王慧芳,刘　骏,曲　蓓,等. 小麦主要污染物的检测方法及预防措施[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):1-7. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.001.

小麦主要污染物的检测方法及预防措施

王慧芳[1],刘　骏[1*],曲　蓓[2],简俊涛[3],张金霞[4],李金峰[1],王士苗[1]
(1. 焦作市农林科学研究院,河南 焦作 454000;2. 焦作市产品质量检验检测中心,河南 焦作 454000;
3. 南阳市农业科学院,河南 南阳 473000;4. 新乡市农业科学院,河南 新乡 453000)

摘要:小麦作为中国主要口粮,在其生长发育及后期仓储加工期间,品质受到各方面因素的影响。农药残留、重金属及真菌毒素作为小麦的主要污染物,对小麦品质的危害风险较重,已成为小麦产业健康发展的主要限制因素。为降低污染物对小麦品质的影响,概述了小麦主要污染物的检测方法,分析了小麦主要污染物产生的原因,提出了品种选择、种子包衣、使用大中型高效药械、选择合适的加工方式、改善仓储条件等综合预防措施,以期为小麦主要污染物及危害的预防提供参考。

关键词:小麦;污染物;检测;预防
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240043

小麦是我国主要粮食作物之一。国家统计局公布的数据显示,2023 年度我国小麦种植面积 2 363 万 hm^2,年产量 13 659 万 t。小麦从播种到成熟收获会经历多次病虫害防治,合理使用农药对小麦病虫害的防治及品质和产量的提升具有重要的保障作用[1]。与此同时,不合理的使用农药及环境污染等因素会造成农药残留、重金属以及真菌毒素等污染,对人体健康造成危害。民以食为天,食以安为先。为降低污染物对小麦品质的影响,笔者概述了小麦主要污染物的检测方法,分析了小麦主要污染物产生的原因,提出了品种选择、种子包衣、使用大中型高效药械、选择合适的加工方式和仓储条件等综合预防措施,以期为小麦主要污染物及危害的预防提供参考[2]。

1　小麦的主要污染物

1.1　农药残留

农药是对用于预防控制及消灭农作物病虫草害,以期提高粮食产量及品质的各种化学物质的统称。使用后没有被分解掉的农药,称作农药残留。农药残留主要有 3 类,分别是有机磷类、有机氯类以及有典型代谢产物类[3]。有机磷类农药在小麦生产中应用广泛,常用的有机磷类农药有甲基嘧啶磷、二嗪硫磷、丙线磷等。有机氯类农药由于化学性质稳定、不易被分解,目前已被国家禁止使用,但部分地区的土壤中仍能检测到残留的有机氯类农药。有典型代谢产物类的农药种类较多,如在小麦生产中常用的有乙酰甲胺磷、咪鲜胺等。2021 年,姜朵朵团队对我国北方麦区和南方麦区部分采样点的小麦农药残留情况进行了调查,结果显示吡虫啉、噻虫嗪、氯氟氰菊酯的检出率分别为 100%、94%、81%,采样点的小麦农药残留量均符合限量标准[4]。由于小麦实际生产中存在部分生产者违规使用高毒农药或超量使用农药的情况,因此加强对小麦的农药残留检测十分必要,常见农药残留样品的仪器检测检出限如表 1 所示。

1.2　重金属

密度高于 5 g/cm^3 的金属元素统称为重金属,其在自然界分布广泛,容易被人体吸收。小麦中常见的重金属有镉、铅、铬、汞、砷(类)等,其主要来源为被污染的土壤、水源和空气。重金属进入人体后,会与体内的生物大分子结合,进而抑制相关酶的活性,超量摄入或长期累积重金属后,人体内的正常生理代谢会被严重干扰,导致人体代谢失调和体内多种器官组织的不可逆损伤[5]。表 2 为小麦安全生产的土壤镉、铅、铬、汞、砷阈值,当土壤镉、铅、铬、汞、砷的含量低于表 2 中的阈值时,小麦可安全进行生产。

收稿日期:2024-04-25;修回日期:2024-08-07。
基金项目:河南省农业种质资源普查项目[豫农文(2021)113 号];焦作市科技计划[焦科(2021)54 号]。
作者简介:王慧芳(1984—),女,农艺师,主要从事作物育种栽培工作。Email: nlyjjs@163.com。
* 通信作者:刘　骏(1990—),男,硕士,高级农艺师,主要从事作物育种栽培工作。Email: liujunzhengzhou@163.com。

表 1　常见农药残留检出限

序号	农药名称	英文名称	化学式	检出限 /(mg/kg)	依据或标准
1	甲基嘧啶磷	Pirimiphos-methyl	$C_{11}H_{20}N_3O_3PS$	0.01	GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》
2	乙酰甲胺磷	Acephate	$C_4H_{10}NO_3PS$	0.01	
3	二噁硫磷	Dioxathion	$C_{12}H_{26}O_6P_2S_4$	0.01	
4	丙线磷	Ethoprophos	$C_8H_{19}O_2PS_2$	0.005	
5	特丁磷	Terbufos	$C_9H_{21}O_2PS_3$	0.005	
6	甲基乙拌磷	Thiometon	$C_6H_{15}O_2PS_3$	0.01	
7	二嗪磷	Diazinon	$C_{12}H_{21}N_2O_3PS$	0.01	
8	乙嘧硫磷	Etrimfos	$C_{10}H_{17}N_2O_4PS$	0.01	
9	咪鲜胺	Prochloraz	$C_{15}H_{16}C_{l3}N_3O_2$	0.005	
10	稻丰散	Phenthoate	$C_{12}H_{17}O_4PS_2$	0.01	

表 2　小麦安全生产的土壤镉、铅、铬、汞、砷阈值

种类	阈值 /(mg/kg)				依据或标准
	pH 值≤5.5	5.5 < pH 值≤6.5	6.5 < pH 值≤7.5	pH 值 > 7.5	
镉	0.20	0.23	0.30	0.36	GB/T 41685—2022《小麦安全生产的土壤镉、铅、铬、汞、砷阈值》
铅	70.00	76.00	90.00	99.00	
铬	140.00	150.00	175.00	190.00	
汞	1.30	1.43	1.73	1.90	
砷	40.00	34.00	25.00	21.00	

1.3　真菌毒素

真菌毒素是真菌在生长过程中所产生的有毒次生代谢产物，在食品和饲料中广泛存在，迄今已发现 400 多种真菌毒素[6]。适宜的温度和湿度可促使真菌大量生长和繁殖，产生大量的真菌毒素。小麦及其加工产品中常见的真菌毒素主要有呕吐毒素（DON）、黄曲霉毒素 B_1（AFT B_1）、玉米赤霉烯酮（ZEN）等。据不完全统计，我国每年因真菌毒素造成的粮食污染损失高达 3 100 万 t，约占粮食年总产量的 6.2%[7]。加强对小麦真菌毒素的检测，能及时提醒相关人员采取措施避免损失，常见真菌毒素样品的仪器检测检出限如表 3 所示。

表 3　常见真菌毒素检出限

序号	中文名称	英文名称	分子量	检出限 /(mg/kg)	依据或标准
1	DON（脱氧雪腐镰刀菌烯醇）	Deoxynivalenol	296.32	0.001	GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》等
2	15A-DON（脱氧雪腐镰刀菌烯醇）	15-Acetyl-deoxynivalenol	337.25	0.001	
3	3A-DON（脱氧雪腐镰刀菌烯醇）	3-Acetyl-deoxynivalenol	337.25	0.001	
4	黄曲霉毒素 B_1	Aflatoxin B_1	312.27	0.000 2	
5	黄曲霉毒素 B_2	Aflatoxin B_2	314.29	0.000 2	
6	黄曲霉毒素 G_1	Aflatoxin G_1	328.27	0.000 2	
7	黄曲霉毒素 G_2	Aflatoxin G_2	330.29	0.001	
8	伏马毒素 B_1	Fumonisin B_1	721.83	0.01	
9	伏马毒素 B_2	Fumonisin B_2	705.83	0.01	
10	玉米赤霉烯酮	Zearalenone	318.36	0.005	

2　小麦主要污染物的检测方法

2.1　农药残留的检测方法

2.1.1　酶抑制法。检测农药残留，首先需要按要求采集样品，将处理后的样品制备成检测试样进行检测分析。酶抑制法的原理是利用有机磷与氨基甲酸酯类农药对某种酶的抑制作用，观察酶促底物反应中的显色情况，根据显色情况确定所检测样品中的农药残留量是否超标。酶抑制法农药残留的快速检测技术较为成熟，但只能进行定性分析，不能够确定残留农药的种类和残留量。

2.1.2　速测法。速测法的原理是利用一些具有强催化作用的金属离子催化剂促使农药水解，水解产物通常为醇和磷酸，通过显色剂对水解后的产物进行反应，判断小麦上残留农药的种类和残留量，主要检测对象是有机磷和有机硫类农药。与酶抑制法一样，由于价格低廉且操作方便，目前广泛应用的有各类快速检测仪器和快速检测卡。

2.1.3　气相色谱法。气相色谱法的原理是利用检测样品不同组分在气化后，会因为各组分具有不同的分离系数，在色谱柱内实现分离，先后从色谱柱中流出，按照一定的顺序被引入到装置内进行检测，整个过程中出现的电信号被放大后，会有不同色谱峰出现。运用该原理，常用氮磷检测、火焰光度检测以及电子捕获器等方法对残留农药进行检测[8]。气相色谱法的优点是可实现对农药残留的精准检测，特别是对挥发性农药的检测灵敏度高，但对检测人员的专业技能有一定的要求。

2.1.4　液相色谱法。液相色谱法的原理是检测样品不同组分溶于流动相后，采用高压输液系统将流动相泵入装有颗粒极细的色谱柱中，各组分在色谱柱内会发生吸附、分配、排阻等作用，滞留时间不同实现分离，先后从色谱柱中流出进入检测器，完成检测分析。运用该原理，常用紫外线检测、荧光检测以及液相色谱 – 质谱联用检测（LC–MS）等方法对残留农药进行检测[9]。液相色谱法的优点是对检测样品的适用性广，不受检测样品挥发性和热稳定性的限制，能分析和分离高沸点且不能气化的热不稳定生理活性检测样品。小麦农药残留检测方法及对应检测的常见农药种类如表 4 所示。

表 4　小麦农药残留检测方法及对应检测的常见农药种类

检测方法	常见农药种类	依据或标准
酶抑制法	克百威、丁硫克百威、嘧菌酯、禾草敌、禾草丹、燕麦灵、甜菜宁、硫草敌、燕麦敌等	GB 23200.121—2021《食品安全国家标准 植物源性食品中 331 种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱 – 质谱联用法》
速测法	倍硫磷、丙溴磷、霜脲氰、稻丰散、辛硫磷、敌百虫、福美双、三唑磷、乙蒜素等	
气相色谱法	敌克松、辛硫磷、氯溴异氰脲酸、高效氟吡甲禾灵、唑草酮、氰氟草酯、乙羧氟草醚等	
液相色谱法	异丙威、抗蚜威、灭多威、杀螟硫磷、二嗪磷、吡唑醚菌酯、啶氧菌酯等大部分农药	

