级）
2018	83.7	72.6	68.9	5.1	2.0	18.0	4.6	14.6	67	6.3	1	优 3
2019	83.7	75.1	70.6	5.1	1.9	22.3	5.2	16.1	55	7.0	1	普通
平均	83.7	72.6	68.9	5.1	2.0	18.0	4.6	14.6	67	6.3	1	优 3

3　连粳 317 栽培技术要点

连粳 317 适合在黄淮海地区种植。2022—2023 年东海县、新沂市、泗阳县等地示范结果表明，连粳 317 适应机插、直播等多种轻简化种植方式。连粳 317 具有分蘖能力强、株叶形态好、株高适中、穗型大、抗倒能力强等特点，高产栽培上要求确保大穗的同时增加有效穗数，达到最大颖花量，从而达到高产。

3.1　适期播种与培育壮秧

人工栽秧一般在 5 月上中旬落谷，秧地水育秧的播种量为 25 ~ 30 kg/667 m^2，旱育秧的播种量为 35 ~ 40 kg/667 m^2。机插秧一般在 5 月下旬至 6 月上旬落谷，秧盘准备 25 个 /667 m^2，每盘播种量不超 120 g/667 m^2。直播以 7.5 ~ 10.0 kg/667 m^2 为宜。施足底肥，移栽前 5 d 及时施“送嫁肥”[2]。湿润育秧秧龄以 35 d 左右为宜。机插秧秧龄控制在 20 d 左右为宜。

3.2　适时移栽

连粳 317 能早生快发，抗倒性好。人工移栽栽插密度 2.0 万 ~ 2.2 万穴 /667 m^2，每穴 2 ~ 3 株；机插秧 6月中下旬移栽，栽插密度 1.8 万 ~ 2.0 万穴 /667 m^2，每穴 3 ~ 4 株；直播稻 6 月中上旬直播，基本苗 8 万株 /667 m^2 左右。

3.3　统筹肥水管理

连粳 317 大面积生产上大田总用肥量折合纯 N 20 kg/667 m^2，P_2O_5 10 ~ 12 kg/667 m^2，KCl 12 ~ 15 kg/667 m^2，有机肥 150 ~ 200 kg/667 m^2。氮肥按基肥、分蘖肥、穗肥的质量比为 4 ∶ 3 ∶ 3 施用。磷肥以一次基肥施用；钾肥分基肥和促花肥等量施用。有机肥当作基肥一次性基施。水浆管理上注意浅水栽插，寸水活棵，薄水分蘖，总苗数达到预期穗数 80%后排水搁田，高峰苗数控制在有效穗数的 1.3 ~ 1.5 倍。如搁田期遇阴雨，开挖田间排水沟，多次轻搁，控制无效分蘖发生。

3.4　综合防治病虫草害

播种前要做到晒种并浸种防治种传病虫害，利用杀螟·乙蒜素、氟啶·戊·杀螟、氰烯·杀螟丹等药剂浸种预防恶苗病和干尖线虫病等[4]；移栽前，大田要做好封闭，减少杂草危害，返青期要及时补杀杂草。中后期要及时防治稻纵卷叶螟、稻飞虱、二化螟

以及纹枯病、稻瘟病。由于连粳 317 的穗型较大，后期还应注意稻曲病的防治。

4　小结

黄淮海稻区是我国南方主要的粳稻生产区，约占南方粳稻面积的 1/2，稻瘟病一直是该稻区最主要的病害之一。前期研究表明，*Pi-2*、*Pi-ta* 基因组合在该稻区有较大的利用价值[5]。分子标记辅助选择已成为一项常规技术手段辅助育种家选育新品种。本课题组通过对这 2 个基因的有效检测，最终育成中抗稻瘟病水稻新品种连粳 317。

参考文献：

[1] 李伟滔,朱紫薇,尹俊杰,等. 水稻“抗癌”新因子 *bsr-d1*[J]. 自然杂志,2018,40(2):131-135.
[2] 许　明. 江苏省优质水稻品种应用现状、存在问题及发展对策[J]. 中国稻米,2020,26(4):57-60.
[3] 徐　波,邢运高,孙志广,等. 高产水稻新品种连粳 22 号[J]. 中国种业,2021(11):128-129.
[4] 陈培红,朱祥林,杨本香,等. 新型水稻浸种剂对恶苗病及干尖线虫病的防治效果[J]. 江西农业学报,2014,26(7):45-49,54.
[5] 王　军,杨　杰,杨金欢,等. *Pi-ta*、*Pi-b* 基因在江苏粳稻穗颈瘟抗性育种中的价值分析[J]. 华北农学报,2012,27(6):141-145.

Breeding and Characteristics of New High-quality Geng Rice Variety Liangeng 317 with Moderate Resistance to Rice Blast Disease

XING Yungao, LIU Yan, LU Baiguan, XU Bo, SUN Zhiguang, WANG Derong, XU Dayong, WANG Baoxiang
(Lianyungang Academy of Agricultural Sciences, Lianyungang 222006, China)

Abstract: Liangeng 317 is a high-quality and blast-resistant geng rice variety developed by Lianyungang Academy of Agricultural Sciences through molecular marker-assisted selection and aggregation of *Pi-ta* and *Pi-2* genes, as well as high-quality taste evaluation. This variety is early maturing, and 1.5 days earlier than the control Xudao No.3. It has strong disease resistance, with a comprehensive index of 3.7 and 3.4 for rice blast disease over two years, and moderate resistance to rice blast disease. The plant is semi compact, with a height of 99.5 cm and strong lodging resistance. It was approved by National Variety Approval Committee in 2021 (Approval number:Guoshendao 20210388). This article summarizes the breeding process, main characteristics, and key high-yield and high-quality cultivation techniques of Liangeng 317 in the Huang-Huai-Hai region, in order to provide reference for the promotion and application of this variety.

Key Words: High-quality geng rice; Liangeng 317; Breeding; Characteristics; Cultivation techniques

本刊常用计量单位符号简介

为执行国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》的规定，根据中华人民共和国“量和单位”系列国家标准（GB3100—1993、GB/T3101—1993 和 GB/T3102.1~3102.13—1993），现将本刊常用的计量单位符号介绍如下，希广大作者遵照执行。

时间：日(天)—d；表格中(月 / 日)应用(月 - 日)，如 2/30 应用 02-30；时—h；分—min；秒—s。质量：吨—t；公斤(千克)—kg；克—g；毫克—mg；微克—μg；纳克—ng。体积：升—L；毫升—mL；微升—μL。浓度：通常指物质的量浓度，克分子浓度(M)废用，改为 mol/L；当量浓度(N)废用，换算成相应的 mol/L；质量浓度单位为 kg/L；质量摩尔浓度单位为 mol/kg；ppm 换算为相应的 mg/kg（质量分数）、μL/L（体积分数）、μmol/mol（摩尔分数）等。面积：亩—667 m^2，万亩换算为万 hm^2 等。

臧　慧,陈俊国,钟俊辉,等. 优质高产啤麦新品种苏啤 12 号的选育及高产栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):54-57,68. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.010.

优质高产啤麦新品种苏啤 12 号的选育及高产栽培技术

臧　慧[1],陈俊国[2],钟俊辉[3],张英虎[1],杨红燕[1],孙　洁[2],徐　肖[1],李庆良[2],梁志浩[1],
程怡璠[1],汪　强[1],薛　松[1],于文青[1],郭爱奎[1],李宇星[1],汪　琦[1],沈会权[1*]
[1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224002;2. 兴化市大营镇农村工作和建设办公室,江苏 兴化 225767;
3. 华润啤酒(控股)有限公司,北京 东城 100005]

摘要:为满足啤酒大麦生产和市场的需求,江苏沿海地区农业科学研究所育成了优质高产的啤酒大麦新品种——苏啤 12 号。经鉴定,苏啤 12 号高抗大麦黄花叶病,其籽粒蛋白质含量(质量分数)12.1%,麦芽浸出率 80.0%,糖化力(WK)270.0,α-氨基氮质量分数 1.67 g/kg,库尔巴哈值 42.2%。苏啤 12 号于 2021 年取得国家植物新品种权证书(品种权号为 CNA20173435.6)。该品种适宜在江苏和湖北等地区推广种植,种植时应结合配套栽培技术以实现优质高产。

关键词:啤酒大麦;选育;苏啤 12 号;品种特性;高产栽培
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240077

在世界谷类作物中,大麦播种面积总和在玉米、小麦、水稻之后,位居第 4 位[1]。大麦是酿造啤酒和饲料的主要原料,我国尤其对啤酒大麦原料的需求日益剧增,进口量一直维持在需求总量的 50%~60%,导致我国啤酒工业过度依赖进口原料[2-4]。江苏是全国最大啤酒大麦原料生产基地,啤酒大麦品种的改良一直受到广大育种工作者的重视[5]。为进一步提高江苏啤酒大麦的产量与品质,江苏沿海地区农业科学研究所(以下简称沿海所)选育出啤酒大麦新品种——苏啤 12 号,该品种综合农艺性状较佳,籽粒外观品质较好,高抗大麦黄花叶病。苏啤 12 号已取得非主要农作物品种登记证书[GDP 大麦(青稞)(2023)320028],适宜在长江中下游冬大麦区江苏、湖北秋季种植。

1　苏啤 12 号选育过程

苏啤 12 号以扬农啤 5 号为父本,以盐 96139(沿海所高代材料,组合为:沪 93-043/ 单二 // 沪 93-043)大麦作母本进行人工杂交配组,经过 8 年连续选择,2016 年定型稳定,编号为盐 05170,定名为苏啤 12 号。

1.1　母本系谱图

苏啤 12 号母本系谱如图 1 所示。

沪 93-043 × 单二(1995 年)
↓
F_1 × 沪 93-043 ♂ (1996 年)
↓
BC_1F_1(1996 年)
↓
BC_1F_2(1997 年,从 4 000 株中选 28 株)
↓
BC_1F_3(1998 年,从 28 个株行中选 26 个单株)
↓
BC_1F_4(1999 年,从 26 个株行中选 20 个单株)
↓
BC_1F_5(2000 年,从 20 个株行中选 12 个单株)
↓
BC_1F_6(2001 年,从 12 个株行中选 1 个株行)
↓
盐 96139

图 1　苏啤 12 号母本系谱图

1.2　苏啤 12 号的育种过程

2005 年 4 月:配制盐 96139 × 扬农啤 5 号杂交

收稿日期:2024-08-05;修回日期:2024-11-19。
基金项目:国产啤麦品质提升及种植生产保障体系研究;江苏省科技计划现代农业—后补助项目(BE2021394);国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05-05B);盐城市科技基础研究计划(YCBK2023023)。
作者简介:臧　慧(1980—),女,硕士,副研究员,主要从事大麦遗传育种工作。Email: 843003021@qq.com。
* 通信作者:沈会权(1975—),男,研究员,主要从事大麦遗传育种工作。Email: jsycshq@163.com。

组合，组合编号为盐 05170（图 2）。

盐 96139 × 扬农啤 5 号（2005 年）
↓
F_1'（2005 年，编号为盐 05170）
↓
F_2'（2006 年，从 4 600 株中选 25 株）
↓
F_3'（2007 年，从 25 个株行中选 22 个单株）
↓
F_4'（2008 年，从 22 个株行中选 20 个单株）
↓
F_5'（2009 年，从 20 个株行中选 18 个单株）
↓
F_6'（2010 年，从 18 个株行中选 16 个单株）
↓
F_7'（2011 年，从 16 个株行中选 10 个单株）
↓
F_8'（2012 年，从 10 个株行中选 1 个株行）
↓
2013 年，进入新品系鉴定试验
↓
盐 05170（2014 年，继续参加新品系鉴定试验，表现较好）
↓
盐 05170（2015 年，参加新品系比较试验，表现较好），定名苏啤 12 号

图 2　苏啤 12 号系谱图

2005 年 10 月底：种植杂交组合 F_1'。

2006 年 10 月底：F_2' 种植，后在 4 600 多株的群体中选拔优良单株 35 株。经室内考种后，淘汰 10 株，保留 25 株。

2007 年 10 月底：将 2016 年保留种子种植成株行，形成 F_3' 群体，以扬农啤 5 号为对照，选出 6 个株行，从每株行中选择 6 ~ 8 个单株。经室内考种后保留 22 个单株。

2008 年 10 月底：将 2017 年保留种子种植成株行，形成 F_4' 群体，保留该组合 20 个单株。

2009 年 10 月底：将 2008 年保留种子种植成株行，形成 F_5' 群体，保留该组合 18 个单株。

2010 年 10 月底：将 2009 年保留种子种植成株行，形成 F_6' 群体，保留该组合 16 个单株。

2011 年 10 月底：16 个单株继续种植成株行，形成 F_7' 群体，保留该组合 10 个单株。

2012 年 10 月底：10 个单株继续种植成株行，形成 F_8' 群体，其中 2 个株行表现较好，升级进入下年鉴定试验，其余淘汰。

2013 年 10 月底：升级的 2 个株行参加沿海所大麦新品系鉴定试验，编号分别为 J4 和 J22，参试新品系（种）30 个，小区面积 12 m^2，3 次重复，以扬农啤 5 号作对照，其中 J4（盐 05170）平均产量 516.3 kg/667 m^2，比对照增产 7.2%，达显著水平，居 30 个参试品系第 2 位。

2014 年 10 月底：2013 年 J4（盐 05170）继续参加沿海所大麦新品系鉴定试验，编号为 J15，参试新品系（种）30 个，小区面积 12 m^2，3 次重复，以扬农啤 5 号作对照，J15 平均产量 520.8 kg/667 m^2，比对照增产 6.9%，达显著水平，居第 1 位。

2015 年 10 月底：进入沿海所大麦新品系比较试验，参试新品系 13 个，小区面积 12 m^2，以扬农啤 5 号作对照，平均产量 468.3 kg/667 m^2，比对照增产 6.6%，居第 1 位，定名苏啤 12 号。

2　苏啤 12 号特征特性

2.1　生长习性佳

苏啤 12 号属半冬性二棱皮大麦，幼苗半直立到中间型，叶片细长，叶色绿，最低位叶无叶鞘绒毛；分蘖性较强，冬季抗寒性较好；叶片呈披垂型，蜡质中等，叶姿直立，叶色浅；旗叶叶耳绿，叶片卷曲度中等，旗叶叶片角度平展；成熟期熟相较好，全生育期为 200 d。苏啤 12 号成穗率较高，穗层整齐度较好，穗型较大，平均有效穗数为 53.6 万穗 /667 m^2，穗二棱、半直立，为闭颖开花类型，穗部腊质层厚度中等，纺锤型穗，平均穗长 6.9 cm；该品种株型较紧凑，株高 83.5 cm，每穗实粒数 28.2 粒，籽粒呈椭圆形，腹沟无绒毛，籽粒外附有不易脱落的颖壳，籽粒饱满度好，细皱纹多且密，腹沟较浅，千粒质量 41.02 g，籽粒较大，黄色。

2.2　丰产稳产性好

由表 1 可知，苏啤 12 号（盐 05170）于 2019—2020 年参加江苏省大麦多点鉴定试验，在参试的 6 个新品系中平均产量为 549.24 kg/667 m^2，表现较为突出，比对照扬农啤 5 号（496.46 kg/667 m^2）增产 10.63%。2020—2021 年苏啤 12 号（盐 05170）继续参加江苏省大麦多点鉴定试验，平均产量为 518.70 kg/667 m^2，比对照扬农啤 5 号（483.38 kg/667 m^2）增产 7.31%，2 年均达极显著水平。

表 1　苏啤 12 号多点鉴定试验产量性状

年份	试点	穗数 /（万穗 /667 m²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g	产量 /（kg/667 m²）	较 CK 增产%	产量位次
2019—2020	江苏沿江地区农业科学研究所	53.80	28.60	41.30	472.62	−7.55	6
	扬州大学实验农场	57.32	32.10	43.37	646.53	12.48	1
	江苏方强农场	59.00	27.63	39.40	606.36	7.67	1
	江苏沿海地区农业科学研究所	40.00	29.50	40.83	430.22	8.28	1
	江苏徐淮地区连云港农业科学研究所	50.30	27.50	37.20	514.97	8.80	2
	江苏临海农场	62.00	24.47	42.02	522.21	9.34	5
	江苏淖港农场	52.80	28.80	43.65	627.37	8.40	2
	江苏五图河农场	42.68	26.93	40.39	573.62	26.98	2
	平均	52.24	28.19	41.02	549.24	9.30	2
2020—2021	江苏沿江地区农业科学研究所	58.70	29.20	39.74	399.64	2.14	2
	扬州大学实验农场	51.80	26.30	41.18	483.25	3.68	4
	江苏方强农场	62.30	27.80	40.13	558.19	3.89	4
	江苏沿海地区农业科学研究所	51.10	30.60	32.80	450.42	6.82	2
	江苏徐淮地区连云港农业科学研究所	52.50	23.70	37.30	460.15	3.71	5
	江苏临海农场	65.60	25.00	42.18	594.00	14.08	1
	江苏淖港农场	51.70	25.90	43.97	579.23	4.27	3
	江苏五图河农场	36.80	28.60	38.20	588.00	21.26	8
	江苏滨淮农场	57.40	22.90	42.00	555.40	0.76	5
	平均	54.21	26.67	39.72	518.70	6.73	3

2.3　抗逆性强

经中国农业科学院植物保护研究所田间鉴定，苏啤 12 号高抗（HR）大麦黄花叶病，有较强的耐肥抗倒性。

3　苏啤 12 号栽培技术要点

3.1　种子处理

选用纯度 99%以上、净度 98%以上、发芽率 85%以上、粒大饱满的种子。播种前晒 1 ~ 2 d，每 100 kg 种子用 6%戊唑醇种衣剂 50 g 加 25%咪鲜胺乳油 20 mL 对水 2 kg 进行包衣处理。浸种催芽，待种子表层水份晾干后再播种，10 月底前浸 3 ~ 4 h，11 月 1—5 日浸 5 ~ 6 h，11 月 6—10 日浸 6 ~ 8 h，超晚播的根据温度确定浸种时间。预防大麦条纹病、网斑病、黑穗病等。

3.2　适期播种及合理密植

苏啤 12 号适宜早播，最佳播种期为 10 月 25—11 月 5 日。用种量与播种方式、播种质量、种子质量等有关。

适当提高播种密度，灌溉总渠以南基本苗 20 万株 /667 m²，灌溉总渠以北基本苗 30 万株 /667 m²（表 2）。11 月 5 日后播种的，每推迟 2 d，播种量增加 0.5 kg/667 m²，晚播最大基本苗不超过 50 万株 /667 m²。

播种量计算公式如下：

$$播种量=\frac{千粒质量(g)\times 基本苗数(万株/667\ m^2)}{种子净度(\%)\times 发芽率(\%)\times 田间出苗率(\%)\times 10^2}。$$

表 2　苏啤 12 号播种量

地区	基本苗数 /（万株 /667 m²）	播种量 /（kg/667 m²）
灌溉总渠以南	20	11 ~ 13
灌溉总渠以北	30	14 ~ 16

3.3　播种方式

施基肥后用条播机播种(行距 15 cm),机械播种或旋耕深度不宜超过 3 cm。

3.4　施肥

施肥按照以下原则进行:1)总氮量要控制,总施肥量要因区域、因地、因品种、因产量运筹,施氮总量控制在尿素 45 ~ 55 kg/667 m^2,其中基础地力好的田施尿素 45 kg/667 m^2,中等田施尿素 50 kg/667 m^2,较差田施尿素 55 kg/667 m^2;磷酸二铵控制在 17.5 kg/667 m^2,主要作基肥施用。2)氮肥重心稍后移,以增粒质量,防早衰,氮肥前后期比例为 8∶2,采取前重、中稳、后补的施肥策略。3)氮肥以基蘖肥为主,磷肥以基肥为主,钾肥以叶面喷肥为主。

3.4.1　基肥。施足基肥(占总氮量的 50%):适播大麦基肥施尿素 12.5 ~ 15.0 kg/667 m^2+ 磷酸二铵 15 kg/667 m^2;对于含磷量较低的田块,磷酸二铵用量可增加到 17.5 kg/667 m^2。

3.4.2　壮蘖肥。施好壮蘖肥(占总氮量的 20%左右);看苗情和茬口,适期施好壮蘖肥,促早发、争足穗。苏啤 12 号在适期播种前提下,3 ~ 4 叶期时可施尿素 12.5 ~ 15.0 kg/667 m^2;如迟播晚茬麦田,提前到 2.5 叶期追施,可促进低位分蘖早生快发。

3.4.3　平衡肥。越冬至返青期,对弱苗、黄苗、冻害重的田块,酌情施用返青平衡接力肥(占总氮质量的 15%),促进苗情转化,施尿素 7.5 ~ 10.0 kg/667 m^2;生长正常的麦苗要严格控肥,确保中期稳长,春后高峰茎蘖数应控制在 120 万个 /667 m^2 以内。

3.4.4　孕穗肥。适时施用拔节孕穗肥(包括叶面肥),占总氮量 15%左右;拔节肥使用上尽可能采用机械深施,减少面上撒施,提高肥料利用率。

3.4.5　叶面肥。在麦苗 4 叶 1 心后都可进行根外喷施叶面肥,增强麦苗的抗逆性,主要有芸苔素内酯 + 氨基酸水溶肥、磷酸二氢钾等。

3.5　化学调控

坚持苗期和生理拔节期化控,穗期根据苗情长势科学应变。

3.5.1　苗期化控。在冬前 3 ~ 5 叶期,用 25%多效唑 30 ~ 35 g/667 m^2 对水均匀喷雾。

3.5.2　拔节期化控。在春后返青至起身期用矮壮丰 60 ~ 70 mL/667 m^2 对水 15 kg 均匀喷雾。

3.5.3　始穗期化控。在始穗期对于成穗数超 80 万穗 /667 m^2 以上、预计有倒伏风险的田块,在见芒时用玉米健壮素 70 ~ 100 mL/667 m^2 对水均匀喷雾。

3.6　草害防治

播后苗前,每 667 m^2 用 50%异丙隆可湿性粉剂 150 g+10%苯磺隆可湿性粉剂 20 g 对水 50 kg 均匀喷雾,防除看麦娘、日本看麦娘、硬草、荠菜、猪殃殃、牛繁缕等单双子叶杂草。或返青后至拔节前用 20%使它隆(氯氟吡氧乙酸)乳油 50 mL/667 m^2 对水 30 kg 均匀喷雾。对单、双子叶混生田块,将上述防除单、双子叶杂草的除草剂混合使用,但药剂要现配现用。

3.7　病害防治

根据田间病害特点,选择药剂,适时适量防治。

3.7.1　白粉病的防治。当田间病叶率达到 20%,用 15%三唑酮乳油 40 mL/667 m^2 对水 50 kg/667 m^2 进行田间喷雾。

3.7.2　赤霉病的防治。大麦齐穗后,待 10% ~ 15%麦穗扬花时,可用 50%多菌灵可湿性粉剂 150 g/667 m^2 对水 50 kg/667 m^2 进行田间喷雾。如第一次用药后阴雨连绵,可隔 5 ~ 7 d 再用药 1 次。

3.8　虫害防治

3.8.1　蚜虫和麦圆蜘蛛的防治。出苗后至冬前应注意田间蚜虫、麦圆蜘蛛的危害,当发现有蚜穗率达 5% ~ 10%,或百穗蚜量达 500 头以上,用 45%毒死蜱 EC 40 ~ 50 mL/667 m^2 对水 50 kg/667 m^2 喷雾。

3.8.2　黏虫的防治。4 月底到 5 月初防治黏虫,当虫口密度达到 6 000 头 / 667 m^2 时,可用 45%“乐斯本”毒死蜱乳油 60 mL/667 m^2 加叶面肥对水 50 kg/667 m^2 喷雾。

3.9　适时收获

江苏沿海地区于 5 月下旬,大麦腊熟末期(有 40% ~ 50%的麦穗弯曲)时进行收割,收获后务必及时脱粒晒干,注意贮藏于通风干燥处,切不可堆捂。

参考文献:

[1] 赵加涛,刘猛道,杨向红,等. 高产优质啤酒大麦新品种保大麦 22 号的选育及栽培技术[J]. 农业科技通讯,2019(11):294–296.

[2] 程　燕. 基于产业链视角的中国啤酒大麦产业发展研究[D]. 北京:中国农业科学院,2013.

[3] 包奇军,潘永东,张　京等. 优质高产广适啤酒大麦新品种甘啤 8 号选育及栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2020,37(3):26–30,40.

[4] 杨红燕,徐　肖,栾海业,等 啤酒大麦新品种苏啤 8 号的选育及栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(1):60–62.

[5] 陈　和,许如根,王龙俊,等. 江苏啤酒大麦品种发展及其品质定位[J]. 江苏农业科学,2011,39(4):1–4.

(下转第 68 页)

张　彬,袁　璋,王　震,等. 小麦新品种宛麦 270 的丰产稳产性、抗病性及品质分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):58-62. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.011.

小麦新品种宛麦 270 的丰产稳产性、抗病性及品质分析

张　彬[1],袁　璋[1],王　震[1],石利朝[1],刘　瑞[1],李金秀[1],申坚定[1],简俊涛[1],李梦春[1],邹春雅[2],李金榜[1*]
(1.南阳市科学院,河南 南阳 473000;2. 镇平县农业技术推广中心,河南 镇平 474250)

摘要:为全面了解宛麦 270 的丰产性、稳产性、抗病性和品质等情况,依据 2019—2021 年度河南省区域试验和 2020—2021 年度生产试验数据,采用方差分析、变异系数法和高稳系数法对宛麦 270 的丰产性、稳产性、抗病性和品质进行分析。结果表明,宛麦 270 的平均产量为 7 145.6 kg/hm^2,比对照百农 207 增产 3.19%;宛麦 270 和百农 207 的平均高稳系数分别为 80.5%、75.8%,平均变异系数分别为 14.2%、16.7%;宛麦 270 表现出良好的丰产性和稳产性。2020 年和 2021 年,宛麦 270 分别被鉴定为中抗赤霉病和中感赤霉病。此外,宛麦 270 是中筋小麦品种,可以用于馒头、面条等食品的制作。

关键词:宛麦 270;丰产稳产性;抗病性;品质
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240079

小麦是全球贸易额最大、种植面积最大的口粮作物,也是主要的粮食储备作物,在社会经济发展中具有十分重要的地位[1]。河南省作为我国小麦生产的高产区、主产区,冬小麦常年种植面积在 560 万 hm^2 以上,面积和总产量均稳居全国第 1,该小麦种植区域的产量稳定性和可持续性事关我国粮食安全和社会稳定[2]。长期以来,为解决吃饱饭的问题,我国在小麦育种方面更加重视产量,但在小麦产量提高的同时,小麦新品种的抗病性改良较慢,难以满足小麦生产对抗性品种的要求[3-4]。在全球气候变暖的背景下,受雨季前移、小麦扬花期连续阴雨天气增多及玉米秸秆带菌还田等因素影响,小麦赤霉病已经由长江中下游麦区向黄淮麦区扩展,造成的危害日趋严重,小麦产量和品质下降,不利于国家的粮食安全[5]。2012 年、2016 年和 2018 年,小麦赤霉病对河南的小麦生产造成严重损失。其中,2012 年,小麦赤霉病造成小麦产量损失超过 200 万 t[5-6]。长江中下游麦区通过培育和种植抗赤霉病小麦品种,小麦赤霉病的危害已有所缓解。但是,与之相邻的黄淮麦区,由于缺少抗赤霉病育种亲本,育成和大面积栽培小麦品种多是高感赤霉病品种;在目前国内种业市场上,缺少适宜在河南种植且对赤霉病具有抗性的小麦新品种[7]。因此,需要重视抗赤霉病小麦品种的选育和推广应用,这对保障我国粮食安全和小麦产业的可持续发展具有重要意义。

南阳盆地地处南北气候过渡带,是黄淮南片麦区和长江中下游麦区的交汇处,气象、土壤等生态条件复杂,是小麦病害的常发区,也是高发区。南阳市科学院(原南阳市农业科学院)一直以来都将抗病广适作为小麦育种的重要目标,使用不同生态区并且农艺性状互补的小麦亲本材料配制杂交组合;人工创造逆境条件,定向选择具有抗逆性状的后代育种材料;多年多点试验鉴定,实现高产和抗病的有机结合,以达到小麦内部生长发育与外部生态条件高度协调。经过多年的不懈努力,南阳市科学院培育出对赤霉病具有一定抗性的广适小麦新品种宛麦 270,该品种为半冬性品种,半匍匐幼苗,分蘖力强,成穗率高;两级分化快,株型紧凑,株高适中;穗层整齐,纺锤型穗,短芒,白粒,籽粒半角质,饱满度好。2023 年,宛麦 270 通过了河南省抗赤霉病组审定,审定编号为豫审麦 20230040。区域试验、生产试验及试验过程中的品质分析和抗病性鉴定,是检验新品种相关性状的重要措施,是作物品种进行空间布局和推广应用的重要依据,该方法在小麦、玉米和水稻等大田作物上的广泛应用,有助于促进我国种业强国的建