2.2　重金属的检测方法

2.2.1　原子吸收光谱法。原子吸收光谱法又称原子吸收分光光度法，由于各元素的原子结构和外层电子的排布不同，不同元素的原子从基态激发至第一激发态吸收的能量不同，其共振吸收线也不同，原子吸收光谱法通过对被测元素基态原子在蒸汽状态下对同种原子发射的特征辐射的吸收作用而建立起来的定量分析方法[10]。原子吸收光谱法可以测定 70 余种元素，具有检出限较低、检测灵敏度高等优点，检测人员可以根据原子最大吸收量区分检测样品不同类型的原子。

2.2.2　原子发射光谱法。原子发射光谱法即使用激发光源使检测样品蒸发，解离成原子或电离成离子，原子或离子激发后产生光辐射，将不同波长的光经分光系统分解，可以形成按波长顺序排列的光谱谱线，由于不同元素的原子能级结构不同会引起发射的谱线特征不同，可对检测样品进行定性分析，由于待测元素原子浓度不同会引起发射强度不同，可对检测样品进行定量分析[11]。

2.2.3　电感耦合等离子体质谱法。电感耦合等离子体质谱法（ICP–MS）是一种将 ICP 技术和质谱结合在一起的检测技术。在电感耦合等离子体质谱法中，ICP 起到离子源的作用，产生的高温等离子体使检测样品中的元素电离出一个电子，从而形成了一价正离子，质谱起到质量筛选和分析的作用。检测样品通过 ICP 离子化形成离子流，通过接口进入真空系统，在离子镜中仅正离子能够正常通过并聚焦，通过对元素离子进行筛选和计数分析，可以得

到检测样品的元素含量[12]。ICP-MS 法可以同时对多种重金属元素进行分析，具有灵敏度高、分析时间短、线性范围广与检出限低等特点，在小麦重金属检测中被广泛应用。

2.3　真菌毒素的检测方法

2.3.1　高效液相色谱 - 串联质谱联用法。高效液相色谱 - 串联质谱联用法（LC-MS/MS）是一种将液相色谱系统和质谱结合在一起的检测技术，同时具有液相色谱优异的分离能力与质谱高选择性、高灵敏度的检测能力。在高效液相色谱 - 串联质谱联用法中，检测样品通过液相色谱系统分离后接入质谱仪，通常以电喷雾电离、大气压化学电离以及大气压光电离等方式进行离子化，离子化后转成的电信号经过计算机处理后，根据质谱峰对数据进行分析得到检测结果[13]。高效液相色谱 - 串联质谱联用法具有自动化程度较高、检测时间短且可同时检测多个样品的特点，广泛应用于食品真菌毒素的检测。

2.3.2　荧光免疫层析法。荧光免疫层析法（FIA）是基于抗原、抗体特异性免疫反应的新型膜检测技术。传统免疫层析法以胶体金为标记物，该方法具有检测快速简单的优点，但是灵敏度差且难以定量测量，荧光免疫层析法保留了传统免疫层析法的优点，同时通过荧光检测技术的高灵敏度特点解决了传统免疫层析法的缺点。在荧光免疫层析法中，检测样品在载体的毛细作用带动下流经预先偶联到载体上的已知的抗原或抗体，当检测样品中存在相应的抗原或抗体时，会吸附到载体已知的抗原或抗体上并发生特异性反应，通过标记物显色或者发光，对检测样品进行定性和定量检测[14]。

3　小麦主要污染物产生的原因

3.1　农药残留产生的原因

食用农药残留超标的农作物对人体危害较大，长期接触或摄入会影响人体的内分泌系统和激素的正常代谢，从而增加器官病变和癌症的发病率。农药残留的产生主要有 3 个方面的原因。一是许多农民缺乏正确使用农药的知识，存在误用或滥用农药的情况，甚至存在极少数农民为追求经济效益，不负责任地滥用高毒农药。二是滥用农药导致农田环境发生变化，病菌和害虫的抗药性显著增强，生产中进行病虫害防治时只能不断加大用药频率和用药浓度，部分残效性长的农药导致农田环境更加恶化[15]。三是缺乏有效的监督管理和信息宣传，国家明确出台了农药管理及安全使用的相关法规和标准，但相关部门的监督管理力度不够，部分违规农药仍然能够正常上市。此外，相关信息宣传较少，部分农民没有意识到自己滥用农药的行为。

3.2　重金属污染产生的原因

重金属在食物中富集累积后，可通过食物链的传导对人体的消化系统、神经系统以及循环系统造成危害。重金属污染的产生主要有 3 个方面的原因。一是土壤污染。部分缺乏环保意识的地区，将处理后未达标甚至未处理的工业污水和城市生活废水直接排放到农田中，导致土壤重金属超标。植物通过根部吸收土壤中的养分造成自身被污染，因此土壤本身的重金属污染是造成植物重金属污染的主要原因。二是空气污染。工矿活动、交通运输等活动会产生大量废气，这些废气中的重金属排入大气后，会形成沉降物，既可以通过沉降进入土壤，又可以通过叶片吸收造成植物重金属污染。三是饲料和肥料的滥用。畜禽养殖的饲料添加剂中往往含有一定量的 Cu、Zn 等重金属，磷肥及有机肥料在生产过程中一些金属杂质因难以完全消除而保留，畜禽养殖饲料和有机肥料的滥用，会导致这些重金属随着畜禽粪便的排出和有机肥的施用进入土壤，进而在植物体内富集[16]。

3.3　真菌毒素产生的原因

真菌毒素即使在极低浓度时也会对人体造成不良影响：呕吐毒素会降低人体免疫机能，引发厌食、呕吐、腹泻等症状；黄曲霉毒素 B_1 具有较强的毒性和致癌性，损伤人体肝脏等器官；玉米赤霉烯酮会影响人体激素和生殖功能；赭曲霉毒素 A 有致畸、致癌及降低免疫作用，损伤人体的肝脏和肾脏等器官[17]。小麦真菌毒素的产生主要来自 3 个环节：一是种植环节。小麦开花时遭遇降雨或温暖湿润的天气时，易感染镰刀菌，镰刀属真菌会合成玉米赤霉烯酮或呕吐毒素。二是收储环节。小麦收获后，部分籽粒上会携带真菌菌丝体或孢子，晾晒时遇到阴雨天气时，菌丝体或孢子会快速生长繁殖并产生真菌毒素。入仓后，仓储水分含量高于 14%时同样易产生真菌毒素[18]。三是加工环节。机械加工设备中的谷物残留物易滋生产毒真菌，会对使用机械设备加工的小麦产品造成污染。

4　小麦避免产生污染物的措施

4.1　避免产生农药残留的措施

4.1.1　种衣剂拌种。小麦播种前使用种衣剂进行拌种，一方面可以灭杀种子自身携带的致病菌，防治苗期病虫害，另一方面可以促进小麦次生根生长，形成壮苗，减少小麦全生长期的用药量（表 5）。种衣剂的主要组成通常为杀菌成分、防虫成分、成膜剂和缓释剂，杀菌成分一般为苯醚甲环唑、三唑酮、戊唑醇等，防虫成分一般为吡虫啉、噻虫嗪等。使用种衣剂拌种具有药物利用率高、持效期长的优点，对减少农药的使用效果显著。

表 5　小麦常用种衣剂及防治对象

防治对象	种衣剂种类	用量	依据或标准
纹枯病、根腐病、黑穗病	2.5%咯菌腈 FS	3.75 ~ 5.00 g/10 kg 种子	DB41/T 2394—2023《小麦种子包衣技术规程》
纹枯病、白粉病、茎基腐病	3%苯醚甲环唑 FS	4 g/10 kg 种子	
地下害虫、蚜虫	60%吡虫啉 FS	20 mL/10 kg 种子	
蚜虫、白粉病、锈病	32%戊唑醇·吡虫啉 FS	30 ~ 50 mL/10 kg 种子	

4.1.2　选用小麦抗病虫品种。小麦从播种到成熟收获会经历“四病三虫”（锈病、白粉病、纹枯病、赤霉病、蚜虫、吸浆虫、麦蜘蛛），选育并种植具有抗病虫特性的小麦品种，是最安全、有效、经济的措施，能大幅度地减少农药的使用量。但随着病原菌的变异以及新毒性和新生理小种的不断出现以及流行，许多品种会随着时间逐步“丧失”抗性，需要育种家不断选育出新的具有显著抗性的新品种。

4.1.3　使用大中型高效药械。农业农村部开展的农药零增长行动，出发点就是为了把农药用量降下来。使用大中型高效药械代替小型低效药械进行大规模、专业化统防统治，是提高农药防效、减少农药使用量的有效方式。常用的大中型高效药械有植保无人机、自走式喷杆喷雾机等，可以大大提高农药利用率和植保作业效率。通过扶持新型农业经营主体和第三方病虫害专业化服务组织，可有效解决实际生产中一家一户打药难和乱打药等问题。

4.1.4　使用增效助剂和混配剂。农药助剂本身没有生物活性，但是和农药混合使用后，可以增强药液的湿润、黏附、渗透和扩散能力，从而提高农药防效，减少农药使用量。常用的农药助剂有乳化剂烷基苯基聚乙基醚、分散剂木质素磺酸钠、湿展剂十二烷基硫酸钠以及渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚等。在小麦大田生产中，将不同作用机理的药剂复配使用进行病虫草害的防治，也是提高农药防效、减少农药使用量的有效方式，生产中将化学农药与杀菌剂、生物农药合理混配使用，减药增效作用明显，同时还能够延缓小麦病虫草害抗药性的发展[19]。

4.2　避免产生重金属污染的措施

4.2.1　减少土壤中的重金属。工业废气、废水、废渣以及居民的生活垃圾，会对附近土壤和环境造成重金属污染。我国目前受到重金属污染的耕地约有 1 000 万 hm^2，约占耕地总面积的 10%。修复土壤有 2 种思路：一种是改变土壤中重金属的存在形态，使其稳定；一种是去除土壤中重金属。常用的办法有换土法、高温热处理法、使用稳定剂固化法、动植物修复法以及微生物修复法等。通过这些方法措施，能够固定、转化和降解土壤中的重金属，有效降低土壤中重金属的含量和毒性，从而减轻小麦的重金属污染。