收稿日期:2024-08-08;修回日期:2024-12-10。
基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-03);河南省农业良种联合攻关项目(2022010101);南阳市重大科技专项(2023ZDZX104)。
作者简介:张　彬(1987—),男,硕士,助理研究员,从事小麦遗传育种工作。Email: zhangbin3268@126.com。
* 通信作者:李金榜(1968—),男,研究员,从事小麦遗传育种工作。Email: nylib12@163.com。

设[8-10]。为全面了解宛麦 270 的主要特征特性，本研究利用 2019—2021 年度和 2020—2021 年度河南省区域试验和生产试验的调查数据，利用方差分析（ANOVA）、变异系数法（CV）和高稳系数法（HSC）对宛麦 270 的特征特性进行分析，以期为宛麦 270 的标准化、规模化、产业化应用提供理论依据，推进抗赤霉病品种布局，促进河南省小麦品种更新换代。

1　材料与方法

1.1　供试材料

小麦新品种宛麦 270，对照品种百农 207。宛麦 270 的组合来源为淮麦 24/ 矮抗 58，淮麦 24 中感赤霉病，矮抗 58 高感赤霉病。

1.2　试验设计

在小麦赤霉病高发区（洛阳市洛龙区、商丘市梁园区、许昌市建安区、驻马店市驿城区、平顶山市湛河区、南阳市卧龙区、信阳市平桥区、郑州市荥阳市、新乡市辉县、焦作市温县、周口市西华县、驻马店市遂平县、南阳市邓州市、信阳市潢川县、信阳市光山县）开展种植试验。其中，2019—2020 年宛麦 270 参加区域试验，13 个试验点；2020—2021 年，宛麦 270 参加区域试验，14 个试验点；2020—2021 年，宛麦 270 同步参加生产试验，15 个试验点。2 年 3 组试验，共计 42 点次。各试验点在当地选择有代表性、肥力均匀、地势平坦的耕地，适时适量播种。区域试验采用随机区组设计，3 次重复，小区面积为 13 ~ 15 m^2；生产试验同样采用随机区组设计，2 次重复，小区面积为 150 m^2。出苗后，每个小区选 1 m 长固定样段，用于统计各生育期的茎蘖动态，成熟后测定穗粒数和千粒质量，其中穗粒数的计算方法：每小区边行除外随机选取 20 穗混合脱粒，数其总粒数，求得平均每穗粒数；小区全部收获并测产，再把小区产量折合成每公顷产量。田间日常耕作管理按照当地大田管理执行，田间性状调查参考 NY/T 1301—2007《农作物品种区域试验技术规程 小麦》。

1.3　统计分析

利用 Excel 2016 和 SPSS 19.0 软件进行数据统计和分析。采用温振民等提出的高稳系数法（HSC）[10]评价品种的丰产稳产性，该指标可以兼顾丰产性和稳产性；采用变异系数法（CV）评价品种的静态稳定性，计算公式如下。

$$H_i=(X_i-S_i)/1.10X_{CK}\times 100\%;$$

$$C_i=S_i/X_i\times 100\%。$$

式中：H_i 为第 i 个品种的高稳系数；C_i 为第 i 个品种变异系数；X_i 为第 i 个参试品种的平均产量；S_i 为第 i 个品种的标准差；X_{CK} 为对照品种的平均产量。H_i 值越大，品种的高产稳产性越好；C_i 值越小，品种的静态稳定性越好。

2　结果与分析

2.1　丰产性分析

由表 1 可知，宛麦 270 的有效穗数和穗粒数与对照品种百农 207 的差异均具有统计学意义，千粒质量和平均产量的差异均无统计学意义。宛麦 270 的有效穗数为 580.5 万 ~ 622.5 万穗 /hm^2，均值为 602.0 万穗 /hm^2，比百农 207 多 12.6%；宛麦 270 的穗粒数为 31.6 ~ 33.0 粒 / 穗，均值为 32.3 粒 / 穗，比百农 207 少 11.8%；宛麦 270 的千粒质量为 44.2 ~ 44.9 g，均值为 44.6 g，比百农 207 高 1.6%；宛麦 270 的平均产量为 6 875.3 ~ 7 409.5 kg/hm^2，均值为 7 145.6 kg/hm^2，比百农 207 增产 3.19%。通过对区域试验和生产试验共计 42 点次的产量进行分段分析，产量在 7 200 kg/hm^2 以上点数中，宛麦 270 有 22 点，占 52.38%，百农 207 有 17 点，占 40.48%（表 2）。以上结果说明，宛麦 270 丰产性好，产量 3 要素协调度高，年度间更易达到高产水平。

表 1　宛麦 270 丰产性分析

试验年度	试验组别	品种	有效穗数 /（万穗 /hm^2）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g	平均产量 /（kg/hm^2）	产量范围 /（kg/hm^2）
2019—2020	区域试验	宛麦 270	580.5 a	33.0 b	44.2 a	6 875.3 a	4 058.8 ~ 8 489.6
		百农 207（CK）	531.0 b	37.2 a	43.8 a	6 833.4 a	3 911.8 ~ 8 555.6
2020—2021	区域试验	宛麦 270	622.5 a	31.6 b	44.8 a	7 151.9 a	5 467.2 ~ 8 515.1
		百农 207（CK）	538.5 b	35.9 a	42.4 a	6 774.1 a	4 390.3 ~ 8 668.1
	生产试验	宛麦 270	603.0 a	32.2 b	44.9 a	7 409.5 a	5 281.2 ~ 8 734.1
		百农 207（CK）	534.0 b	36.7 a	45.6 a	7 166.0 a	5 062.2 ~ 8 423.6

注：同年同组别同列数据后不同小写字母表示差异具有统计学意义（$P<0.05$）。

表 2　宛麦 270 的产量区间分布

产量区间 /（kg/hm²）	宛麦 270		百农 207	
	试验点数 / 个	占比 /%	试验点数 / 个	占比 /%
<5 000	1	2.38	2	4.76
5 000 ~ 5 800	4	9.53	6	14.29
> 5 800 ~ 6 400	2	4.76	5	11.90
> 6 400 ~ 7 200	13	30.95	12	28.57
> 7 200 ~ 8 000	13	30.95	9	21.43
> 8 000	9	21.43	8	19.05
合计	42	100.00	42	100.00

2.2　稳产性分析

由表 3 可知，宛麦 270 的高稳系数均优于对照品种百农 207。2019—2020 年度和 2020—2021 年度区域试验中，宛麦 270 的高稳系数分别为 75.8%、83.9%，百农 207 的高稳系数分别为 74.2%、75.1%，宛麦 270 的高稳系数比百农 207 分别高 1.6、8.8 百分点。2020—2021 年度生产试验中，宛麦 270 的高稳系数比百农 207 高 3.8 百分点，分别为 81.8%、78.0%。这表明宛麦 270 不仅产量高，并且稳产性好，具有高产和稳产的双重特性。此外，在 3 组试验中，宛麦 270 在试点间的产量变异系数分别为 17.1%、12.6%、12.9%，均值为 14.2%；百农 207 在试点间的产量变异系数分别为 18.4%、17.4%、14.2%，均值为 16.7%（表 3）。宛麦 270 的变异系数均小于百农 207，这表明宛麦 270 的静态稳定性好，适应性强，受环境变化的影响较小。

2.3　抗病性分析

由表 4 可知，2019—2020 年度和 2020—2021 年度，河南省农业科学院植物保护研究所对宛麦 270 进行抗病性鉴定，宛麦 270 对赤霉病分别表现为中抗和中感，对条锈病均表现为中感，对叶锈病分别表现为中抗和中感，对白粉病均表现为高感，对纹枯病均表现为中感。通过对连续 2 年的抗病性鉴定结果分析可知，宛麦 270 对赤霉病的抗性在中感至中抗之间。在河南省现存小麦品种多数是高感赤霉病品种的情况下，宛麦 270 可以推广应用，以降低小麦赤霉病在该区域大面积发生的风险。

表 3　宛麦 270 的变异系数和高稳系数

试验年度	试验组别	品种	产量 /（kg/hm²）	标准差	变异系数 /%	高稳系数 /%
2019—2020	区域试验	宛麦 270	6 875.3	1 177.3	17.1	75.8
		百农 207（CK）	6 833.4	1 254.6	18.4	74.2
2020—2021	区域试验	宛麦 270	7 151.9	898.7	12.6	83.9
		百农 207（CK）	6 774.1	1 175.4	17.4	75.1
	生产试验	宛麦 270	7 409.5	957.9	12.9	81.8
		百农 207（CK）	7 166.0	1 014.7	14.2	78.0

表 4　宛麦 270 的抗病性鉴定

年度	试验组别	赤霉病	条锈病	叶锈病	白粉病	纹枯病
2019—2020	区域试验	中抗	中感	中抗	高感	中感
2020—2021	区域试验	中感	中感	中感	高感	中感

2.4　品质分析

2019—2020 年度和 2020—2021 年度，农业农村部农产品质量监督检验测试中心（郑州）对各试验点抽取的宛麦 270 样品进行品质检测（表 5）。宛麦 270 2 年度的容重分别为 820、804 g/L，蛋白质（干基）含量（质量分数，下同）分别为 13.7%、14.8%，

吸水率均为60.7%，湿面筋含量分别为 28.8%、32.4%，稳定时间分别为 6.4、4.2 min，最大拉伸阻力分别为 282、198 E.U.，拉伸面积分别为 54、42 cm^2。对连续 2 年的品质检测结果分析可知，宛麦 270 达到中筋小麦类型标准（GB/T 17892—1999《优质小麦 强筋小麦》），属中筋小麦品种。

表 5　宛麦 270 的品质检测

年度	试验组别	容重 /（g/L）	蛋白质含量 /%	吸水率 /%	湿面筋含量 /%	稳定时间 / min	最大拉伸阻力 / E.U.	拉伸面积 / cm^2
2019—2020	区域试验	820	13.7	60.7	28.8	6.4	282	54
2020—2021	区域试验	804	14.8	60.7	32.4	4.2	198	42

3　讨论与结论

全球变暖以及气候的不稳定性导致农业气象灾害频发，病虫害趋于多发、重发，加之社会经济的发展，人均可用耕地面积不断减少，这些不利因素严重制约了我国小麦产业的发展，国家粮食安全受到挑战[11]。此外，因 2020 年突发的新冠肺炎疫情，世界主要粮食生产国实施了减少或限制粮食出口的政策，我国小麦供求紧平衡状态进一步加大，增加了我国粮食安全的风险。近年来，我国的小麦总产呈逐年增加趋势，这主要依赖于高产小麦品种的布局与运用，使小麦单产水平大幅提高，小麦新品种的选育和应用发挥了重要作用[12-13]。随着外界环境的变化，品种的产量随之改变，一个好的品种在不同的环境条件下其产量变化越小，表明外界环境与品种基因型间互作效应越小，品种的稳产性越好[14]。高稳系数表示品种的高产稳产性，综合反映了品种在不同试验点的高产、稳产情况，以反映丰产性为主，兼顾稳产性[15]。变异系数表示品种的静态稳定性，品种在不同环境中的产量变化越小，变异系数越小，品种的产量稳定性越好[16]。本结果表明，宛麦 270 的产量较百农 207 增产 3.19%，表现出较好的丰产性。通过对高稳系数和变异系数分析，宛麦 270 的高稳系数大于对照，说明宛麦 270 的产量受环境变化的影响小，具有良好的丰产性和稳产性。宛麦 270 在不同试验点间的变异系数较小，且小于对照，说明具有较好的静态稳定性。此外，有研究表明决定小麦产量的 3 个要素是单位面积有效穗数、千粒质量和穗粒数，其中单位面积上有较多的有效穗数是小麦高产的基础，有效穗数是影响产量提高的重要因素[17-18]。宛麦 270 的有效穗数为 602.0 万穗 /hm^2，比百农 207 多 12.6%；其穗粒数和千粒质量年度间变化小，稳定性较好，这为宛麦 270 的高产稳产奠定了基础，中后期田间管理应从增加穗粒数和提高千粒质量入手，以进一步发挥宛麦 270 的产量潜力，提高产量。

通过提高小麦的抗病性达到产量提高的育种目标，已经成为小麦产业绿色可持续发展的主要途径。近年来，随着小麦赤霉病危害面积持续扩大，育种者尤其重视抗赤霉病品种的选育，也选育出了一些抗赤霉病的小麦品种，但是，丰产性好、抗赤霉病且通过审定的大规模种植品种少[7]。因此，加强外源抗赤霉病基因挖掘和利用，在传统育种技术中引入现代分子育种技术，创建抗赤霉病育种技术体系，高效选育抗赤霉病小麦品种，是进行农业科技创新的重要目标。由于小麦对赤霉病的抗性表现受多个基因控制，遗传机制复杂，并且受环境影响较大[19-20]，需要在多环境中验证小麦对赤霉病的抗性，区域试验和生产试验为准确验证小麦新品种对赤霉病的抗性表现提供了方法路径。区域试验是从不同参试品种中选择产量高、稳产性好、抗病性强、品质优的新品种，生产试验是大面积种植试验，用以验证其丰产性、稳产性及抗病能力[21]。区域试验和生产试验作为评判作物品种优劣的主要手段，其试验数据是品种审定和科学布局的重要依据[22-23]。

总之，宛麦 270 通过区域试验和生产试验，检验了它在不同环境条件下的丰产性、稳产性、抗病能力及品质。宛麦 270 是具有大面积推广应用价值的小麦新品种，可以作为高产、稳产品种进行推广种植。

参考文献：

[1] 魏益民，关二旗，张　波，等. 黄淮冬麦区小麦籽粒质量调查与研究[M]. 北京：科学出版社，2013：109.

[2] 于　沐，周秋峰，高宏伟. 小麦新品种宝景麦 161 的主要农艺性状适应性分析[J]. 江苏农业科学，2021，49(2)：48-52.