4.2.2　选择低吸收特性的小麦品种。不同小麦品种在对各种重金属的吸收和富集能力上，存在较大的差异。比如在重金属镉污染的土壤中生长的 30 个不同小麦品种中，冀麦 738、淮麦 23、宁麦 17 等小麦品种籽粒中的镉含量远低于其他对照小麦品种，籽粒中的镉含量均低于国家限量标准[20]。筛选对重金属具有低吸收特性的小麦品种进行种植，能够减少小麦对土壤和空气中重金属的吸收和富集，在一定程度上减少环境对小麦重金属污染的影响。

4.2.3　选择合适的加工方式。降低小麦中重金属含量的加工方式主要有物理法、化学法和生物法。物理法主要是通过提高粮食加工精度、沸水蒸煮或用水浸泡等方式，物理降低小麦中的重金属含量。化学法主要是通过在小麦中加入酸碱等溶剂，使重金属与蛋白结合后从小麦中溶出，进而降低小麦中的重金属含量[21]。生物法主要是通过酶法和微生物发

酵法对小麦进行处理，降低小麦中的重金属含量。

4.3　避免产生真菌毒素的措施

4.3.1　减少初始带菌量。选育抗禾谷镰刀菌的小麦品种，在高污染风险地区种植，利用品种自身的抗性减少真菌的生长。此外，加强田间管理，在小麦扬花期和收割期有降雨时，合理使用杀菌剂与杀虫剂，破坏降雨对真菌生长和毒素产生的有利因素[22]。新收获的小麦有较长时间的后熟期，后熟期内小麦呼吸作用较强，粮堆易发热，会促使微生物数量快速增长，降低小麦入库前的初始带菌量，能够有效减缓真菌毒素的产生，保护小麦免受真菌毒素的污染。

4.3.2　改善储藏方式。储藏方式对小麦真菌毒素的产生影响显著，恶劣的仓储条件会极大地增加小麦产生真菌毒素的风险。使用仓库进行储藏时，应按照仓储管理相关规章制度，及时做好通风、降温、降湿以及熏蒸工作，有条件的建议使用低温库，能有效防止真菌毒素产生及虫蛀现象的发生。当没有仓库等硬件设施时，可使用袋装储粮的简易方法，同时做好机械通风、熏蒸杀虫、防鼠等工作。

4.3.3　控制温度与湿度。储藏过程中，温度与湿度是影响小麦发热霉变的关键因素。大多数小麦的产毒真菌适宜生长温度为 20～40 ℃，因此常温或低温储藏是防止小麦发热霉变的有效措施。水分是产毒真菌生命活动的必要条件。有试验表明，在常温条件下，水分含量（质量分数）分别为 22%、20%、18%、16%的小麦，安全储藏期分别为 5、6、24、33 d[23]。因此，在产毒真菌极易迅速生长的高温高湿季节，应尽可能使小麦储藏在温度 15 ℃以下及相对湿度 50%以下的环境。

5　小结与展望

当前社会越来越重视食品的安全问题，小麦作为我国居民主要口粮，理应对其质量和安全性提出更高要求。随着科技的发展，食品的检测方法和检测技术不断改进，特别是微生物检测和分子生物学检测相关技术的快速发展，未来可实现高效、精确、低成本地检测食品中的污染物。目前，安全检测领域相关的法律法规和标准体系还不是很完善，未来随着政府和相关行业协会不断进行规范，安全检测在食品中的应用规模会逐步增大，成为保障终端食品安全的重要手段。食品安全检测市场具有广阔的发展前景，行业内的相关主体需要持续创新，不断提高自身竞争力以适应市场的快速发展。

参考文献：

[1] 赵荣兵,刘　骏,吴　放,等. 焦作市优质专用小麦产业化发展研究[J]. 农业科技通讯,2020(12):23-25.

[2] 李亚东. 小麦中主要污染物含量测定及安全性评估[J]. 现代食品,2023,29(4):118-120.

[3] 陈　倩,陈　靖. 食品中重金属污染物检测与风险分析[J]. 现代食品,2019(5):143-146,155.

[4] 姜朵朵. 典型农药在我国三种粮食产地残留特征及膳食风险评估[D]. 北京:中国农业科学院,2021.

[5] 王　莹. 气相色谱法检测粮食中 4 种有机磷农药残留量[J]. 现代食品,2023, 29(10):211-214.

[6] 程麦凤,王娇爱,张　晶,等. 不同品种农药在小麦灌浆期防治蚜虫对籽粒残留的影响[J]. 农业技术与装备,2022(9):48-49,52.

[7] 王宏蕾. 典型工业区农田土壤－小麦系统重金属污染特征及源解析研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2023.

[8] 晏　姣,梁　骥,蒋　利,等. 气相色谱－串联质谱法测定小麦中氟嘧菌酯和戊唑醇的残留量[J]. 精细化工中间体,2024,54(2):69-74.

[9] 唐晓东,蒋春志,徐俊杰,等. 高效液相色谱法在小麦激素测定中的优化[J]. 河北农业科学,2021,25(3): 97-103,108.

[10] 王雨洁. 原子吸收光谱法检测食品重金属优势分析[J]. 中国食品工业,2022(11):102-104.

[11] 李玉明,伦会荣. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定小麦中的微量元素[J]. 山东国土资源,2010,26(11):37-39.

[12] 弓浩然,李　岩,洪　冰,等. ICP-MS 检测小麦中金属含量不确定度的蒙特卡洛法分析[J]. 现代食品,2022,28(8):172-174,179.

[13] 蒋文佳,胡　蓉,李　真,等. LC-MS/MS 快速检测粮食中3种真菌毒素的方法研究[J]. 粮食与油脂,2023,36(6):153-157.

[14] 蒋　雁,张居清,朱亚俊,等. 时间分辨荧光免疫层析法定量检测粮谷中重金属铅的研究[J]. 粮食与食品工业,2021,28(5):59-63.

[15] 魏文忠,梁艳红,马红峰,等. 小麦中铅污染现状及其检测技术研究进展[J]. 粮油食品科技,2012,20(4):35-38.

[16] 张　炜,杨永坛,王松雪,等. 小麦中多氯联苯、有机氯农药和多溴联苯醚检测方法研究[J]. 粮油食品科技,2022,30(2):148-160.

[17] 王　娟,王　敬,张　旭,等. 离子色谱－串联质谱法测定小麦粉中 4 种污染物[J]. 河北省科学院学报,2023,40(6):47-53.

[18] 曲　蓓,刘　骏,李林峰,等. 黑小麦全麦面粉品质研究综

述[J]. 农产品加工,2022(17):99-101,106.
[19] 高璐斐. 净化液相色谱质谱法快速筛查小麦中污染物方法的建立[J]. 粮食加工,2017,42(6):77-80.
[20] 潘建清,陆　敏,杨肖娥. 不同小麦品种灌浆期生长和镉积累的差异研究[J]. 农业环境科学学报,2021,40(4):756-765.
[21] 李金峰,刘　骏,杜立丰,等. 减少灌水次数对小麦氮素积累转运和产量的影响[J]. 农业科技通讯,2021(4):51-56.
[22] 王秋红,时倩茹,彭爱华,等. 污染石灰性土壤不同品种小麦籽粒对重金属的积累特征[J]. 河南农业科学,2023,52(10):72-81.
[23] 武　升,张俊森,张杰瑜,等. 施用城镇生活污泥对小麦产量和品质及安全性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2021(3):324-330.

Detection Methods and Preventive Measures for Major Pollutants in Wheat

WANG Huifang[1], LIU Jun[1], QU Bei[2], JIAN Juntao[3], ZHANG Jinxia[4], LI Jinfeng[1], WANG Shimiao[1]
(1. Jiaozuo Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Jiaozuo 454000, China; 2. Jiaozuo Product Quality Inspection and Testing Center, Jiaozuo 454000, China; 3. Nanyang Academy of Agricultural Sciences, Nanyang 473000, China; 4. Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453000, China)

Abstract: Wheat, as the main staple food in China, is affected by various factors during its growth, development, later storage and processing. Pesticide residues, heavy metals, and fungal toxins, as the main pollutants in wheat, pose significant risks to wheat quality and have become the main limiting factors for the healthy development of the wheat industry. In order to reduce the impact of pollutants on wheat quality, the author outlined the detection methods for the main pollutants in wheat and analyzed the causes of the main pollutants in wheat. Comprehensive preventive measures were proposed, including variety selection, seed coating, use of large and medium-sized efficient pesticides, selection of appropriate processing methods, and improvement of storage conditions, in order to provide reference for the prevention of major pollutants in wheat.

Key Words: Wheat; Pollutant; Detection; Prevention

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。

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

刘　杰. 大麦与小麦种子的红外光谱分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):8-12,28. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.002.

大麦与小麦种子的红外光谱分析

刘　杰
（芜湖学院,安徽 芜湖 241000）

摘要:利用红外光谱法研究大麦与小麦种子的主要化学成分,对种子生产和食品安全具有重要意义。傅里叶变换红外光谱显示,大麦种子与小麦种子的原始光谱相似,无明显差异。在 1 800 ~ 800 cm^{-1} 范围的二阶导数红外光谱中,吸收峰强度和形状显示出差异,表明大麦与小麦种子在脂质、蛋白质、糖类物质中存在差异。二维相关红外光谱显示,大麦种子与小麦种子在 1 160 ~ 800 cm^{-1} 及 1 600 ~ 1 160 cm^{-1} 范围内自动峰的位置和强度显示差异,进一步表明大麦与小麦种子的成分存在差异。因此,红外光谱可以有效对大麦种子与小麦种子的主要成分进行分析。

关键词:大麦种子;小麦种子;傅里叶变换红外光谱;二阶导数红外光谱;二维相关红外光谱
中图分类号:S512.1;S512.3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240047

大麦和小麦都是我国主要栽培的麦类作物,在我国粮食安全保障中具有重要作用[1]。随着人们生活水平的提高,小麦作为主食食用和大麦作为啤酒生产原料及畜禽饲料的关注度不断提高[1-2]。优质麦类作物的需求日益提高,麦类作物的营养价值成分越来越受到关注，对大麦和小麦籽粒 / 种子化学成分的研究也提出更高的要求[3-4]。因此,研究大麦种子及小麦种子的主要化学成分,为食品安全和农业生产提供重要参考。

大麦种子与小麦种子化学成分的研究随着技术的发展而日益深入。Zhao 等通过研究小麦种子中 19 个数量性状位点(QTL),表明 QTL 可以调节小麦种子中蛋白质和淀粉的反向关系，用于小麦育种[5]。马自阳等利用多种小麦种子研究种子老化程度与醇溶蛋白组成变化的关系，揭示小麦种子老化与蛋白质的变化有关[6]。Cocuzza 等研究表明大麦种子中淀粉是一种天然的“化妆”原料[7]。Djanaguiraman 等通过试验定量研究了花期和灌浆期高温胁迫对小麦叶片脂质组成和产量性状等的影响[8]。