[3] 刘彦军,郭进考,郭家宝,等. 高产优质小麦新品种‘石优 20 号’选育及应用[J]. 中国农学通报,2019,35(12):23-27.
[4] 张　煜,李正玲,王　震,等.黄淮南部麦区小麦赤霉病抗性鉴定及基因型分析[J]. 麦类作物学报,2020,40(3):270-277.
[5] 黄　冲,姜玉英,吴佳文,等. 2018 年我国小麦赤霉病重发特点及原因分析[J]. 植物保护,2019,45(2):160-163.
[6] 曾　娟,姜玉英. 2012 年我国小麦赤霉病暴发原因分析及持续监控与治理对策[J]. 中国植保导刊,2013,33(4):38-41.
[7] 张　彬,李金秀,王　震,等. 黄淮南片麦区主栽小麦品种对赤霉病抗性分析[J]. 植物保护,2018,44(2):190-194,198.
[8] 王会伟,胡　琳,郭　瑞,等. 小麦新品种郑麦 1860 高产稳产特性分析[J]. 种子,2021,40(3):132-135.
[9] 易小林,刘盛武,王彩先,等. 杂交水稻新组合特优 2278 的丰产性稳产性及适应性分析[J]. 种子,2020,39(3):151-154.
[10] 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.
[11] 郭建平. 气候变化对中国农业生产的影响研究进展[J]. 应用气象学报,2015,26(1):1-11.
[12] 何中虎,夏先春,陈新民,等. 中国小麦育种进展与展望[J]. 作物学报,2011,37(2):202-215.
[13] 陈　杰,王子君,李鸿斐,等. 国审小麦新品种驻麦 305 的产量、品质及抗病性分析[J]. 种子,2022,41(3):107-110.
[14] 汪　红. 小麦新品种安麦 8 号丰产稳产性分析[J]. 种子,2018,37(2):123-124.
[15] 魏孔梅,杨继忠,张克厚,等. 小麦新品种银春 10 号丰产性、稳产性、适应性及品质分析[J]. 种子,2020,39(9):140-142,167.
[16] 杨进荣,王成社,李景琦,等. 小麦新品种陕农 78 的丰产性稳定及适应性分析[J]. 麦类作物学报,2004,24(3):134-135.
[17] 崔正勇,李　鹏,孙　鑫,等. 高产广适国审小麦新品种鲁原 118 产量相关参数分析[J]. 山东农业科学,2021,53(5):149-152.
[18] 林　霞,洪雪梅,李金霞,等. 冬小麦新品种石冬 0358 的选育、特性及应用分析[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(2):61-64,70.
[19] 朱展望,朱伟伟,佟汉文,等. 湖北小麦品种赤霉病抗性及其在生产中的应用[J]. 麦类作物学报,2015,35(12):1733-1738.
[20] 刘易科,佟汉文,朱展望,等. 小麦赤霉病抗性改良研究进展[J]. 麦类作物学报,2016,36(1):51-57.
[21] 马一铭,窦忠玉,曲祥春,等.春小麦吉春 26 号丰产性、稳定性及适应性分析[J]. 种子,2020,39(8):143-145,封 4.
[22] 孟祥海,李　丁,孙书娈,等. 抗旱节水型衡麦系列品种的选育方法及系谱分析[J]. 麦类作物学报,2017,37(7):907-914.
[23] 程媛媛,林　静,苏娟娟,等. 小麦新品种邢麦 13 号丰产性、稳产性及适应性分析[J]. 山东农业科学,2021,53(5):153-156.

Analysis of High and Stable Yield, Disease Resistance and Quality of New Wheat Variety Wanmai 270

ZHANG Bin[1], YUAN Zhang[1], WANG Zhen[1], SHI Lichao[1], LIU Rui[1], LI Jinxiu[1], SHEN Jianding[1], JIAN Juntao[1], LI Mengchun[1], ZOU Chunya[2], LI Jinbang[1]

(1. Nanyang Academy of Sciences, Nanyang 473000, China;
2. Zhenping Agricultural Technology Extension Center, Zhenping 474250, China)

Abstract: To fully understand the high yield, stable yield, disease resistance and quality of Wanmai 270, based on the data from regional test of Henan during 2019—2021 and production test during 2020—2021, this study used analysis of variance, coefficient variation and high stability coefficient method to analyze the high yield, stable yield, disease resistance and quality of Wanmai 270. The results showed that the average yield of Wanmai 270 was 7 145.6 kg/hm^2, which was 3.19% higher than that of Bainong 207 (CK). The average high stability coefficients of Wanmai 270 and Bainong 207 were 80.5% and 75.8%, respectively. The average variation coefficients of Wanmai 270 and Bainong 207 were 14.2% and 16.7%, respectively. Wanmai 270 had high and stable yield. In 2020 and 2021, Wanmai 270 had been identified as moderately resistant and moderately susceptible to Fusarium head blight, respectively. Addition, Wanmai 270 is a medium gluten wheat variety, and could be used for making steamed bun, noodles and other foods.

Key Words: Wanmai 270; High and stable yield; Disease resistance; Quality

赵庆勇,朱　镇,陈　涛,等. 优质高产糯稻新品种南粳糯 3 号的选育与特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):63-68. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.012.

优质高产糯稻新品种南粳糯 3 号的选育与特征特性

赵庆勇,朱　镇,陈　涛,李余生,梁文化,赵春芳,赫　磊,王才林,张亚东*
(江苏省农业科学院粮食作物研究所 / 江苏省优质水稻工程技术研究中心 / 国家水稻改良中心南京分中心,江苏 南京 210014)

摘要: 南粳糯 3 号是江苏省农业科学院粮食作物研究所利用抗病高产粳稻新品系 JD7007 与优质高产糯稻大华香糯杂交配组,利用常规育种与分子标记辅助选择相结合育成的早熟晚粳糯稻新品种。该品种具有株高适中、抗倒性好、穗型较大、丰产性稳产性好、品质优、熟相好等优点。在 2021—2022 年江苏省水稻区域试验中南粳糯 3 号平均产量 704.2 kg/667 m^2,稻米品质达 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》标准 1 级,中感稻瘟病、条纹叶枯病和白叶枯病。2024 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定(审定编号:苏审稻 20240088),适宜在江苏省沿江及苏南地区种植。

关键词: 优质;高产;南粳糯 3 号;选育;特征特性
中图分类号: S511.2+3　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1673-6486-20240085

糯稻是一种营养丰富、口感独特的谷物,含有较多的淀粉、蛋白质、维生素和矿物质等营养成分,糯米既可作为主食直接食用,又是酿酒和食品加工的主要优质原料[1-2]。江苏省水稻面积常年在 220 万 hm^2 左右,其中糯稻面积在 5 万 hm^2 左右[3]。近年来,随着人们对食品健康和品质的要求越来越高,糯稻制品因其营养丰富为广大消费者所欢迎,优质糯稻的市场需求也在不断增长,糯稻的价格和种植效益不断提高,农户种植糯稻的积极性提高,糯稻种植面积也呈增加趋势。因此,优质高产多抗糯稻新品种培育成为主要育种方向之一,江苏也成功培育并推广了一批优质高产糯稻新品种。

稻瘟病是近年来危害长江中下游粳稻安全生产的主要病害,为充分利用稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 等,提高糯稻的稻瘟病抗性水平,江苏省农业科学院粮食作物研究所选用自主育成的携带稻瘟病抗性基因 *Pi-ta* 和 *Pi-b* 的抗病高产粳稻新品系 JD7007(育种中间品系)作母本,以江苏省农垦大华种子集团有限公司育成的优质高产糯稻大华香糯[4]为父本杂交配组,后代利用分子标记辅助选择,结合多年多点鉴定筛选,于 2020 年育成了优质高产抗病糯稻新品种南粳糯 3 号。

1　南粳糯 3 号选育过程

2012 年 8 月在南京选用江苏省农业科学院粮食作物研究所育成的携带稻瘟病抗性基因 *Pi-ta* 和 *Pi-b* 的抗病高产粳稻新品系 JD7007 作母本,以江苏省农垦大华种子集团有限公司育成的优质高产糯稻大华香糯为父本杂交配组,2012 年冬季在海南省三亚市江苏省农业科学院南繁基地(109°50′E、18°31′N)加代种植 F_1,成熟后混收;2013—2016 年在南京市溧水区白马基地(119°18′E、31°60′N)种植 F_2—F_5,采用集团法选择,以株型、穗型和田间抗性为主要选择目标,混收种植加代稳定;2017 年在南京种植 F_6 群体,成熟期以株型、穗型、田间抗性、外观品质为选择目标,同时利用稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 及感病等位基因 *pi-ta*、*pi-b* 的功能标记[5]对目标单株进行检测,最终选择含抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 及株高适中、穗型大、白度好的单株 8 个;2018 年在南京种植 F_7,分单株种植小区,以生育期、产量、品质和抗性为主要指标,最终选择含有稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 及农艺性状稳定、丰产性好、米质优的单株 2 个;2019 年 2 个单株在南京市溧水区白马基地和苏州张家港塘桥镇试验基地(120°64′E、31°88′N)进行小区鉴定,综合产量、抗性、品质分析结果,其中小区 JD9369 表现农艺性状好、产量高、

收稿日期:2024-08-29;修回日期:2024-11-12。
基金项目:江苏省农业科技自主创新项目[CX(24)2006];国家现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-01)。
作者简介:赵庆勇(1982—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: qingyong2001@163.com。
* 通信作者:张亚东(1978—),男,博士,研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: zhangyd@jaas.ac.cn。

糯性好、综合抗性好；2020 年继续在江苏省南京市溧水区白马基地、常州溧阳市南渡镇（119°29′E、31°44′N）、苏州张家港市塘桥镇等地进行多点品比鉴定（试验编号：JD20923），同时在孕穗期人工接种稻瘟病生理小种混合液鉴定穗颈瘟，小区材料收获后进行品质分析，综合表现农艺性状好、产量高、抗病性好、米质优，暂定名宁糯 20923；2021—2023 年参加江苏省早熟晚粳糯稻自主试验，2024 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定（审定编号：苏审稻 20240088），定名为南粳糯 3 号（图 1）。

2012 年　南京　JD7007 × 大华香糯
↓
2012 年　海南　F_1，混收
↓
2013—2016 年　南京　F_2—F_5，采用集团法选择，混收种植加代稳定
↓
2017 年　南京　F_6，成熟期选择含稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 及外观品质优、丰产性好的优异单株 8 个
↓
2018 年　南京　F_7，分单株种植小区，选择含稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 及农艺性状稳定、丰产性好、米质优的单株 2 个
↓
2019 年　南京、张家港　小区鉴定，其中编号 JD9369 表现农艺性状好、产量高、糯性好、综合抗性优
↓
2020 年　小区多点品比鉴定（试验编号：JD20923），人工接种鉴定穗颈瘟，小区品质分析，综合表现农艺性状好、产量高、抗病性好、米质优，暂定名宁糯 20923
↓
2021—2023 年　江苏省早熟晚粳糯稻自主区域试验和生产试验
↓
2024 年　通过江苏省农作物品种审定委员会审定（审定编号：苏审稻 20240088），定名为南粳糯 3 号

图 1　南粳糯 3 号选育过程

2　南粳糯 3 号特征特性

2.1　主要农艺性状与形态特征

南粳糯 3 号植株生长繁茂，株高适中，抗倒性好，分蘖力中等，穗型较大，着粒较密，后期转色好。2021—2022 年江苏省水稻自主区域试验平均结果（表 1）：南粳糯 3 号全生育期 157.8 d，比对照武运粳 23 号短 2.1 d，属早熟晚粳。该品种株型紧凑，株高适中（株高 98.0 cm），平均有效穗数 21.4 万个 /667 m²，总粒数 153.6 粒 / 穗，结实率 91.2%，千粒质量 26.0 g。

表 1　南粳糯 3 号区域试验综合农艺性状

区域试验	株高 / cm	全生育期 / d	有效穗数 /（万个 /667 m²）	总粒数 /（粒 / 穗）	结实率 / %	千粒质量 / g
2021 年	101.0	157.0	20.5	162.2	90.9	26.1
2022 年	95.0	158.6	22.3	144.9	91.4	25.9
平均	98.0	157.8	21.4	153.6	91.2	26.0

2.2　产量表现

由表 2 可看出，在 2021—2022 年 2 年区域试验中，南粳糯 3 号平均产量为 704.2 kg/667 m²，较对照武运粳 23 号增产 5.6%，14 个试验点次均表现增产；2023 年生产试验 8 个试验点全部表现增产，产量变幅为 670.8 ~ 730.1 kg/667 m²，平均产量为 706.9 kg/667 m²，较对照武运粳 23 号增产 5.8%。

南粳糯 3 号于 2023 年在江苏溧水（119°18′E、31°60′N）、溧阳（119°29′E、31°44′N）、江阴（120°46′E、31°88′N）、张家港（120°64′E、31°88′N）、常熟

(120°68′E、31°69′N)等地示范种植,结果(表 3)表明,南粳糯 3 号株高 96.0 cm,株高适中,抗倒性好,未发现倒伏现象。该品种全生育期 157.6 d,适宜江苏沿江及苏南地区早熟晚粳稻区种植。南粳糯 3 号在 5 个示范点均表现较好的丰产性,平均产量为 683.7 kg/667 m^2,产量变幅在 660.2 ~ 710.8 kg/667 m^2,稳产性也表现较好。从产量构成因素来看,南粳糯 3 号最突出特点是穗型较大,总粒数达到 142.1 ~ 154.1 粒 / 穗,结实率(89.3% ~ 92.5%)和千粒质量(25.8 ~ 27.2 g)表现稳定,不同地点产量差异主要是由于有效穗数的差异。因此,南粳糯 3 号在示范推广高产栽培中,应在保证穗粒数的基础上,主要通过增加穗数来增加群体颖花量,并保持正常的结实率与千粒质量。

表 2　南粳糯 3 号在试验中的产量

试验组别		试验点 / 个	增产点 / 个	产量变幅 / (kg/667 m^2)	平均产量 /(kg/667 m^2)		较对照增加 / %
					南粳糯 3 号	武运粳 23 号	
区域试验	2021 年	7	7	635.0 ~ 759.3	715.5	679.7	5.3
	2022 年	7	7	606.7 ~ 750.0	692.9	653.6	6.0
	平均	7	7	606.7 ~ 759.3	704.2	666.7	5.6
生产试验	2023 年	8	8	670.8 ~ 730.1	706.9	668.3	5.8