傅里叶变换红外光谱(FT-IR)具有从宏观上识别整个复杂系统的优势[9]。二阶导数红外光谱(SD-IR)可用来增强光谱分辨率以及描述 FT-IR 中重叠的吸收峰等[10]。二维相关红外光谱(2D-IR)以外界(温度)为微扰因素,对动态光谱展开数学分析,获得动态化学信息[11]。红外光谱技术通过指纹特性反映出官能团的振动模式,具有无损、快速等优点[12]。杨卫梅等利用红外光谱法研究自然老化禾谷类种子的老化程度[13]。Cozzolino 等利用衰减全反射中红外光谱(ATR-MIR)结合单变量和多变量方法对大麦和麦芽中果聚糖含量进行筛选优质育种[14]。De Girolamo 等利用红外光谱技术筛选赭曲霉毒素 A 污染的硬质小麦样品[15]。田雪等利用红外光谱法测量老化后种子萌发的化学成分变化[16]。

本文利用红外光谱法(FT-IR、SD-IR、2D-IR)研究大麦与小麦种子的光谱曲线,分析大麦种子与小麦种子主要成分的差异,为进一步研究种子的开发利用提供理论与技术支撑。

1　试验内容

1.1　仪器参数

Frontier 型傅里叶变换红外光谱仪，配备 DTGS 探测器,测定范围:4 000 ~ 400 cm^{-1},扫描次数:16,分辨率:4 cm^{-1}。SYD-TC-01 型温度控制仪,温度范围:50 ~ 120 ℃,间隔:10 ℃/ 次,升温速率:2℃/min。

1.2　样品

小麦产自安徽蒙城,大麦产自云南玉溪。

1.3　红外光谱采集

研磨样品成细粉,添加适量溴化钾至样品细粉中,搅拌均匀,使用压片制剂法进行测量,测量光谱

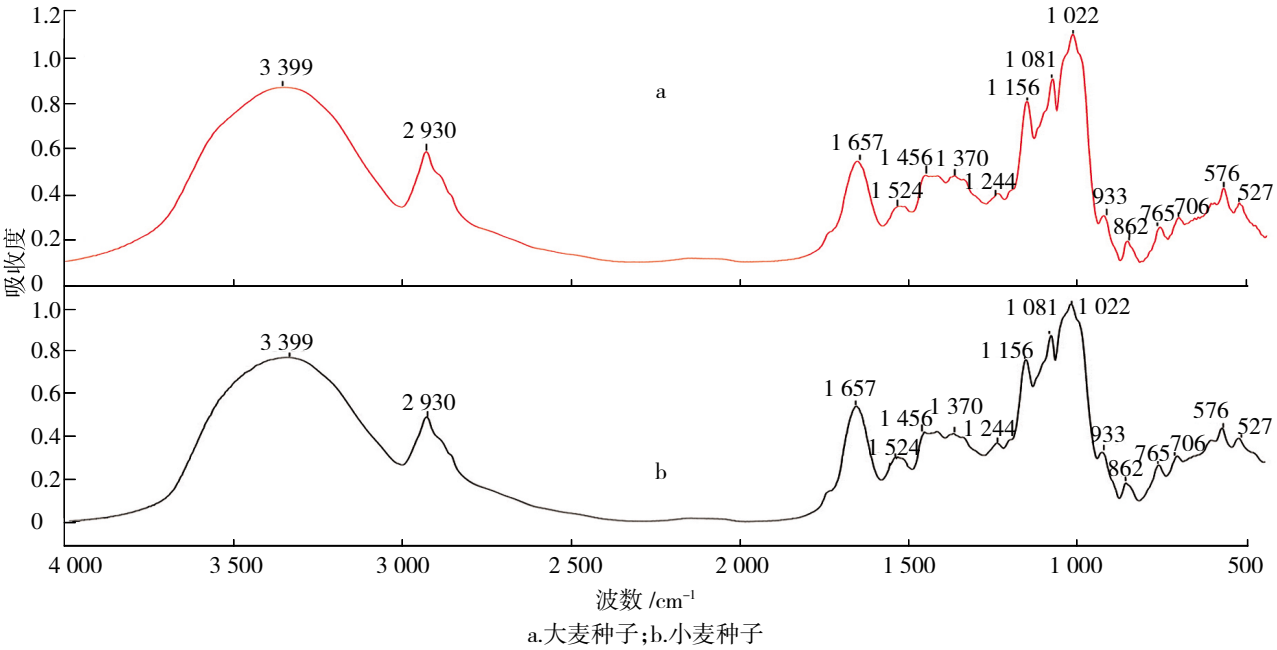
收稿日期:2024-05-09;修回日期:2024-08-06。
作者简介:刘　杰(1995—),男,硕士,助教,主要从事生物光谱方面的研究。Email: 1345809640@qq.com。

均扣除溴化钾背景。使用 Spectum 10 软件采集原始光谱，对原始 IR 光谱进行 13 点平滑处理获得 SD-IR 光谱。使用由清华大学编程的 2D-IR 相关分析软件，对在 50 ~ 120℃每隔 10℃采集得到的动态光谱进行处理，得到 2D-IR 光谱。

2　结果与分析

2.1　FT-IR 光谱分析

图 1 为大麦种子与小麦种子的傅里叶变换红外光谱。如图所示，大麦种子与小麦种子的傅里叶变换红外光谱整体表现相似。表 1 为大麦种子与小麦种子在 FT-IR 光谱中主要吸收峰及归属。自表 1可以发现，大麦与小麦种子的吸收峰没有明显差异。其中几个典型的特征吸收峰归属如下：1 657 cm^{-1} 附近的峰为蛋白质的酰胺Ⅰ带；1 524 cm^{-1} 附近的峰归属于蛋白质的酰胺Ⅱ带；1 500 ~ 1 200 cm^{-1} 是蛋白质和多糖的混合振动吸收区，1 244 cm^{-1} 附近的峰为蛋白质的酰胺Ⅲ带；在 1 200 ~ 950 cm^{-1} 范围内的峰为多糖的特征吸收区；糖类异构体吸收区在 950 ~ 750 cm^{-1} 范围内；576 cm^{-1} 附近的吸收峰归属为淀粉的骨架模式振动[17-20]。可以看出，大麦与小麦种子红外光谱峰主要由蛋白质、脂质和多糖峰组成。



a.大麦种子；b.小麦种子

图 1　大麦种子与小麦种子的傅里叶变换红外光谱

表 1　大麦种子与小麦种子的傅里叶变换红外光谱吸收峰

波数 /cm^{-1}		官能团和振动模式	化合物
大麦种子	小麦种子		
3 347	3 344	O-H 伸缩振动	—
2 930	2 929	$-CH_2$ 反对称伸缩振动	脂质
1 657	1 656	—	蛋白质的酰胺Ⅰ带
1 524	1 535	—	蛋白质的酰胺Ⅱ带
1 500 ~ 1 200		—	蛋白质和多糖的混合振动吸收区
1 456	1 455	$-CH_2$ 弯曲振动	—
1 370	1 371	CH 弯曲振动	—
1 244	1 242	—	蛋白质的酰胺Ⅲ带
1 200 ~ 950		—	蔗糖
1 156	1 157	C-O 以及 C-C 键的伸缩振动	—
1 082	1 082	C-H 键的弯曲振动	—

（续表）

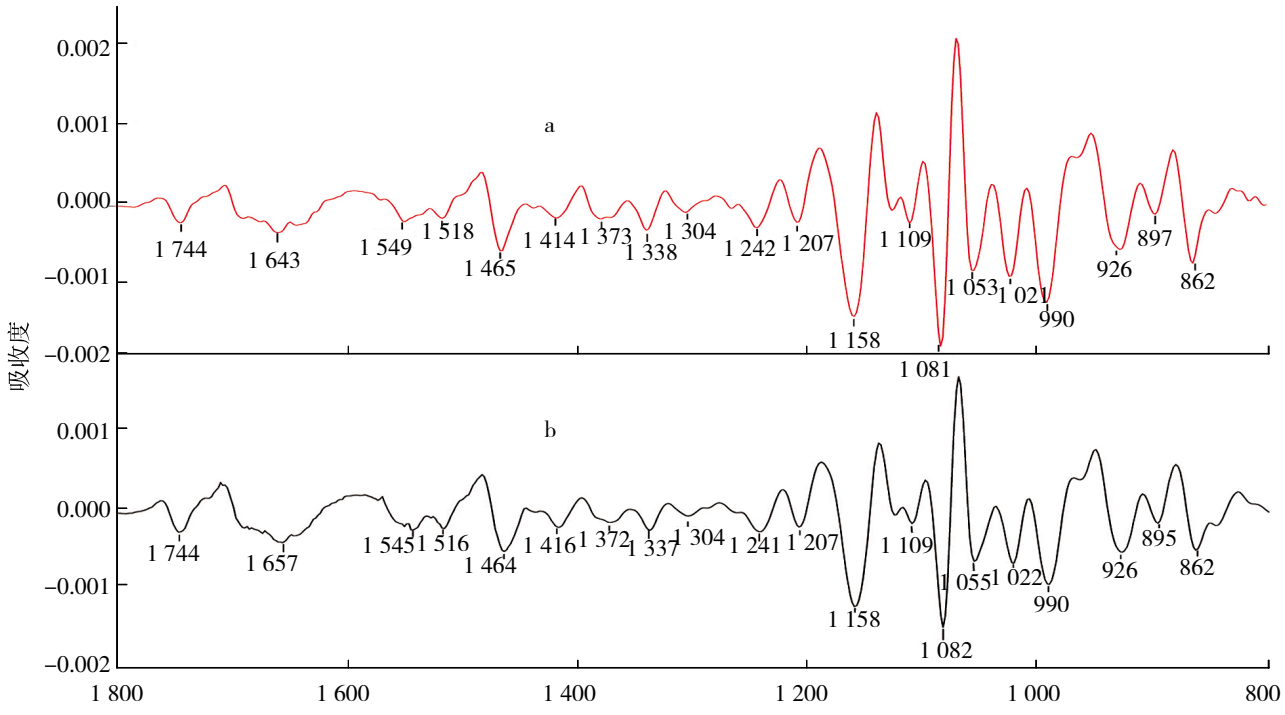
波数 /cm^{-1}		官能团和振动模式	化合物
大麦种子	小麦种子		
1 018	1 024	C–O 键的伸缩振动、C–OH 弯曲振动	—
950 ~ 750		—	糖类异构体吸收区
929	931	淀粉的非对称环模式[α –1,4 糖苷键（C–O–C）]的骨架振动	淀粉
765	763	C–C 键的伸缩振动	—
574	577	—	淀粉的骨架模式振动

2.2　SD–IR 光谱分析

图 2 为大麦与小麦种子的二阶导数红外光谱。如图所示，在 1 800 ~ 800 cm^{-1} 范围内大麦种子在 1 744 cm^{-1} 附近的吸收峰强度弱于小麦种子，表明小麦种子含有更多的脂质物质。大麦种子在 1 657、1 548 cm^{-1} 附近的吸收峰强度均弱于小麦种子，表明小麦种子中含有更多的蛋白质物质。大麦种子在 1 200 ~ 950 cm^{-1} 范围的吸收峰强度强于小麦种子，表明大麦种子含有更多的糖类物质。这与傅家瑞关于对禾谷类种子主要化学成分的说明[21]相一致。

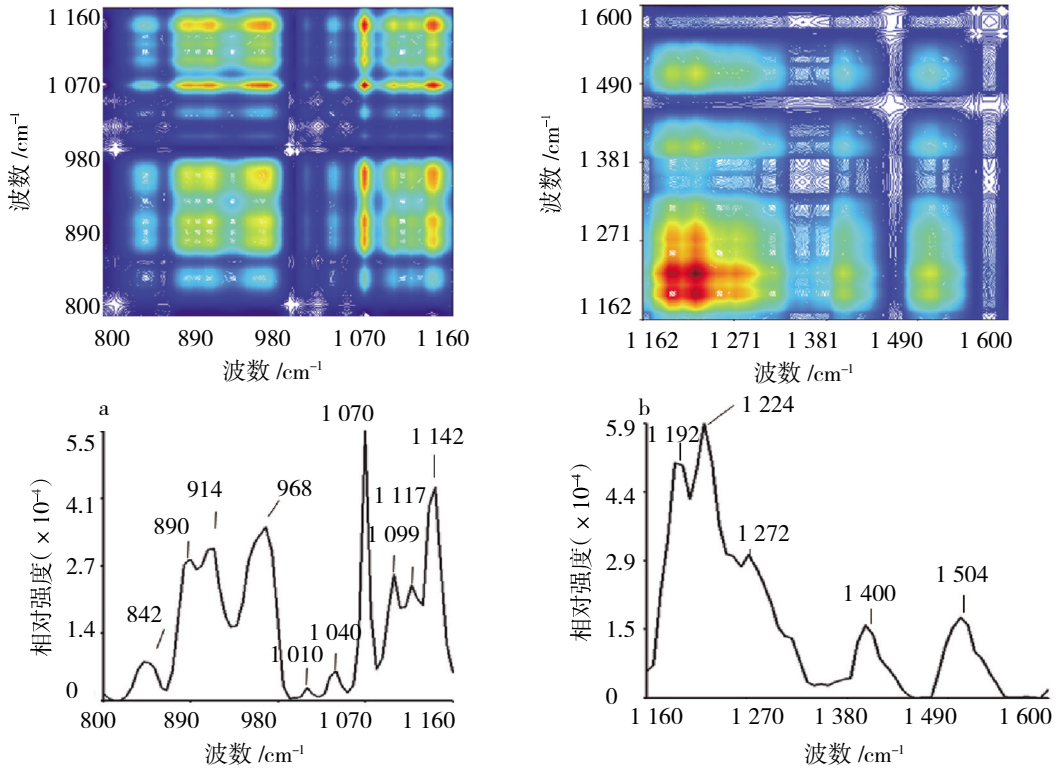
2.3　2D–IR 光谱分析

在二维同步相关光谱中，对角线上的自动峰表现出一定吸收带的自相关，通过热处理产生光谱强度的变化。相关性越密切，自动峰值强度越强。正相关（红色 / 绿色区域）表示一组吸收带同时改变（增加或减少），负相关（蓝色区域）正好相反。因此，2D–IR 可以提高光谱分辨率，提供更多的动态结构信息[10]。图 3 是大麦种子在 1 600 ~ 800 cm^{-1} 范围内的二维相关红外光谱。在 1 160 ~ 800 cm^{-1} 范围内，大麦种子出现 10 个自动峰，分别出现在 842、890、914、968、1 010、1 040、1 070、1 099、1 117、1 142 cm^{-1} 附近。最强峰出现在 1 070 cm^{-1} 附近。在 1 600 ~ 1 160 cm^{-1} 范围内，大麦种子出现 5 个自动峰，分别出现在 1 192、1 224、1 272、1 400、1 504 cm^{-1} 附近，其中最强峰出现在 1 224 cm^{-1} 附近。



a.大麦种子；b.小麦种子

图 2　在 1 800~800 cm^{-1} 范围内大麦种子与小麦种子的二阶导数红外光谱



a.1 160~800 cm⁻¹; b.1 600~1 160 cm⁻¹

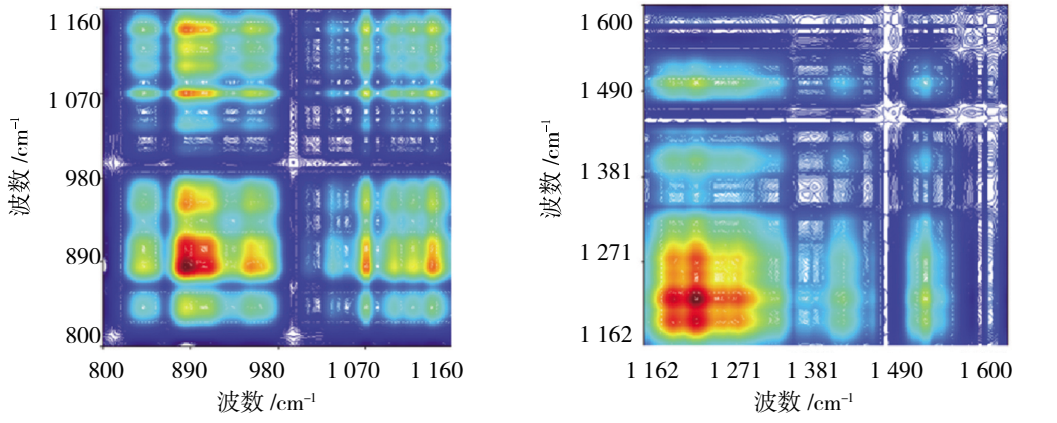
图 3　大麦种子在 1 600~800 cm⁻¹ 范围内的二维相关红外光谱

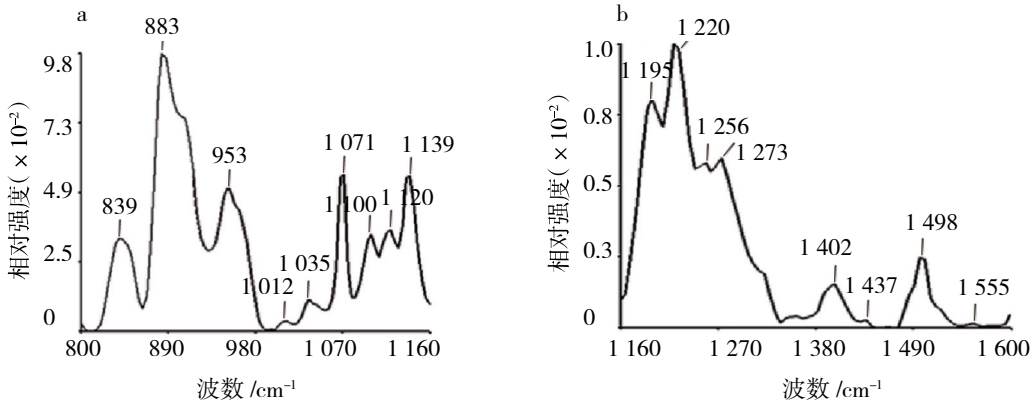
图 4 是小麦种子在 1 600 ~ 800 cm⁻¹ 范围内的二维相关红外光谱。在 1 160 ~ 800 cm⁻¹ 范围内，小麦种子出现 9 个自动峰，分别出现在 839、883、953、1 012、1 035、1 071、1 100、1 120、1 139 cm⁻¹ 附近。最强峰出现在 883 cm⁻¹ 附近。在 1 600 ~ 1 160 cm⁻¹ 范围内，小麦种子出现 8 个自动峰，分别出现在 1 195、1 220、1 256、1 273、1 402、1 437、1 498、1 555 cm⁻¹ 附近，其中最强峰出现在 1 220 cm⁻¹ 附近。

综上所述，在 1 160 ~ 800 cm⁻¹ 范围内，大麦种子在 890 cm⁻¹ 附近出现一个自动峰，且大麦种子的最强峰出现在 1 070 cm⁻¹ 附近，小麦种子最强峰出现在 883 cm⁻¹ 附近。在 1 600 ~ 1 160 cm⁻¹ 范围内，小麦种子在 1 256、1 437、1 555 cm⁻¹ 附近出现了自动峰。

3　结论

本文利用红外光谱法研究大麦种子与小麦种子。结果表明，在原始光谱中，大麦种子与小麦种子的光谱整体相似。大麦及小麦种子的二阶导数红外光谱表明，大麦种子与小麦种子在 1800 ~ 800 cm⁻¹ 范围内吸收峰的强度和位置表现存在差异，在大麦种子中含有较多的糖类物质，小麦种子中含有较多





a.1 160~800 cm⁻¹; b.1 600~1 160 cm⁻¹

图 4　小麦种子在 1 600~800 cm⁻¹ 范围内的二维相关红外光谱

的脂质和蛋白质等。在 1 600 ~ 800 cm⁻¹ 范围内对大麦种子与小麦种子进行二维相关红外光谱分析，在 1 160 ~ 800 cm⁻¹ 范围内和 1 600 ~ 1 160 cm⁻¹ 范围内，大麦与小麦中的二维相关光谱表现出明显差异。因此，红外光谱法可以快速、有效地分析大麦种子与小麦种子主要化学成分的差异，为进一步研究种子的开发利用提供了理论和技术依据。

参考文献：

[1] 张　杉,王培营,江晓东,等. 不同麦类作物籽粒灌浆特性研究[J]. 中国农学通报,2024,40(6):16-21.

[2] 郭呈宇,房永雨,伊风艳,等. 饲用大麦籽粒品质性状的分析和评价[J]. 畜牧与饲料科学,2024,45(1):79-84.

[3] 杨砚斌,杨晓梦,普晓英,等. 不同季节播种对大麦苗粉及籽粒营养功能成分的影响[J]. 植物遗传资源学报,2023,24(2):437-444.

[4] 彭小爱,卢茂昂,张　玲,等. 基于 55K SNP 芯片的小麦籽粒主要品质性状的全基因组关联分析[J]. 作物学报,2024,50(8):1-15.

[5] ZHAO Y,LI X Y,JU X Y,et al. Conditional quantitative trait locus mapping of wheat seed protein-fraction in relation to starch content[J]. Cereal Research Communications,2017,45(3):478-487.