表 3　不同示范点南粳糯 3 号的产量及构成

地点	株高 / cm	全生育期 / d	有效穗数 / (万个 /667 m^2)	总粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g	实际产量 / (kg/667 m^2)
溧水	97.1 a	159.0 ab	22.3 c	148.5 b	90.5 a	27.0 a	682.7 b
溧阳	96.0 a	157.0 ab	23.5 a	142.1 c	91.4 a	27.2 a	710.8 a
江阴	95.5 a	161.0 a	21.2 d	145.3 bc	90.8 a	26.8 a	660.2 c
张家港	93.6 a	156.0 b	22.6 bc	154.1 a	89.3 a	26.2 a	678.1 bc
常熟	98.0 a	155.0 b	23.1 ab	146.1 bc	92.5 a	25.8 a	686.6 b
平均	96.0	157.6	22.5	147.2	90.9	26.6	683.7

注:同列数据后不同小写字母表示差异有统计学意义(P< 0.05)。

2.3　稻米品质

由农业农村部食品质量监督检验测试中心(武汉)依据农业行业标准 NY/T593—2021《食用稻品种品质》进行检测,从表 4 可以看出,南粳糯 3 号 2022 年区域试验样品测定结果为糙米率 85.0%,整精米率 74.2%,垩白粒率 0%,白度 1 级,碱消值 7.0 级,胶稠度 100 mm,直链淀粉含量(质量分数,下同)0.2%,达到 1 级优质糯稻标准。

表 4　南粳糯 3 号在区域试验中的品质检测结果

区域试验	糙米率 / %	精米率 / %	整精米率 / %	粒长 / mm	长宽比	垩白粒率 /%	垩白度 / %	直链淀粉含量 /%	胶稠度 / mm	碱消值 / 级	透明(白)度	等级
2021 年	85.9	78.3	77.7	4.6	1.7	0	糯米	1.2	100	6.2	1	优 3
2022 年	85.0	75.7	74.2	4.8	1.8	0	糯米	0.2	100	7.0	1	优 1
综合评价	85.0	75.7	74.2	4.8	1.8	0	糯米	0.2	100	7.0	1	优 1

利用米饭食味计(STA1A,日本佐竹公司)测定南粳糯 3 号不同示范点样品米饭的外观、硬度、黏度、平衡度和综合食味值。结果(表 5)表明,5 个地点的米饭食味值均在 85 分以上,主要食味指标均表现较好。稻米淀粉 RVA 谱也是评价稻米蒸煮食味品质的重要指标之一。从不同示范点淀粉 RVA 谱特征值分析发现,南粳糯 3 号表现较大的峰值黏度(1 807.2 cP)和崩解值(1 271.6 cP),较小的消减

值(–1 091.8 cP)和回复值(179.8 cP)。因此,南粳糯 3 号的蒸煮食味品质较优。

2.4　抗性表现

据江苏省农业科学院植物保护研究所接种鉴定(表 6),2 年区域试验综合评定结果为:南粳糯 3 号稻瘟病综合抗性指数 5.0,穗颈瘟损失率最高 5 级,中感稻瘟病、条纹叶枯病和白叶枯病,感纹枯病。在区域试验和示范推广中,田间稻瘟病、条纹叶枯病和白叶枯病均未见发生,纹枯病在部分地区轻发生,抗倒性较强,在生产上表现出较好的综合抗性。

表 5　不同示范点南粳糯 3 号的食味值和 RVA 谱特征值

地点	外观	硬度	黏度	平衡度	食味值 / 分	峰值黏度 / cP	热浆黏度 / cP	最终黏度 / cP	崩解值 / cP	消减值 / cP	回复值 / cP	成糊温度 / ℃
溧水	9.2	5.4	9.2	9.0	86.9	2 131.0	751.0	969.0	1 380.0	–1 162.0	218.0	70.3
溧阳	9.4	5.4	9.7	9.3	88.8	1 899.0	646.0	836.0	1 253.0	–1 063.0	190.0	71.2
江阴	8.8	6.1	9.6	8.9	86.2	1 903.0	473.0	642.0	1 430.0	–1 261.0	169.0	69.7
张家港	9.1	5.6	9.4	9.0	87.1	1 558.0	395.0	556.0	1 163.0	–1 002.0	161.0	68.9
常熟	8.9	5.8	9.1	8.8	85.6	1 545.0	413.0	574.0	1 132.0	–971.0	161.0	69.7
平均	9.1	5.7	9.4	9.0	86.9	1 807.2	535.6	715.4	1 271.6	–1 091.8	179.8	70.0

表 6　南粳糯 3 号在区域试验中的抗性鉴定结果

区域试验	穗颈瘟			白叶枯病	纹枯病抗性	条纹叶枯病	
	损失率最高级 / 级	综合指数	抗病水平			发病率 /%	抗病等级 / 级
2021 年	5	5.0	MS	5	S	11.43	3
2022 年	5	4.5	MS	5	R	25.00	5
综合评价	5	5.0	MS	5	S	25.00	5

注:HR—高抗,R—抗病,MR—中抗,MS—中感,S—感病,HS—高感。稻瘟病抗性综合指数评价分级标准:0 级,< 0.1,HR;1 级,0.1 ~ 2.0,R;3 级,2.1 ~ 4.0,MR;5 级,4.1 ~ 6.0,MS;7 级,6.1 ~ 7.5,S;9 级,7.6 ~ 9.0,HS。水稻条纹叶枯病评价标准:0 级,发病率为 0,免疫;1 级,0.01% ~ 5.09%,高抗;3 级,5.10% ~ 15.09%,抗病;5 级,15.10% ~ 30.09%,中感;7 级,30.10% ~ 50.09%,感病;9 级,> 50.10%,高感。水稻白叶枯病分级标准:0 级,无病斑,HR;1 级,病斑 < 3 cm,R;3 级,病斑 3 cm 及以上,MR;5 级,病斑占 1/2 左右,MS;7 级,病斑占 3/4 左右,S;9 级,全叶发病,HS。

3　南粳糯 3 号栽培技术要点

3.1　适期播种和合理密植

根据江苏省沿江及苏南地区的区域温光条件,南粳糯 3 号应在 5 月中下旬播种,6 月中旬移栽,确保抽穗结实期处于 8 月下旬至 9 月上旬当地最佳的温光条件。

根据南粳糯 3 号的分蘖特性和土壤肥力确定合理栽插密度,该品种分蘖力中等,在中上等肥力田块,适宜密度为 1.8 万穴 /667 m^2 左右,基本苗 5 万 ~ 7 万株 /667 m^2;肥力较差的田块适宜密度为 2.0 万穴 /667 m^2 左右,基本苗 6 万 ~ 8 万株 /667 m^2,确保足够的基本苗数,但也要避免栽插密度过大影响生长。

3.2　科学肥水管理

南粳糯 3 号要达到 650 kg/667 m^2 产量水平,一般需施氮肥(N)15 ~ 18 kg/667 m^2 左右、磷肥(P_2O_5)5 ~ 6 kg/667 m^2、钾肥(K_2O)6 ~ 8 kg/667 m^2,适当降低氮肥和磷肥,增加钾肥和微肥用量。南粳糯 3 号属大穗型品种,基蘖肥和穗肥质量比例以 6∶4 或 7∶3 为宜。基肥在移栽前结合最后一次耙田施用;返青分蘖肥在插后 5 ~ 7 d 施用,促进秧苗快速返青和分蘖生长;穗肥在倒 3 叶期左右,群体叶色褪淡时施用,配合施用氮钾肥和硅肥,能够增加每穗粒数和粒质量。

合理的水浆管理能够保证水稻健壮生长,缺水或水分过多都会影响水稻生长。栽插时要做到浅水浅栽;栽插后灌浅水活棵,水层 2 ~ 3 cm;分蘖期以浅水为主,水深 2 cm 左右,干湿交替,水过多过深会抑制秧苗根系生长和分蘖发生;当田间茎蘖数达到目标穗数 80% ~ 90%时,开始排水晒田,抑制无效分蘖和基部节间伸长;幼穗分化期到抽穗扬花期需水

较多，保持浅水层，水深 3 ~ 5 cm，破口抽穗前适当排水轻搁 1 次，能够增强根系活力和促进抽穗整齐；灌浆至成熟期采用间歇灌溉，干湿交替；收获前 10 d 左右根据天气和田间湿度情况确定断水时间，断水过早易缺水造成早衰，影响籽粒灌浆，过迟田间过烂影响机械收割。

3.3 病虫草害防治

根据当地植保部门的病虫害预测预报及防治要求，抓住防治的关键时期，做到及时适时防治。播种前药剂浸种或拌种，控制恶苗病和干尖线虫病等种传病虫害发生；秧田期要注意防治稻蓟马、稻飞虱、苗稻瘟等；分蘖期主要防治稻纵卷叶螟、二化螟、纹枯病等；破口抽穗期重点防治稻瘟病、稻曲病和纹枯病等。

杂草防治坚持“以封为主，封杀结合”的原则，分别在栽秧前 2 ~ 3 d 和栽后 8 ~ 12 d 进行 2 次封闭除草；水稻封行搁田前，对封闭除草效果差、杂草较多的田块，根据草相针对性选择除草剂喷雾化除。除草剂施用要准确掌握用量，不能随意增减剂量。同时要注意交替轮换用药，防止杂草产生耐药性。

3.4 适时收获

糯稻作为一种特殊类型的品种，在成熟期如果遇到连续的阴雨天气或田间湿度较大，稻谷容易吸收过多的水分，导致穗发芽现象的发生，这不仅会影响稻谷的外观和食用品质，还会降低其商品价值[6]。因此，南粳糯 3 号一般在 10 月下旬到 11 月上旬、90%稻穗黄熟时适时收割，防止穗发芽，保证其商品性和市场竞争力。

4　小结

近年来，随着糯稻种质资源的利用和育种技术的改进，江苏育成了一批优质高产糯稻新品种，产量水平不断提升，外观品质和蒸煮食用品质有了很大改善，其中不乏米质达 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》标准 1 级的品种，但综合抗性总体还比较弱[7-8]。稻瘟病作为威胁我国水稻安全生产的主要病害之一，其抗性基因的挖掘和利用在提高品种抗性中发挥着重要的作用[9-11]。邢运高等对粳糯稻抗稻瘟病基因检测发现，抗性基因 *Pi–ta* 在江苏糯稻品种中分布频率较高，但大部分只含单一抗性基因，抗性效果较差 [8]。南粳糯 3 号虽聚合了抗性基因 *Pi–ta* 和 *Pi–b*，但接种鉴定表现中感，在生产上如遭遇连续阴雨等适宜发病条件，仍有较大发病风险。因此，针对糯稻品种稻瘟病抗性不佳问题，育种家们需要继续充分利用种质资源发掘广谱抗性基因[12]，开发与抗性基因紧密连锁的高效分子标记，聚合多个有利抗性基因，选育出抗性广谱且抗性强的优质高产糯稻新品种。

参考文献:

[1] 孙　健，梅淑芳，赵　华，等. 糯稻加工利用与遗传育种研究进展[J]. 中国稻米，2013，19(1)：36–40.

[2] 孙统庆，李　杰，杨洪建，等. 江苏省糯稻发展现状及对策探讨[J]. 江苏农业科学，2014，42(11)：13–16.

[3] 孙统庆，李　杰，陈　震. 江苏水稻均衡性增产的思考[J]. 中国稻米，2021，27(6)：34–37，46.

[4] 王子明，陈风华，周风明，等. 优质高产抗病香粳糯稻：大华香糯[J]. 中国稻米，2001，7(4)：20.

[5] 何　重，陈　涛，张亚东，等. 江苏部分粳稻品种和品系中稻瘟病抗性基因 *Pi–ta* 和 *Pi–b* 的基因型分析[J]. 江苏农业学报，2014，30(5)：921–927.

[6] 王　文，梅　佳，吕乐城，等. 早熟晚粳糯稻新品种苏糯 7132 的选育与应用[J]. 大麦与谷类科学，2024，41(1)：74–77.

[7] 朱　军，朱自忠，李　平. 中国糯稻遗传育种研究进展[J]. 杂交水稻，2021，36(1)：1–8.

[8] 邢运高，刘　艳，李　健，等. 粳糯稻抗稻瘟病基因检测与品种抗性鉴定[J]. 核农学报，2023，37(11)：2134–2141.

[9] 陈　峰，徐建第，姜明松，等. 黄淮区粳稻抗稻瘟病基因 *Pi–ta*、*Pi–b*、*Pi–*54、*Pi–km* 的分子检测[J]. 生物技术进展，2018，8(1)：46–54.

[10] 陈　涛，张亚东，朱　镇，等. *Pi–b* 和 *Pi–ta* 基因在江苏省粳稻中的分布以及与穗颈瘟抗性的关系[J]. 江苏农业学报，2016，32(1)：1–8.

[11] 王　军，宫丹妮，杨　杰，等. 江苏省粳稻品种抗稻瘟病基因型与穗颈瘟抗性分析[J]. 江苏农业学报，2016，32(2)：250–256.

[12] 赵考诚，黄玲玲，余志平，等. 近 20 年浙江省糯稻品种育种现状及发展策略[J]. 中国稻米，2024，30(3)：84–87.

Breeding and Characteristics of Glutinous Rice Variety Nangengnuo No.3 with High Quality and High Yield

ZHAO Qingyong, ZHU Zhen, CHEN Tao, LI Yusheng, LIANG Wenhua, ZHAO Chunfang, HE Lei, WANG Cailin, ZHANG Yadong

(Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences / Jiangsu High Quality Rice Research and Development Center / Nanjing Branch of China National Center for Rice Improvement, Nanjing 210014, China)

Abstract: Nangengnuo No.3 is a new early-maturing late geng glutinous rice variety, derived from the cross of the new rice line JD7007 with high yield and disease resistance, and Dahuaxiangnuo with high quality and high yield, which was bred by Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, using the combination of conventional breeding and marker-assisted selection for blast resistance genes. It has the characteristics of moderate plant height, lodging resistance, large spikes, high and stable yield, high quality, and good maturity performance. The mean yield of Nangengnuo No.3 is 704.2 kg/667 m^2 in the regional trial of the rice varieties during 2021-2022, and its rice quality reached the standard of the first class of *Edible Rice Variety Quality* (NY/T 593—2021). It showed moderate susceptibility to rice blast disease, stripe disease and bacterial blight. It was approved by Jiangsu Provincial Variety Approval Committee in 2024 (Approval number: Sushendao 20240088), and is suitable for promotion along the Yangtze River in Jiangsu Province and in southern Jiangsu Province.

Key Words: High quality; High yield; Nangengnuo No.3; Breeding; Characteristics

（上接第 57 页）

Breeding and High-yield Cultivation Techniques of New Malting Barley Variety Supi No.12

ZANG Hui[1], CHEN Junguo[2], ZHONG Junhui[3], ZHANG Yinghu[1], YANG Hongyan[1], SUN Jie[2], XU Xiao[1], LI Qingliang[2], LIANG Zhihao[1], CHENG Yifan[1], WANG Qiang[1], XUE Song[1], YU Wenqing[1], GUO Aikui[1], LI Yuxing[1], WANG Qi[1], SHEN Huiquan[1]

[1. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224002, China; 2. Rural Work and Construction Office of Daying Town, Xinghua City, Xinghua 225767, China; 3. China Resources Beer (Holdings) Co., Ltd., Dongcheng 100005, China]

Abstract: To meet the demands of beer barley production and the market, the new high-quality and high-yield beer barley variety Supi No.12 has been developed by Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences. It has been identified that Supi No.12 is highly resistant to barley yellow mosaic virus disease. The grain protein content (mass fraction) of Supi No. 12 is 12.1%. Supi No.12 has malt extract rate of 80.0%, diastatic power (WK) of 270.0, α-amino nitrogen content of 1.67 g/kg, and Kolbach index of 42.2%. Supi No. 12 obtained national certificate for new plant variety rights (CNA20173435.6) in 2021. This variety is suitable for promotion and cultivation in regions such as Jiangsu and Hubei. It should be combined with supporting cultivation techniques to achieve high quality and high yield.

Key Words: Malting barley; Breeding; Supi No.12; Variety characteristics; High-yield cultivation techniques

龙　宇,范谷成,江　靖,等. 高产籼型两系杂交中稻新组合龙两优 1137 的选育与特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):69-73. https:// doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.06.013.

高产籼型两系杂交中稻新组合龙两优 1137 的选育与特征特性

龙　宇[1],范谷成[1],江　靖[1],王　润[1],邱先进[1],鄢又国[2],李志新[1*]
(1. 长江大学农学院,湖北 荆州 434025;2. 湖北龙稻种业科技有限公司,湖北 荆州 434021)

摘要:龙两优 1137 是湖北龙稻种业科技有限公司利用龙 6S 作母本、R1137 作父本配制而成的两系杂交中稻新组合,作一季中稻种植具有产量高、生育期合适、生长势强、后期熟相好、抗倒伏等特点,该品种全生育期 135.8 d,株高 120.2cm,穗粒数 235.9 粒 / 穗,千粒质量 25.7 g,结实率 84.2%。2023 年通过国家农作物品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20233114)。对龙两优 1137 的选育、特征特性、栽培和制种技术进行了阐述。

关键词:两系杂交;水稻;龙两优 1137;选育
中图分类号:S511.3+2　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240087

水稻是世界上重要的粮食作物之一,也是我国第一大口粮作物[1]。稻谷产量的高低影响到我国粮食安全、社会稳定和经济发展。培育高产杂交水稻新品种可以满足国民经济和社会发展的需要,有效缓解耕地面积不断减少和对粮食需求不断增长的矛盾。两系杂交水稻由于不受恢保关系的制约,因此能进行广泛测配,更易选育高产的杂交组合[2]。通过广泛测配和筛选,从杂交组合中选育出丰产性好、生育期适中、长势茂盛、熟相好、抗倒伏性强的两系杂交中稻品种龙两优 1137[3]。

1　龙两优 1137 选育经过

龙两优 1137 是以龙 6S 作母本、R1137 作父本配制的两系杂交籼稻新组合。龙 6S 由湖北龙稻种业科技有限公司以荆 118S 为母本、Y58S 为父本,通过有性杂交并连续回交育成的水稻两用核不育系。2019 年通过安徽省农作物品种审定委员会鉴定。该不育系不育起点温度低(23.0 ℃),制种期不育性稳定,制种安全,农艺性状优良,分蘖力强、植株健壮、穗大粒多、落色好,异交结实率高。R1137 是湖北龙稻种业科技有限公司于 2006 年采用恩恢 58 与 R9311 杂交,2006 年冬季在海南种植 F_1 代,收获种子后于 2007 年在湖北荆州种植 F_2 代群体,选取优良单株,之后每年在湖北荆州正季进行筛选鉴定,在海南进行加代,根据对优良恢复系的性状选择要求,进行系谱法选择。从 F_5 代开始选择性状优良且表型基本稳定的植株进行配合力测定。2012 年在湖北荆州最终选出表型一致、株型好、产量高、熟相好、配合力强的 5 个株系混收,定名为 R1137。

龙两优 1137 是以不育系龙 6S 和恢复系 R1137 为亲本,经杂交培育出的两系杂交水稻新组合。2018 年春在海南用龙 6S 作母本、R1137 作父本进行测配,2018 年 5 月在湖北荆州种植杂种 F_1 并进行小面积制种。2019 年多地多点进行品种比较试验,该组合表现出产量高、生育期适中、熟相好、穗大粒多、抗倒伏等特性。2020—2022 年参加长江中下游中籼迟熟组联合体区域试验和生产试验。2023 年通过国家农作物品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20233114)(图 1)。

2　龙两优 1137 产量表现

2020—2021 年,龙两优 1137 通过楚越企业联合体在安徽、福建、河南、湖北、湖南、江苏、江西等省参加区域试验,2020 年初试各地单产变幅 534.6 ~ 750.7 kg/667 m^2,平均产量为 650.3 kg/667 m^2,比丰两优四号(CK)增产 5.5%;2021 年续试各地

收稿日期:2024-09-07;修回日期:2024-12-13。
基金项目:湖北省重点研发计划(2023BBB102);湖北省乡村振兴科技支撑项目(2022BBA127)。
作者简介:龙　宇(1995—),男,硕士研究生,主要从事水稻遗传育种研究。Email: 1051364554@qq.com。
* 通信作者:李志新(1972—),男,博士,教授,主要从事水稻遗传育种研究。Eamil: lizhixin09@163.com。

单产变幅 542.2 ~ 778.7 kg/667 m^2，平均产量为 656.5 kg/667 m^2，比丰两优四号（CK）增产 4.8%；2 年区域试验平均单产 653.4 kg/667 m^2，比丰两优四号（CK）增产 5.1%。2 年生产试验平均单产 708.4 kg/667 m^2，比丰两优四号（CK）增产 6.0%（表 1）。

2018 年　海南　不育系龙 6S × R1137
↓
2018 年　荆州　杂交种 F_1，综合性状表现优良，定名龙两优 1137
↓
同步小面积制种
↓
2019 年　多点种植，观察杂种优势明显，产量高，生育期适中，熟相好，穗大粒多，抗倒伏
↓
2020—2022 年　参加长江中下游中籼迟熟组联合体区域试验和生产试验
↓
2022 年　龙两优 1137 表现农艺性状好、产量高、米质优、熟相好、抗倒伏
↓
2023 年　通过国家农作物品种审定委员会审定

图 1　龙两优 1137 品种选育流程

表 1　2020—2021 年龙两优 1137 及对照种植表现

品种名称	年份	生育期 / d	有效穗数 /（万个 /667 m^2）	株高 / cm	总粒数 /（粒 / 穗）	结实率 / %	千粒质量 / g	区域试验平均产量 /（kg/667 m^2）	生产试验平均产量 /（kg/667 m^2）
龙两优 1137	2020	135.6	15.5	116.8	233.7	86.5	25.4	650.3	700.4
	2021	135.9	15.6	123.5	238.0	81.8	25.9	656.5	716.4
	平均	135.8	15.6	120.2	235.9	84.2	25.7	653.4	708.4
丰两优四号（CK）	2020	134.7	15.5	124.5	196.9	87.0	28.7	616.3	700.0
	2021	134.9	16.0	129.1	196.4	86.8	28.8	626.7	708.0
	平均	134.8	15.8	126.8	196.7	86.9	28.8	621.5	704.0

3　龙两优 1137 主要特征特性

3.1　植物学特性

龙两优 1137 为中籼两系杂交稻组合，适合在长江中下游（除武陵山区外）地区作一季中稻种植，全生育期 135.8 d，生育期比对照丰两优四号晚熟 1.0 d，株高 120.2 cm，有效穗数 15.6 万个 /667 m^2，每穗总粒数 235.9 粒，结实率 84.2%，千粒质量 25.7 g（表 1）。品种生长旺盛，穗大粒多，结实率高，抗倒伏性强，后期落色好。

3.2　抗性表现

2020—2021 年由垦丰长江种业科技有限公司委托湖南省水稻研究院与中国水稻研究所稻作技术研究与发展中心对龙两优 1137 进行了综合抗性鉴定，结果显示（表 2）：龙两优 1137 稻瘟病综合抗性指数 2 年分别为 4.8 和 3.0，穗瘟损失率最高 5 级，中感稻瘟病，白叶枯病抗性 5.0 级，褐飞虱抗性 9 级。2022 年抽穗期耐热性鉴定为 3 级。

3.3　稻米品质

2020—2021 年由联合体在不同区域试验点统一抽取样品，委托农业农村部稻米及制品质量监督检验测试中心（武汉）检测，2020 的结果（表 3）显示：龙两优 1137 的糙米率 81.0%，精米率 71.8%，整精米率 57.2%，粒长 6.7 mm，粒型长宽比 3.3，垩白粒率 27%，垩白度 8.5%，透明度 2 级，碱消值 4.7，胶稠度 32.0 mm，直链淀粉质量分数为 20.2%。2021 的结果（表 3）显示：龙两优 1137 的糙米率 78.0%，精米率 70.6%，整精米率 46.6%，粒长 6.3 mm，粒型长宽比 3.2，垩白粒率 9%，垩白度 3.2%，透明度 1 级，碱消值 6.5，胶稠度 74.0 mm，直链淀粉质量分数为 17.5%。

表 2　2020—2021 年龙两优 1137 及对照稻瘟病抗性鉴定

品种	年份	苗叶瘟病级 / 级	穗瘟损失率最高级 / 级	稻瘟病综合抗性指数	稻瘟病抗性评价	白叶枯病 / 级	抽穗期耐热性鉴定
龙两优 1137	2020	3	5	4.8	MS	5.0	—
	2021	3	4	3.0	MR	5.0	—
	2022	—	—	—	—	—	3
丰两优四号（CK）	2020	6	9	8.3	MS	7.5	—
	2021	6	8	8.0	MS	5.0	—
	2022	—	—	—	—	—	3

注：HR—高抗，R—抗病，MR—中抗，MS—中感，S—感病，HS—高感。稻瘟病抗性综合指数评价分级标准：0 级，< 0.1，HR；1 级，0.1 ~ 2.0，R；3 级，2.1 ~ 4.0，MR；5 级，4.1 ~ 6.0，MS；7 级，6.1 ~ 7.5，S；9 级，7.6 ~ 9.0，HS。水稻条纹叶枯病评价标准：0 级，发病率为 0，免疫；1 级，0.01% ~ 5.09%，高抗；3 级，5.10% ~ 15.09%，抗病；5 级，15.10% ~ 30.09%，中感；7 级，30.10% ~ 50.09%，感病；9 级，> 50.10%，高感。水稻白叶枯病分级标准：0 级，无病斑，HR；1 级，病斑 < 3 cm，R；3 级，病斑 3 cm 以上，MR；5 级，病斑占 1/2 左右，MS；7 级，病斑占 3/4 左右，S；9 级，全叶发病，HS。

表 3　2020—2021 年龙两优 1137 及对照米质检测

品种名称	年份	出糙率 / %	精米率 / %	整精米率 / %	粒长 / mm	长宽比	垩白粒率 / %	垩白度 / %	直链淀粉质量分数 /%	胶稠度 / mm	碱消值 / 级	透明度 / 级
龙两优 1137	2020	81.0	71.8	57.2	6.7	3.3	27	8.5	20.2	32	4.7	2
	2021	78.0	70.6	46.6	6.3	3.2	9	3.2	17.5	74	6.5	1
丰两优四号（CK）	2020	80.7	70.7	49.1	6.7	3.2	23	6.2	15.1	68	6.0	1
	2021	80.1	69.6	40.9	6.6	3.0	35	9.6	15.3	64	6.0	1

4　龙两优 1137 栽培技术要点

4.1　适时播种，稀播壮秧

龙两优 1137 适合在长江中下游（武陵山区除外）作一季中稻种植，一般在 4 月中下旬—5 月上旬播种，秧田用种量为 10.0 ~ 12.0 kg/667 m^2，大田用量 1.0 ~ 1.5 kg/667 m^2。均匀播种，培育壮秧。秧苗 2 叶 1 心期施好“断奶肥”，用尿素 2 ~ 3 kg/667 m^2，秧田期注意防治稻蓟马、稻瘿蚊等，移栽前一天喷施 1 次长效农药，使秧苗带药下田，可有效减轻大田前期的病虫害。

4.2　适龄移栽，合理密植

秧龄在 30 d 以内，叶龄约 4.5 叶适时移栽，作一季中稻栽插株行距分别为 16.7、30.0 cm，插足基本苗 8.0 万株 /667 m^2，如果作一季晚稻栽插株行距分别为 16.7、26.6 cm，插足基本苗 10.6 万株 /667 m^2。

4.3　科学肥水管理

龙两优 1137 适合于重施基肥，适当增施锌肥和硅肥，适时追肥，后期酌情施穗肥，以达到有效穗数足、穗大粒多、结实率高、籽粒饱满的效果。大田一般施纯 N 10.0 ~ 12.0 kg/667 m^2，P_2O_5 约 7.0 kg/667 m^2，K_2O 约 10.0 kg/667 m^2。基肥施 60% 左右，追肥施 30%左右，穗肥施 10%左右。肥料分 3 次施用，第 1 次底肥：结合大田耕整两犁两耙施入，施 45% 的复合肥 40 kg/667 m^2 左右。第 2 次分蘖肥：移栽后 6 d 左右，施尿素 6 ~ 8 kg/667 m^2，氯化钾 5 kg/667 m^2，并结合追肥进行化学除草。第 3 次穗肥：在主茎幼穗分化 3 期左右、晒田复水时施用，施尿素 2 ~ 4 kg/667 m^2，氯化钾 6 ~ 8 kg/667 m^2。在齐穗期用磷酸二氢钾 2 包对水 30 kg/667 m^2 进行叶面喷施，以降低空壳率，提高结实率和粒质量。这种施肥方式可以使龙两优 1137 前期和中期早生快发，后期不