[6] 张自阳,姜小苓,王娟娟,等. 人工老化处理对小麦种子活力和醇溶蛋白、麦谷蛋白组成的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(2):24-27.

[7] COCUZZA D,GRAFENSTEIN U,MULLER J. Barley starch:a new natural raw material for cosmetic[J]. Personal Care Asia Pacific,2020(5):13-15.

[8] DJANAGUIRAMAN M,NARAYANAN S,ERDAYANI E,et al. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling periods on photosynthesis,lipids and grain yield in wheat[J]. BMC Plant Biology,2020,20(1):268.

[9] XU L R, ZHU X F, CHEN X M,et al. Direct FTIR analysis of isolated trans fatty acids in edible oils using disposable polyethylene film[J]. Food Chemistry,2015,185:503-508.

[10] GUO X X,HU W,LIU Y,et al. Rapid determination and chemical change tracking of benzoyl peroxide in wheat flour by multi-step IR macro-fingerprinting [J]. Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy,2016,154:123-129.

[11] LIU Y,HU W,GUO X X,et al. Rapid discrimination of three marine fish surimi by Tri-step infrared spectroscopy combined with Principle Component Regression[J]. Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy,2015,149:516-522.

[12] 刘　杰,欧全宏,李姝洁,等. 霉变小麦的红外光谱鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析,2020,40(增刊 1):47-48.

[13] 杨卫梅,刘　刚,林浩坚,等. 自然老化谷类种子的二维红外光谱研究[J]. 光谱学与光谱分析,2018,38(10):3041-3047.

[14] COZZOLINO D,ROUMELIOTIS S,EGLINTON J. Feasibility study on the use of attenuated total reflectance infrared spectroscopy as high throughput screening tool to phenotype single barley seeds (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Biosystems Engineering,2013,116(4):379-384.

[15] DE GIROLAMO A,VON HOLST C,CORTESE M,et al. Rapid screening of ochratoxin A in wheat by infrared spectroscopy[J]. Food Chemistry,2019,282:95-100.

[16] 田　雪,刘　刚,车　前,等. 利用红外光谱测定谷子种子活力的研究[J]. 种子,2021,40(12):9-18,31.

[17] CZEKUS B,PEĆINAR I,PETROVIĆ I,et al. Raman and Fourier transform infrared spectroscopy application to the Puno and Titicaca cvs. of quinoa seed microstructure and perisperm characterization[J]. Journal of Cereal Science,2019,87:25-30.

[18] CHEN Y, HUANG J F, YEAP Z Q, et al. Rapid authentication

(下转第 28 页)

韩　品,王圣毅,王肖娟,等. CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米农艺性状及籽粒营养品质的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):13-17. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.003.

CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米农艺性状及籽粒营养品质的影响

韩　品,王圣毅*,王肖娟,包芳俊,薛金玲,杨佳康
[新疆天业(集团)有限公司, 新疆 石河子 832000]

摘要:以 MC670 玉米为材料,在膜下滴灌条件下,通过 CO_2 溶水装置关键技术,研究玉米在不同生育时期滴施 CO_2 水溶液对其农艺性状、产量及籽粒营养品质的影响。结果表明:在玉米整个生育期内,与常规灌溉相比,滴施 CO_2 水溶液能够缩短玉米的生育进程,使生育期提前 7 d,促进了玉米早熟;玉米的株高、茎粗、SPAD 值都有所增加,对改善玉米植株生长有促进作用;产量、行粒数、穗长分别增长了 21.94%、16.36%、8.26%,说明滴施 CO_2 水溶液具有显著的增产作用;玉米籽粒蛋白质、脂肪质量分数较常规灌溉分别增长了 8.85%、27.78%,表明滴施 CO_2 水溶液有利于玉米籽粒蛋白质和脂肪的积累形成,可以提高玉米产量和改善玉米籽粒营养品质。

关键词:膜下滴灌;玉米;CO_2 水溶液;农艺性状;产量;营养品质
中图分类号:S513　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240049

玉米(*Zea mays* L.)为 C4 植物,是一种高光效作物[1],是我国第二大粮食作物,既是重要的饲料作物,又是食品、化工、燃料、医药等行业的重要原料,在国家粮食安全中起着极其重要的作用[2]。随着工业化进程的不断推进,加工业、畜牧业等产业对玉米的需求逐渐增大,玉米的消费量也呈现逐年递增的趋势,为了满足玉米的消费需求,应当大力发展玉米生产。同时,随着生活水平的提高,人们对玉米的需求观也发生了根本性的转变,即由产量型向质量型转变,玉米品质由此变得越来越重要。新疆是我国盐碱地面积最大的区域,面积约 281 万 hm^2,其中具有农业生产发展潜力的土地占比很大[3]。CO_2 是农作物光合作用的重要原料,溶于水后形成的碳酸可以中和土壤中的碱,对碱性土壤有改良作用。赵敏等论述了 CO_2 应用于农业生产方面,既能减少碳的排放量,又能提高农作物产量, 从而实现生态、农业双赢[4]。Alberton 等研究认为, 大气 CO_2 升高会促进作物形态结构的改变(如株高增加)[5]。CO_2 作为植物光合作用的底物, 其浓度升高直接影响植物的光合作用,使其光合作用能力提高[6]。

目前,国内外主要开展了关于 CO_2 气肥浓度方面对植物叶绿素含量、净光合速率、生物量、产量以及光合产物等方面影响的研究[7],但依托 CO_2 溶水设施及技术对作物大田生产的影响研究却较少。本试验利用 CO_2 溶水装置关键技术,在玉米不同生育时期滴施 CO_2 水溶液,研究对其农艺性状、产量及籽粒营养品质的影响,探索滴施 CO_2 水溶液作用于玉米的高产优质机理,为提高我国盐渍化区域优质玉米生产及改良新疆盐碱地提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2023 年在新疆石河子技术中心农业研究所(84°58′~86°24′E、43°26′~45°20′N)进行,试验土壤质地为壤土,耕作层有机质含量(质量分数,下同)42.9 g/kg,速效氮含量 91.83 mg/kg,速效磷含量 38.47 mg/kg, 速效钾含量 211.3 mg/kg,pH 值为 8.3,总盐质量分数 1.65 g/kg。

1.2　供试材料及品种特性

选用玉米品种为 MC670,生育期 130 d,熟期与对照品种先玉 335 相当;株型半紧凑,株高 305 cm 左右,穗位 115 cm 左右,全株 19~20 张叶;花丝浅紫色,果穗筒型,穗长 21 cm,穗粗 5.2 cm 左右,穗行数 16~18 行,穗轴红色,籽粒黄色、马齿型,百粒质量 37.5 g。

收稿日期:2024-05-14;修回日期:2024-08-07。
基金项目:兵团重点领域科技攻关计划(2023AB017-01)。
作者简介:韩　品(1990—),男,农艺师,主要从事玉米生理和品质性状研究。Email:1970652778@qq.com。
* 通信作者:王圣毅(1985—),男,高级农艺师,主要从事节水农业和土壤改良研究。Email:917567161@qq.com。

1.3　试验设计

试验于 4 月 20 日播种，采用膜下滴灌方式，1膜 2 管 4 行种植模式，膜宽 145 cm，幅宽 175 cm，机械铺膜。滴灌带铺设在种植行中间，人工破膜点播，株距 22 cm，每穴播种 2 粒，密度为 8.16 万株/hm^2，采用滴施 CO_2 水溶液和常规灌溉 2 种处理，全生育时期施肥量相同，灌溉次数、灌溉时间和灌溉量均相同，全生育期施尿素 750 kg/hm^2，磷酸一铵 600 kg/hm^2，硫酸钾 300 kg/hm^2。全生育期灌水量 4 950 m^3/hm^2，CO_2 1 410 kg/hm^2（表 1）。田间管理同大田。

表 1　膜下滴灌玉米灌溉量及通入 CO_2 量

生育时期		灌水次数 / 次	灌水时间（月 – 日）	灌水定额 /（m^3/667 m^2）	CO_2 施入量 /（kg/667 m^2）
播种出苗期		1	04–29	20	—
拔节喇叭口期		1	06–27	40	14.0
		1	07–06	40	15.0
穗期—花粒期	雄穗开花期	1	07–13	45	15.0
		1	07–20	45	14.0
	散粉吐丝期—灌浆成熟期	1	07–27	40	14.0
		1	08–02	30	10.0
		1	08–09	30	6.0
		1	08–15	20	6.0
		1	08–21	20	—

注：滴施 CO_2 水溶液时，调节气体溶水装置阀门，使滴头处的出水 pH 值保持在 5.8 ~ 6.2，在开始施肥前 30 ~ 45 min 停止。

1.4　CO_2 溶水装置关键技术

CO_2 溶水装置为一端连接进水端、进气端，另一端连接出水端的罐体，进水端、出水端与控制装置相连，进气端包括位于罐体内部一端封闭且圆柱面上设有若干圆形小孔的进气单元，进气单元另一端向外延伸，依次连接逆止阀、管路及控制装置，CO_2 气体在压力作用下，液体被小气泡分散、破碎形成极大的、不断更新的表面积，曲折的流道加剧了液体表面的更新速率，增加了 CO_2 在灌溉水中的溶解速率，形成的酸性水溶液的稳定时间在 12 h 以上。具体设计见实用新型专利，专利号 202222744667.5[8]。

1.5　测定项目与方法

1.5.1　生育时期与植株农艺性状。调查记录生育时期（苗期、3 叶期、拔节期、抽雄期、吐丝期和成熟期），于灌浆期连续取 10 株调查植株的株高、穗位高、叶片数和茎粗；在玉米各生育时期调查叶绿素和单株叶面积：叶长为叶片中脉长度（cm），叶宽为叶片最宽处的宽度（cm），叶面积（cm^2）为叶长 × 叶宽 × 0.75。

1.5.2　产量及穗部性状。每个处理随机选取 3 个点，每个点取同一条膜上内外行连续的 10 株玉米，自然风干后测量其穗行数、行粒数、穗长（cm）、穗粗（cm）、秃尖长（cm）、百粒质量；成熟后收取 5 m × 4 m（共计 20 m^2）面积内所有玉米果穗，风干后脱粒并折算为含水量 14%的籽粒产量。

1.5.3　品质测定。玉米营养品质泛指玉米中所含的营养成分，主要包括粗蛋白、粗脂肪、淀粉含量。测定方法如下：蛋白质含量的测定参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准　食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法；脂肪含量的测定参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准　食品中脂肪的测定》中的索氏抽取法；淀粉含量的测定参照 GB 5009.9—2016《食品安全国家标准　食品中淀粉的测定》中的酸水解法。