缺肥、不早衰。后期应适当增施磷钾肥而不宜多施氮肥,以防剑叶披垂。水分管理上龙两优 1137 与其他两系杂交稻品种差异不大，一般采用薄水插秧,深水返青,浅水分蘖,多次露田,够苗或够时晒田,适时复水。生长中后期经常露田,干干湿湿,增加土壤透气性达到养根、壮苗、健籽的目的,收割前 7 d 断水。

4.4 病虫害的防治

结合当地植物保护部门的病虫预报，做好综合防治措施。苗期注重恶苗病和稻蓟马的防治,大田注重螟虫的防治，后期注重稻曲病和稻飞虱的防治[4]。特别要注意始穗前对稻曲病的防治,确保大穗型品种的丰产增收。

5 龙两优 1137 制种技术要点

5.1 安排适宜的播期,保证花期相遇

龙两优 1137 在海南制种抽穗扬花期宜安排在 4 月中下旬。在内地制种基地应选择在海拔 400 m 以下,抽穗扬花期适宜在 8 月上中旬。根据父母本播始历期合理安排播插期,不育系龙 6 S 花期较长,在生育进程上母本比父本早 1 ~ 2 d 或父母本同期始穗为最优。

5.2 培育高产苗穗群体

通过稀播促蘖壮苗、大田插足基本苗、一次性施肥等方法,培育出穗层整齐的高产群体。母本秧田用种量 10.0 kg/667 m^2,大田用种量 1.5 ~ 2.0 kg/667 m^2,均匀稀播,培育壮秧。母本播种时每千克种子用 2 g 多效唑或烯效唑拌种,促进秧苗矮壮。适当扩大父母本行比,父母本行比以 2∶(12 ~ 14)为宜。母本种植密度为 13.3 cm × 13.3 cm，每蔸 2 ~ 3 粒谷苗,插足 15.0 万株 /667 m^2 以上基本苗。田间采用一次性施肥法，即整田时一次性施入尿素 15 kg/667 m^2、过磷酸钙 25 kg/667 m^2 或复合肥 50 kg/667 m^2 加尿素 7 kg/667 m^2,中间过程视田间长势情况酌情补施。在大田的用水管理上,应采取浅水灌溉、返青露田、足苗适时提早晒田等措施。孕穗至抽穗不缺水,扬花授粉期间维持 8 ~ 10 cm 的水层，后期干湿交替,不要过早脱水。

5.3 合理喷施赤霉素,提高异交结实率

组合的父母本剑叶都偏长,抽穗期割去母本剑叶的 1/2 有利于母本授粉。根据父母本发育进度,及时采取调控措施促使父母本花期相遇。科学喷施赤霉素，龙两优 1137 制种用量以 20.0 ~ 30.0 g/667 m^2 为宜。在母本抽穗约 10%开始喷施第 1 次,施用量为 8.0 ~ 12.0 g/667 m^2,父母本同时喷施,相隔 2 d 以后喷施第 2 次,施用量为 8.0 ~ 12.0 g/667 m^2,父母本同时喷施;随后视母本抽穗情况酌情喷施 4.0 ~ 5.0 g/667 m^2。

5.4 加强病虫害的防治

制种田要特别注重防治恶苗病、纹枯病和稻粒黑粉病,保证高产和种子质量。可以采用播种时用强氯精浸种,严格控制氮肥用量,以防止贪青。

5.5 做好防杂保纯

首先要选好隔离区，制种隔离空间距离 200 m 以上，时间隔离 25 d 以上;7 月份灌溉水水温不能低于 23.5 ℃;最后在生长期和喷施赤霉素后授粉过程中出现的各类杂株要彻底清除,父本授完粉后要及时收割,母本成熟后在天晴时收割,注意防止机械和人工混杂[5]。

参考文献:

[1] 徐春春,纪　龙,李凤博,等. 当前我国水稻产业发展形势与战略对策[J]. 华中农业大学学报,2022,41(1):21–27.

[2] 陈汝秋,韩　容,张　帅,等. 高产两系杂交中稻新组合春两优长 70 的选育[J]. 杂交水稻,2023,38(3):88–90.

[3] 刘定友,余华清,杨　伟,等. 高配合力优质水稻恢复系绵恢 6139 的选育与应用[J]. 杂交水稻,2023,38(1):56–58.

[4] 杨俊武,李亚男,徐俊英,等. 持久抗稻瘟病三系杂交水稻恢复系‘长恢 31’的创制与配组利用[J]. 分子植物育种,2023,21(2): 680–686.

[5] 陆建康,梅　佳,涂　军,等. 优质高产抗病杂交中籼新组合荃优 220[J]. 杂交水稻,2021,36(2):119–121.

Breeding and Characteristics of New Two-line Medium Indica Hybrid Rice Combination Longliangyou 1137 with High Yield

LONG Yu[1], FAN Gucheng[1], JIANG Jing[1], WANG Run[1], QIU Xianjin[1], YAN Youguo[2], LI Zhixin[1]
(1.College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 2. Hubei Longdao Seed Industry Technology Co., Ltd., Jingzhou 434021, China)

Abstract: Longliangyou 1137 is a new combination of two-line medium hybrid rice bred by Hubei Longdao Seed Industry Technology Co., Ltd. with Long 6S as the maternal parent and R1137 as the paternal parent. The variety has the characteristics of high yield, suitable growth period, strong growth potential, good ripening phase and lodging resistance when it is used for one-season medium rice. It had whole growth period of 135.8 d, plant height of 120.2 cm, total number of grains per panicle of 235.9, 1 000-grain weight of 25.7 g and seed setting rate of 84.2%. In 2023, it was approved by National Crop Variety Certification Committee（Approval number: Guoshendao 20233114）. The breeding process, characteristics, cultivation and seed production techniques were briefly described in the paper.

Key Words: Two-line hybrid rice; Longliangyou 1137; Breeding

欢迎订阅 2025 年《大麦与谷类科学》

《大麦与谷类科学》是《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录期刊、超星域出版平台全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、国家科技学术期刊开放平台全文收录期刊、原国家新闻出版广电总局首次认定 A 类学术期刊。江苏省一级期刊、2017 年度江苏省精品科技期刊,CACJ 中国应用型扩展期刊(2023 版),OA 开放获取典范期刊(维普资讯)。

《大麦与谷类科学》由江苏省农业科学院主管、江苏沿海地区农业科学研究所主办,是中国作物学会大麦专业委员会与江苏省农学会学术性期刊,内容具有创新性、应用性、系统性、导向性,主要报道大麦、小麦、水稻、玉米、高粱、谷子等谷类作物的研究动态和科研成果,内设栏目有:综述与报告(专家视点)、生理与生态、栽培与育种、土肥与植保、贮藏与加工、资源与环境、种业创新、现代大农业、乡村振兴、简讯与信息、人物介绍等。主要作者与读者为从事农业科研与农技推广的科技人员、农业企业经营管理人员、农业大中专院校师生等。

本刊为双月刊,大 16 开本。国内外公开发行,中国标准连续出版物号 CN32-1769/S、ISSN 1673-6486。国内每期定价 15.00 元,全年 6 期共 90.00 元,自办发行。

欢迎赐稿,欢迎订阅。可随时直接与本编辑部联系。

电　话:0515-88330625　　网　址:http://dmkx.cbpt.cnki.net
电子信箱:damkx@163.com　　邮　编:224002
邮局汇款:《大麦与谷类科学》杂志编辑部　　地　址:江苏省盐城市开放大道北路 9 号
银行汇款:江苏沿海地区农业科学研究所　　开户行:盐城市农行建中支行
账　号:10-400901040004637　　用　途:订阅费或编审费

欢迎订阅 2025 年《农业科技通讯》杂志

农业农村部主管 中国农业科学院主办　　国家新闻广电总局认定的第一批学术期刊(2014)
刊号:ISSN1000-6400 CN11-2395/S　　邮发代号:2-602 月刊 每月 17 日出版
单价:30.00 元 全年:360.00 元　　全国各地邮局及本刊编辑部均可订阅

荟萃科技成果
展示优良品种
聚合实用技术

本刊及时报道种植业研究成果,尤其是种子方面的新品种、新技术。侧重大田,兼顾园艺。是种植业者优选刊物。

主要栏目有专题论述、试验研究、粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、西甜瓜、林木花卉等。内容丰富翔实、信息量大、技术实用。

地址:100081 北京市海淀区中关村南大街 12 号《农业科技通讯》编辑部
电话:010-82109665 82109664 82106276　　E-mail:tongxun@caas.cn

马永周,曹转勤,孙　杰,等. 高产广适小麦新品种华麦 21 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):74–78. https:// doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2024.06.014.

高产广适小麦新品种华麦 21 的选育及栽培技术

马永周,曹转勤,孙　杰,周凤明 *
(江苏省大华种业集团有限公司,江苏 连云港 222344)

摘要:华麦 21 是江苏省大华种业集团有限公司以 H0892 为母本、周麦 18 为父本杂交,利用系谱法选育而成的高产广适小麦新品种。该品种产量潜力大(2 年区域试验平均产量比对照品种淮麦 20 增产 6.5%),表现穗多、穗大,平均有效穗数 630.0 万个 /hm^2,穗粒数 35.8 粒 / 穗,千粒质量 46.5 g,抗黄花叶病毒病,中感赤霉病、条锈病和叶锈病。华麦 21 于 2022 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定(审定编号:苏审麦 20220018),适合在江苏省淮北麦区推广种植。

关键词:华麦 21;小麦;选育;栽培技术
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673–6486–20240094

小麦是世界上重要的粮食作物,总产量仅次于玉米,位居第 2[1–2]。小麦也是我国主要的两大口粮之一,其籽粒磨制成粉后可制作成馒头、面条、面包等种类繁多的面制食品,为人类提供身体所需的碳水化合物、蛋白质、维生素等营养成分[3–5]。据统计,我国小麦种植面积占全国粮食作物种植总面积的 20%以上,其产量和品质对保障国家粮食安全具有重要意义[6–7]。江苏省淮北麦区属于我国黄淮冬麦区南片地区,小麦常年种植面积约 100 万 hm^2[8–10]。该地区位于我国东部沿海、长江和淮河下游,气候类型为温带季风气候和亚热带季风气候,全年平均气温 15.0 ℃,年平均降水量 978.6 mm。近年来,因江苏省干旱、冻害、倒春寒、干热风、湿害和病虫害等逆性环境发生频繁,导致小麦在生长发育过程中受到不同程度的影响,进而严重降低小麦的产量和品质[11–13]。因此在小麦繁育过程中应加强高产、多抗品种的选育,进而增强小麦抗病虫害能力,提高小麦的产量和品质。华麦 21 是由江苏省大华种业集团有限公司以 H0892 为母本、周麦 18 为父本,杂交后通过系谱法选择育成。该品种产量潜力大、综合抗性强、品质优,于 2022 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定(审定编号:苏审麦 20220018),适宜在江苏省淮北麦区种植,具有广阔的市场前景。

收稿日期:2024–09–18;修回日期:2024–12–09。
基金项目:苏垦农发自主创新资金(SKNFO22024006)。
作者简介:马永周(1986—),男,农艺师,主要从事小麦遗传育种研究。Email: myz306@163.com。
* 通信作者:周凤明(1972—),男,推广研究员,主要从事稻麦育种及农作物栽培技术研究。Email: zfm7212@sina.com。

1　华麦 21 选育经过

为了培育广适性好、产量高、综合抗性优良的小麦品种,2008 年春以自主选育的高产优质小麦新品系 H0892 为母本,以河南省周口市农业科学院育成的高产多抗小麦品种周麦 18 为父本组配杂交,杂交种于成熟后混收、晾干。以混收的杂交后代为基础材料,2008—2009 年度于连云港岗埠农场种植 F_1 代单株 100 株,田间及时拔出与母本 H0892 相同的假杂种单株,其余单株于种子成熟后混收。2009—2010 年度种植 F_2 代群体小区,并尽可能多地选择不同类型单穗,分别脱粒。2010—2014 年度分别种植 F_3—F_6 世代,每世代分别种植单穗穗行,成熟后在表现优异的穗行中选择优良单穗继续加代种植。2014—2015 年度种植 F_7 代穗行,在表现综合农艺性状好、抗病性强的穗行中选择优异单株。2015—2016 年度将选择的优异单株分别种植成小区,选择综合抗性优良、农艺和产量性状好的稳定小区混收,清选、晾干后室内淘汰病粒率高、光泽度和饱满度差的小区材料。2016—2017 年度在连云港岗埠农场进行鉴定试验,其中编号为“JD2892”的小区材料表现稳定一致,综合抗性好,产量 3 要素协调,籽粒品质好。2017—2018 年度进行品种比较试验,表现抗寒性和抗病性好、产量高、品质优,暂定名“华麦 2892”。2018—2019 年度推荐参加江苏省淮北小麦预备试验,表现广适性好、产量高、抗逆性

强。2019—2021 年度续试，参加江苏省淮北小麦区域试验，表现产量高、综合抗性好。2021—2022 年度继续参加江苏省淮北小麦生产试验，表现广适性好、抗倒伏能力强、高产、抗病。2023 年通过江苏省品种审定委员会审定，定名华麦 21，审定编号为苏审麦 20220018，适宜在江苏淮北麦区种植。2023 年 11 月申请国家植物新品种权保护（申请号：20231011725）。具体选育过程见图 1。

图 1　华麦 21 的选育经过

2　华麦 21 特征特性

2.1　形态特征

2019—2021 年度区域试验结果表明华麦21 属半冬性中晚熟小麦品种。幼苗半匍匐，叶色绿。分蘖力和抗寒性强。株型松散适中，穗层整齐，茎秆粗壮，抗倒性强。起身拔节期中等偏迟，熟相好。穗纺锤形，长芒、白壳、白粒、半角质。

2.2　生物学特征

试验结果（表 1）显示，华麦 21 全生育期228.6 d，较对照品种淮麦 20 晚熟 1.1 d。株高 84.1 ~ 93.1 cm。植株分蘖成穗较多，基本苗数为 265.5 万 ~ 289.5 万株 /hm² 时，最高茎蘖数可达 1 552.5 万 ~ 1 741.5 万个 /hm²，有效穗数 627.0 万 ~ 640.5 万个 /hm²，成穗率达 36.0% ~ 41.1%。华麦 21 穗型较大，穗粒数多且籽粒灌浆充实度好，穗粒数34.8 ~ 37.2 粒 / 穗，千粒质量 42.8 ~ 47.7 g。

表 1　华麦 21 主要农艺性状表现

试验组别		株高 / cm	全生育期 / d	基本苗 /（万株 /hm²）	最高茎蘖数 /（万个 /hm²）	有效穗数 /（万个 /hm²）	成穗率 / %	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g
区域试验	2019—2020 年度	90.9	228.0	265.5	1 552.5	633.0	40.8	34.8	45.3
	2020—2021 年度	93.1	229.3	274.5	1 741.5	627.0	36.0	36.7	47.7
	平均	92.0	228.6	270.0	1 647.0	630.0	38.4	35.8	46.5
生产试验	2021—2022 年度	84.1	221.0	289.5	1 576.5	640.5	41.1	37.2	42.8

2.3　品质特性

华麦 21 于 2019—2021 连续 2 年度经农业农村部谷物品质监督检验测试中心(哈尔滨)检测,结果（表 2）显示华麦 21 区域试验 2 年容重分别为 838、836 g/L,蛋白质(干基)含量(质量分数,下同)分别为 12.8%、14.7%，湿面筋含量分别为 27.0%、33.1%,吸水量分别为 650、600 mL/kg,稳定时间分别为 3.9、3.4 min，最大拉伸阻力分别为 183、213 E.U.,拉伸面积分别为 37.0、54.0 cm^2，硬度指数分别为 53.7、55.2,2 年度品质均达中筋小麦品种标准。

2.4　抗性特性

华麦 21 经江苏省农业科学院植物保护研究所、江苏里下河地区农业科学研究所、江苏徐淮地区徐州农业科学研究所、江苏省农业科学院种质资源与生物技术研究所连续 2 年鉴定：华麦 21 中感赤霉病(人工单花滴注接种鉴定中感赤霉病,严重度分别为 2.95、3.50;自然发病鉴定中感赤霉病,病情指数分别为 1.57、21.63)，抗黄花叶病毒病，中感条锈病、叶锈病,高感白粉病、纹枯病、穗发芽(表 3)。

表 2　华麦 21 品质检测结果

区域试验	容重 /（g/L）	蛋白(干基)含量 /%	湿面筋含量 /%	吸水量 /（mL/kg）	稳定时间 / min	最大拉升阻力 /（*R*m,135,E.U.）	拉伸面积 / cm^2	硬度指数
2019—2020 年度	838	12.8	27.0	650	3.9	183	37.0	53.7
2020—2021 年度	836	14.7	33.1	600	3.4	213	54.0	55.2
平均	837	13.8	30.1	625	3.6	198	45.5	54.4
《主要农作物品种审定标准(国家级)》	强筋	≥14.0	≥30.5	≥60	≥10.0	≥450	≥100	
	中强筋	≥13.0	≥28.5	≥58	≥7.0	≥350	≥80	
	中筋	≥12.0	≥24.0	≥55	≥3.0	≥200	≥50	
	弱筋	< 12.0	< 24.0	< 55	< 3.0			

表 3　华麦 21 抗性鉴定结果

年度	赤霉病				纹枯病	白粉病	条锈病	叶锈病	黄花叶病	穗发芽
	接种鉴定		自然发病							
2019—2020	2.95	MS	1.57	MS	HS	HS	HR	MS	R	HS
2020—2021	3.50	MS	21.63	MS	MS	HS	MS	HR	HR	HS
平均	3.22	MS	11.60	MS	HS	HS	MS	MS	R	HS

注:HR,高抗;R,抗病;MR,中抗;MS,中感;S,感病;HS,高感。

3　华麦 21 产量表现

华麦 21 于 2019—2020 年度参加江苏省淮北小麦区域试验,11 个试验点产量幅度 7 402.35 ~ 10 162.50 kg/hm^2,平均为 9 044.55 kg/hm^2,较对照品种淮麦 20 增产达 7.7%,居 15 个参试小麦品种产量位次第 2 位。2020—2021 年度续试,产量幅度 7 280.70 ~ 9 660.00 kg/hm^2,平均产量 8 684.10 kg/hm^2,较对照淮麦 20 增产 5.3%,位居 16 个参试小麦品种产量位次第 6 位。2021—2022 年度参加江苏省淮北小麦生产试验,11 个试点的增产点率 100%,产量幅度 7 534.50 ~ 10 672.50 kg/hm^2,平均产量 9 446.40 kg/hm^2,较对照淮麦 20 增产 6.8%，居 7 个参试小麦品种产量位次第 3 位。华麦 21 在 3 年中间试验中表现广适性好,所参试的 33 个试验点均表现增产,且最高产量达 10 672.50 kg/hm^2(表 4)。

4　华麦 21 栽培技术要点

品种的产量和品质主要决定于栽培环境与其遗传特性的协调统一[14-15]。为充分发挥华麦 21 的品种优势,提高种植收益,在栽培管理上,要重点做好以下几项工作。

4.1　精细整地

前茬秸秆全量还田的地块在籽粒收获时将秸秆切碎或粉碎,粉碎长度≤10 cm 且抛撒均匀。收获

后及时进行机械耕翻，耕深为 25 cm 以上。耕后要耙透、耙实、耙平、耙细，做到“土壤细碎、畦面平整、上虚下实、足墒下种”的整地标准，以利于种子发芽和根系生长。

表 4　华麦 21 的试验产量表现

试验组别	产量(kg/hm²)		较对照增产 / %	产量位次	试验点数 / 个	增产点数 / 个	增产点率 / %
	幅度	平均					
2019—2020 年度	7 402.35 ~ 10 162.50	9 044.55	7.7	2	11	11	100.0
2020—2021 年度	7 280.70 ~ 9 660.00	8 684.10	5.3	6	11	11	100.0
平均	7 341.52 ~ 9 911.25	8 864.33	6.5				
2021—2022 年度生产试验	7 534.50 ~ 10 672.50	9 446.40	6.8	3	11	11	100.0

注：对照品种均为淮麦 20。

4.2　种子处理

去除破损、瘪粒、病虫害粒等不良种子，确保种子质量。根据当地病虫害发生情况，在播种前 3 ~ 5 d 选择既含有杀菌剂又含有杀虫剂的拌种剂或种衣剂，进行种子包衣或拌种处理，达到消毒杀菌和兼治苗期病虫害的功效，提高种子发芽率和出苗整齐度[16]。

4.3　适期播种

华麦 21 的适宜播种时期为 10 月 10—25 日，适宜播期内播种基本苗为 240 万 ~ 270 万株 /hm²，提倡采用条播机进行机械播种，行距配置为 20 ~ 25 cm，播种深度为 3 ~ 5 cm，推迟播种或肥力水平偏低应适当增加播量。播种时确保播种均匀，无漏播，不重播，播种前后防干旱及渍害。

4.4　查苗除草

出苗后及时查苗，对于出苗差或因地下害虫危害造成缺苗断垄地块要抢时补种，确保苗全、苗匀、苗壮。播后未封闭或者封闭效果差的地块，认准田间杂草类型，科学搭配禾阔杂草防除药剂，在冬前日平均气温 5 ℃以上的晴好无风天，进行化学除草，减少杂草对养分的竞争。

4.5　肥水运筹

肥料运筹上应注意前期促壮苗早发，返青期控无效分蘖，拔节至孕穗期巩固穗数，促壮秆大穗，保花增粒数和粒质量。在 8 250.0 kg/hm² 的产量水平，建议总施氮量为 270 ~ 300 kg/hm²，基追比为 5 ∶ 5，P_2O_5 用量为 105 ~ 120 kg/hm²，K_2O 用量为 90 kg/hm²，且磷、钾肥全部基施。在施足基肥的基础上，严格控制冬前和返青肥。越冬期追施 37.5 ~ 75.0 kg/hm² 尿素促平衡，在基部 1、2 节间定长、倒 2 叶出生前后（3 月 25 日前后）重视拔节肥（尿素 150 ~ 225 kg/hm²）的施用，以达到巩固分蘖成穗、主攻大穗、提高粒质量的目的。后期注意养根保叶，提高千粒质量。一般田块叶面喷施磷酸二氢钾 3.75 ~ 7.50 kg/hm²，脱肥田块可另加 15.0 ~ 22.5 kg/hm² 尿素混喷。

播种时要保证土壤墒情（土壤相对含水量在 80%左右），如遇干旱要早灌水造墒。12 月上、中旬，灌越冬水，保证足墒越冬；3 月底至 4 月初结合施穗肥灌拔节孕穗水，同时应做好田间三沟配套、灌水抗旱等工作，提高抗灾能力。

4.6　病虫害防治

小麦病虫害有很多，其中发生面积广，危害最为严重的主要有纹枯病、白粉病、赤霉病、蚜虫、麦蜘蛛等，这些病虫害主要危害小麦植株的茎基部、叶部和穗部，生长期内一旦发病，植株的茎基部、叶片和麦穗会发生腐烂、萎缩、枯死，造成营养物质和水分无法正常吸收、传导等，导致小麦植株营养不良、生长停滞、枯白穗，甚至整株死亡。因此，针对小麦病虫害要根据各地植保站的预测预报，及时科学防病治虫。

在小麦返青至拔节期间纹枯病初发时，用 33% 井冈·蜡芽可湿性粉剂 300 倍液或 5%甲基立枯灵 300 倍液喷雾防治。小麦抽穗至灌浆期间白粉病发病初期，用 30%嘧菌酯悬浮剂 1 000 倍液或 80%戊唑醇可湿性粉剂 5 000 倍液喷雾防治。小麦扬花期重点防治赤霉病流行危害，可用 48%氰烯菌酯·戊唑醇悬浮剂 600 倍液或 55%苯甲·咪鲜胺乳油 2 000 倍液喷雾防治。当麦田蚜虫百株虫量达 200 头以上时，用高效氯氟氰菌酯乳油或吡虫啉可湿性粉剂 1 000 倍液喷雾防治。每 33 cm 单行有麦蜘蛛 200 头以下、上部叶片 10%以上叶面有被害斑点时，要及时用 15%哒螨酮水乳剂 1 500 ~ 2 000 倍

液或 1.8%阿维菌素乳油 5 000 倍液喷雾防治麦蜘蛛。

4.7　适时收获

小麦蜡熟中后期籽粒的千粒质量、加工与营养品质最佳，该期要适时用机械收获，确保丰产丰收，防止霉变或穗发芽发生而导致品质与产量下降[17]。

参考文献：

[1] 张　锋,张立东,马孝锋,等. 小麦新品种赛德麦 8 号的主要农艺性状适应性分析[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(4):62–68.

[2] 蒋　进,张明虎,李小雨,等. 小麦品种南麦 660 的遗传构成解析[J]. 作物研究,2024,38(3):211–217.

[3] 刘光辉. 小麦籽粒理化特性及面粉生产方法概述[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(5):56–61.

[4] 张善磊,崔小平,王卫军,等. 优质高产小麦新品种富麦 999 的选育及主要特征特性[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(2):72–76.

[5] 刘可欣,杨润强,顾振新,等. 发芽对小麦营养和加工品质影响研究进展[J]. 中国粮油学报,2018,33(5):135–140,146.

[6] 宋开业,施　昙,贾瑞宇,等. 高产、高抗、中强筋小麦新品种楠丰麦 186 的选育及关键栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(4):69–72.

[7] 杨玉东,张秋梅,杨玉涛,等. 优良小麦新品种宛丰 11 的选育及高质高效栽培技术[J]. 农业科技通讯,2024(4):157–159.

[8] 张平平,徐修奎,姚金保,等. 半冬性高产优质小麦宁洪麦 452 的选育及特征特性[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):76–78.

[9] 赵　虹,王西成,胡卫国,等. 黄淮南片麦区小麦倒春寒冻害成因及预防措施[J]. 河南农业科学,2014,43(8):34–38.

[10] 周正红,孙海燕,肖　群,等. 优质高产小麦新品种农麦 152 的选育与栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(4):60–63.

[11] 徐忆菲,徐　敏,李　特,等. 2023 年江苏省麦收期连阴雨天气特征及其对冬小麦的影响分析[J]. 气象与环境科学,2024,47(1):37–44.

[12] 鲍艳松,严　婧,闵锦忠,等. 基于温度植被干旱指数的江苏淮北地区农业旱情监测[J]. 农业工程学报,2014,30(7):163–172,294.

[13] 吴　燕,杨荣明,朱先敏,等. 近年来江苏省小麦病虫害发生新特点及其治理对策[J]. 江苏农业科学,2010,38(4):119–121.

[14] 乔玉强,马传喜,司红起,等. 基因型和环境及其互作效应对小麦品质的影响及品质稳定性分析[J]. 激光生物学报,2008,17(6):768–774.

[15] 王康君,郭明明,张广旭,等. 小麦新品种连麦 11 特征特性及高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(5):67–70.

[16] 张　帅,闵　红,林彦茹,等. 复合型种衣剂应用于小麦病虫害防控的示范效果[J]. 中国植保导刊,2019,39(10):57–60.

[17] 吴才君,朱洪文,吴秀华,等. 强筋小麦新品种苏麦 288 的特征特性及配套高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(5):64–66.

Breeding and Cultivation Techniques of New Wheat Variety Huamai 21 with High Yield and Wide Adaptability

MA Yongzhou, CAO Zhuanqin, SUN Jie, ZHOU Fengming

(Jiangsu Dahua Seed Group Co., Ltd., Lianyungang 222344, China)

Abstract: Huamai 21 is a new wheat variety with high yield and wide adaptability bred by Jiangsu Dahua Seed Group Co., Ltd. using the method of the systematical selection, by the cross with H0892 as the maternal parent and Zhoumai 18 as the paternal parent. The variety has high-yield potential (the average yield of the 2-year regional test was 6.5% higher than that of the control variety Huaimai 20). It has the advantages of multiple spikes, large spikes, about 6.30 million spikes per hectare, 35.8 grains per spike, and 1000-grain weight of 46.5 g. It is resistant to wheat yellow mosaic virus, moderately susceptible to head scab, stripe rust and leaf rust. In 2023, it was approved by Jiangsu Provincial Variety Approval Committee (Approval number: Sushenmai 20220018) and suitable for planting in Huaibei wheat areas of Jiangsu Province.

Key Words: Huamai 21; Wheat; Breeding; Cultivation technique