1.6　数据统计与处理

使用 Excel 2003 进行数据处理和图表绘制，采用 SPSS 11.5 软件进行统计分析。

2　结果与分析

2.1　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米生育期的影响

从表 2 可以看出，滴施 CO_2 水溶液灌溉的玉米

生育期提前了 7 d，说明滴施 CO_2 水溶液能够缩短玉米的生育进程，使生育期提前，能够避免由于霜冻天气提早到来的危害造成减产。

2.2　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米农艺性状的影响

玉米的株高、穗位高、茎粗是反映植株茎秆形态的重要农艺性状。从表 3 可以看出，滴施 CO_2 水溶液处理后的玉米株高、茎粗、茎节都较常规灌溉略有增长，分别增长 5.84%、1.27%、0.38%，说明滴施 CO_2 水溶液对玉米植株生长有促进作用。穗位高和茎粗是反映玉米抗倒伏及吸收养分的一个重要指标，一般来说，穗位高越低，植株抗倒伏能力越强，茎秆越粗传输养分速率越快，从表中可以看出，滴施 CO_2 水溶液处理后的玉米穗位高较常规灌溉显著降低 10.37%，穗位高降低增强了植株抗倒伏能力；CO_2 水溶液灌溉单株叶面积显著高于常规灌溉，与常规灌溉相比增幅为 5.24%，说明滴施 CO_2 水溶液后更利于膜下滴灌玉米进行光合作用。从图 1 可以看出，在整个生育期，滴施 CO_2 水溶液能够明显增加玉米的 SPAD 值，随着时间的增加，玉米的 SPAD 值呈现先增加后减少的趋势，说明滴施 CO_2 水溶液后作为光合作用底物的 CO_2 浓度增加，必将促使光合作用强度增强，从而要求植物加速对光能的吸收，随着植株的老化，光合作用降低。

表 2　膜下滴灌玉米滴施 CO_2 水溶液生育期调查

处理	苗期（月 – 日）	3 叶期（月 – 日）	拔节期（月 – 日）	抽雄期（月 – 日）	吐丝期（月 – 日）	成熟期（月 – 日）	生育期 / d
常规灌溉	05–06	05–14	06–05	07–01	07–08	09–15	133
CO_2 水溶液	05–06	05–14	06–05	06–30	07–10	09–08	126

表 3　膜下滴灌玉米滴施 CO_2 水溶液农艺性状调查

处理	株高 /cm	叶片数 / 张	茎粗 /cm	穗位高 /cm	茎节 / 个	单株叶面积 /cm²
常规灌溉	255.12 b	19.0 a	3.15 a	98.74 a	15.72 a	6 290.3 b
CO_2 水溶液	270.02 a	19.0 a	3.19 a	88.50 b	15.78 a	6 619.8 a
增幅 /%	5.84	0	1.27	–10.37	0.38	5.24

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

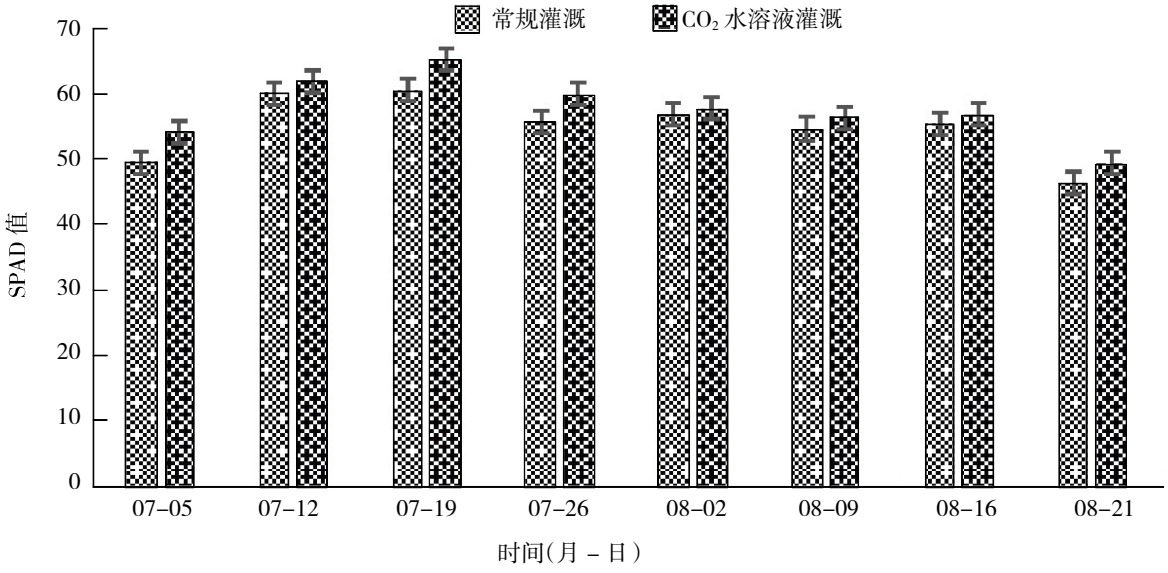


图 1　膜下滴灌玉米 SPAD 值动态变化

2.3　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米穗部性状的影响

从表 4 可以看出，滴施 CO_2 水溶液处理后的玉米行粒数、穗长都显著高于常规灌溉，且与常规灌溉相比分别增长 16.36%、8.26%，玉米穗行数和穗粗有所降低，分别降低 1.53%、1.31%，但不具统计学意义，说明滴施 CO_2 水溶液后玉米穗部性状表现较常规灌溉好。

2.4　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米产量及构成因子的影响

由表 5 可知，滴施 CO_2 水溶液处理后的穗粒数、穗数、产量较常规灌溉有明显提高，分别增长 14.58%、1.30%、21.94%，百粒质量有所降低，降低 0.83%，但不具统计学意义，说明在滴施 CO_2 水溶液的情况下，可以明显提高玉米穗粒数和产量。

2.5　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米品质影响

蛋白质含量是衡量玉米营养品质的主要指标；淀粉是玉米籽粒中的重要营养物质，其中的大部分永久性贮存于玉米中；脂肪是玉米油的主要来源，而玉米油是优质的食用油，具有良好的营养价值。从表 6 可以看出，滴施 CO_2 水溶液处理后的玉米蛋白质、脂肪质量分数较常规灌溉都有明显增长，分别增长 8.85%、27.78%，说明滴施 CO_2 水溶液有利于玉米蛋白质和脂肪的积累形成，可以改善玉米籽粒蛋白质和脂肪营养品质。淀粉质量分数较常规灌溉无明显变化，说明滴施 CO_2 水溶液对淀粉的形成没有促进作用。

表 4　膜下滴灌玉米滴施 CO_2 水溶液玉米穗部性状表现

处理	穗行数 /（行 / 穗）	行粒数 /（粒 / 行）	穗长 /cm	穗粗 /mm	秃尖长 /cm
常规灌溉	18.28 a	31.48 b	19.38 b	53.35 a	2.37 a
CO_2 水溶液	18.00 a	36.63 a	20.98 a	52.65 a	2.38 a
增幅 /%	−1.53	16.36	8.26	−1.31	0.42

表 5　膜下滴灌玉米滴施 CO_2 水溶液玉米产量及构成因子表现

处理	穗粒数 /（粒 / 穗）	穗数 /（万个 /hm^2）	百粒质量 /g	实际产量 /（kg/hm^2）
常规灌溉	575.45 b	9.98 a	33.66 a	16 524.0 b
CO_2 水溶液	659.34 a	10.11 a	33.38 a	20 149.5 a
增幅 /%	14.58	1.30	−0.83	21.94

表 6　滴施 CO_2 水溶液对膜下滴灌玉米籽粒营养品质的影响

处理	蛋白质质量分数 /（g/kg）	脂肪质量分数 /（g/kg）	淀粉质量分数 /（g/kg）
常规灌溉	75.7 b	18.0 b	696.0 a
CO_2 水溶液	82.4 a	23.0 a	710.0 a
增幅 /%	8.85	27.78	2.01

3　讨论与结论

3.1　讨论

CO_2 是植物光合作用的原料，它的浓度直接影响植物的生长，研究表明，在 CO_2 浓度升高条件下，构成玉米产量因子的百粒质量和穗粒数均不同程度地升高，说明高浓度 CO_2 可使玉米产量增加[7]。同时，合理的植株形态有利于增强玉米的抗倒伏能力，保证玉米的高产、稳产[9]。本试验表明，滴施 CO_2 水溶液可以对玉米生育性状、产量和品质起到一定的促进作用，但由于试验条件不同，目前对农作物产量在 CO_2 浓度升高条件下的变化报道不一致。有研究表明，大气 CO_2 浓度升高条件下，花生和大豆籽粒产量降低。未来大气 CO_2 浓度升高必然伴随着温度、降水改变，对农作物产量的影响与矿质营养、干旱、盐碱等多种环境胁迫因子有关。对 1 年生农作物的模拟试验结果表明，只有在光照、水肥等条件充足时，农作物的产量才会随大气 CO_2 浓度升高而增加，因此在考虑高浓度CO_2 对农作物产量的促进作用时，也需要考虑其他环境因子的影响[10]。其次，本

试验仅对新疆石河子区域进行研究，还需要进行多点试验，才能更合理地为我国盐渍化区域优质玉米生产及新疆盐碱地改良提供依据。

3.2　结论

通过对不同生育时期滴施 CO_2 水溶液下的玉米生育性状、产量及品质的测定与分析，得出以下主要结论：在整个生育期内，滴施 CO_2 水溶液较常规灌溉能够缩短膜下滴灌玉米的生育进程，使生育期提前 7 d，促进早熟；玉米的株高、茎粗、茎节都有所增加，穗位高降低，说明滴施 CO_2 水溶液可以促进植株生长，同时，增强植株抗倒伏能力；产量及穗部性状（行粒数、穗长、穗粒数）指标都有明显促进作用，玉米产量以穗部性状体现，同一品种、同一密度行粒数越多、穗长越长，产量就越高，秃尖长降低，减少出现缺粒、少粒、秕粒和无籽粒现象，说明滴施 CO_2 水溶液后玉米穗部性状表现较常规灌溉好，具有增产作用；玉米籽粒蛋白质、脂肪含量较常规灌溉都有明显增加，说明滴施 CO_2 水溶液有利于玉米籽粒蛋白质和脂肪的积累形成，可以改善玉米籽粒蛋白质和脂肪营养品质。

参考文献：

[1] 马国胜,薛吉全,路海东,等. 密度与氮肥对关中灌区夏玉米(*Zea mays* L.)群体光合生理指标的影响[J]. 生态学报,2008,28(2):661-668.

[2] 杨继芝,龚国淑,张　敏,等. 密度和品种对玉米田杂草及玉米产量的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(6):1037-1041.

[3] 杨玉坤,耿计彪,于起庆,等.盐碱地土壤利用与改良研究进展[J]. 农业与技术,2019,39(24):108-111.

[4] 赵　敏,贾贺峰,赵明宇,等. 工业二氧化碳废气用于农作物增产的绿色减排途径[J]. 低温与特气,2017,35(4):1-4.

[5] ALBERTON O,KUYPER T W, SUMMERBELL R C. Dark septate root endophytic fungi increase growth of Scots pine seedlings under elevated CO_2 through enhanced nitrogen use efficiency[J]. Plant and Soil,2010,328(1):459-470.

[6] 陈楠楠,周　超,王浩成,等. 大气二氧化碳含量升高对稻麦产量影响的整合分析[J]. 南京农业大学学报,2013,36(2):83-90.

[7] 孙加伟,赵天宏,付　宇,等. CO_2 浓度升高对玉米叶片光合生理特性的影响[J]. 玉米科学,2009,17(2):81-85.

[8] 黄　东,李学宽,贾世疆,等.一种气体溶水装置:2022227446675[P]. 2022-10-16.

[9] CONG Y X,ZHAO M,DONG Z Q,et al. The plant growth regulation effects of ethylene-gibberellins mixture on dry matter accumulation and chemical regulation of stem shapes of maize in Northeast China[J]. Maize Science,2009,17(5):85-89.

[10] 曹　丽. 二氧化碳浓度对农作物生长发育的影响[J]. 农业科技与装备,2017(3):16-17.

Effect of CO_2 Aqueous Solution on Agronomic Traits and Grain Nutritional Quality of Maize Under Mulched Drip Irrigation

HAN Pin, WANG Shengyi, WANG Xiaojuan, BAO Fangjun, XUE Jinling, YANG Jiakang

[Xinjiang Tianye (Group) Co., Ltd., Shihezi 832000, China]

Abstract: In this experiment, MC670 was used as the variety material, and the effects of CO_2 solution on agronomic traits, yield and grain nutritional quality of maize at different growth stages were studied through the key technology of CO_2 solution device under the conditions of mulched drip irrigation. The results showed that during the whole growing period, compared with conventional irrigation, CO_2 aqueous solution could shorten the growth process of maize under mulched drip irrigation, advance the growth period by 7 d, and promote early maturing. The plant height, stem diameter and SPAD value of maize were increased, which promoted the growth of maize plant. The yield, row grain number and panicle length increased by 21.94%, 16.36%, 8.26%, respectively, indicating that CO_2 aqueous solution had a significant effect on increasing yield. Compared with conventional irrigation, the contents of protein and fat in corn grains increased by 8.85% and 27.78%, respectively, indicating that CO_2 dripping was conducive to the accumulation of protein and fat in corn grains, and could improve the yield and nutritional quality of corn grains.

Key Words: Rice; Drip irrigation under mulch film; Growth characteristics; Yield; Quality

郭炳麟,孙洪仁,王显国,等. 荞麦土壤有效磷丰缺指标和适宜施磷量建模[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):18-23. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.004.

荞麦土壤有效磷丰缺指标和适宜施磷量建模

郭炳麟[1],孙洪仁[1*],王显国[1],张运龙[1],王振国[2],白乙拉图[2],张桂华[2],文　峰[2],金晓光[2],包雪莲[2],刘伟春[3]
(1. 中国农业大学草业科学与技术学院,北京 100193;2. 通辽市农牧科学研究所,内蒙古 通辽 028015;
3. 库伦旗农业技术推广中心,内蒙古 库伦 028200)

摘要:为建立荞麦测土推荐施磷系统,采用作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究新方法,开展了荞麦土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量研究。结果表明,荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷含量回归方程为 $y = 10.352 \ln x + 58.085$,土壤有效磷第 1—7 级指标依次为 > 58、> 22 ~ 58、> 8.5 ~ 22、> 3.5 ~ 8.5、> 1.2 ~ 3.5、> 0.5 ~ 1.2、≤0.5 mg/kg。当土壤有效磷丰缺级别 1—7 级、磷肥利用率 15% ~ 35%、目标产量 0.90 ~ 3.75 t/hm² 时,第 1—7 级土壤的适宜施磷量分别为 0、4 ~ 38、8 ~ 75、12 ~ 113、15 ~ 150、19 ~ 188、23 ~ 225 kg/hm²;磷肥利用率 35%、30%、25%、20%、15%的适宜施磷量范围依次为 0 ~ 96、0 ~ 113、0 ~ 135、0 ~ 169、0 ~ 225 kg/hm²;目标产量 0.90、1.50、2.25、3.00、3.75 t/hm² 的适宜施磷量范围分别为 0 ~ 54、0 ~ 90、0 ~ 135、0 ~ 180、0 ~ 225 kg/hm²。

关键词:中国;荞麦;测土施肥;有效磷;丰缺指标;施肥量
中图分类号:S153.6;S517　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240051

荞麦是起源于我国的重要药食同源杂粮作物,主要分为甜荞和苦荞 2 个栽培种。我国荞麦种植面积 60 余万 hm²,产量 50 万余 t,仅次于俄罗斯,位居世界第 2[1]。合理施肥是荞麦高产、优质、高效和可持续发展的前提基础。施肥不足,难以实现荞麦生产目标;施肥过量,不仅徒增成本,还会降低荞麦产量、质量和效益,并且对土壤、大气和水资源等生态环境造成污染,进而危害人们身体健康。因此,科学确定荞麦施肥量十分重要。

养分平衡 - 地力差减法、养分平衡 - 土壤有效养分校正系数法、肥料效应函数法和土壤养分丰缺指标法是确定作物施肥量的 4 种基本方法[2-7]。肥料效应函数法的优点是源于田间试验,可靠、直观;缺点是时间和空间有效性难以确定,耗时、费工,几乎每个不同肥力地块、每隔几年就要做一次试验[6]。养分平衡 - 地力差减法的优点是概念简明,逻辑清晰,容易理解,源于田间试验,可靠、较为直观;缺点与肥料效应函数法相似,亦是时间和空间有效性难以确定,需要大量且频繁地开展田间试验[6]。养分平衡 - 土壤有效养分校正系数法的优点是测土定肥,简单易行,省时、省工;缺点是校正系数不是常数,因作物种类和土壤类型而异,与土壤有效养分含量对数负相关的变量,应用养分平衡 - 土壤有效养分校正系数法需要建立众多校正系数系列[2-7]。土壤养分丰缺指标法的优点是空间适用范围大,时间持效性长,省时省力,简便易行,因而一经创立[8]便迅速成为世界各国广泛应用的测土施肥的主流乃至标准方法;缺点是采用该法建立作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统的工程较大,需要投入大量的人力、物力和财力[2-7]。

欧美发达国家作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究的历史已近 80 年,美国甚至各州都针对各种作物建立了各自的土壤养分丰缺指标推荐施肥系统[2-7]。我国作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究始于 20 世纪 80 年代[9-10],但针对荞麦的研究尚未见报道,以至于我国荞麦测土施肥至今仍然无据可依。中国农业大学孙洪仁团队于 2013 年创建了以“养分平衡 - 地力差减法新应用公式”“土壤养分丰缺分级改良方案”和“零散试验数据整合法”为核心的作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究新方法[6,11-13]。该新方法有效地克服了包括荞麦在内的诸多小作物科研投入强度偏低、需要大量资金支持及专家投入的“土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究”的难题。采用该新方法,孙洪仁团队成功建

收稿日期:2024-05-20;修回日期:2024-08-06。
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-34)。
作者简介:郭炳麟(2002—),女,主要从事牧草和作物测土施肥研究。Email: binglin.guo@foxmail.com。
* 通信作者:孙洪仁(1965—),男,硕士,副教授,主要从事牧草栽培和作物水肥管理研究。Email: sunhongren@cau.edu.cn。

立了甜菜、甘蔗、苹果、棉花、苜蓿、谷子、大麦、西瓜和燕麦[14-22]等诸多作物的土壤养分丰缺指标推荐施肥系统。氮、磷、钾乃植物营养三要素，为土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究之重点所在。为了建立我国荞麦测土推荐施磷系统，采用孙洪仁团队创建的新方法[6,11-13]开展了我国荞麦土壤有效磷丰缺指标和适宜施磷量研究。

1　材料与方法

采用“零散试验数据整合法”[6,11-13]建立我国荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷含量回归方程。具体做法如下：1）搜集科学家们数十年来针对荞麦在全国各地出于各种目的所作施磷试验的相关文献；2）提取施磷处理产量、缺磷处理产量和土壤有效磷含量的数据；3）采用式（1）计算荞麦缺磷处理相对产量；4）建立土壤有效磷含量与荞麦缺磷处理相对产量回归方程。该法的核心价值是将“沉睡”的荞麦施磷试验资源唤醒，“将散落的珍珠串成项链”，不仅有效地解决了小作物科研投入强度偏低、土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究薄弱的问题，而且有利于利用三大作物等的大数据开展不同历史年代、自然区域、土壤类型、耕作制度等的比较研究。

$$R_{-P}=Y_{-P}\div Y_P。\qquad(1)$$

式中：R_{-P}为缺磷处理相对产量；Y_{-P}和 Y_P分别为缺磷处理产量和施磷处理产量。

采用“土壤养分丰缺分级改良方案”[6,11]对土壤有效磷含量进行分级。统一和均等化各丰缺级别的缺素处理相对产量跨度为 10%和确定 100%作为最高丰缺级别的缺素处理相对产量下限为该改良方案的主要特点。优点有四：一是土壤养分丰缺分级的主观随意性降至最低、客观决定性升至最高；二是不同丰缺级别土壤推荐施肥的精准度得以统一；三是整套分级方案的科学性和实践性得以兼顾；四是最高丰缺级别土壤的产量损失得以避免。将改良方案中各个丰缺级别节点的缺素处理相对产量数值，如 100%、90%、80%，代入荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷含量回归方程，计算不同丰缺级别所对应的土壤有效磷含量指标。

采用“养分平衡－地力差减法新应用公式”[6,12]，计算荞麦适宜施磷量。该新应用公式核心特征是将引入变量“缺素处理相对产量”作为纽带与“土壤养分丰缺指标分级方案”联结起来；核心优势是省却田间试验的劳烦，实现不同丰缺级别土壤适宜施肥量的直接计算。

$$F_P=Y_t\times P_u\times(1-R_{-P})\div E_P。\qquad(2)$$

式中：F_P、Y_t、P_u、R_{-P}和 E_P分别代表荞麦适宜施磷量、目标产量、单位经济产量磷素吸收量、缺磷处理相对产量和磷肥利用率。

自然条件、品种、种植制度等对荞麦产量影响巨大。如西南地区苦荞单产水平一般明显高于北方甜荞。根据我国荞麦当前的生产实际状况，确定 5 个目标产量，分别为 0.90、1.50、2.25、3.00、3.75 t/hm^2。水肥管理模式对肥料利用率具有很大影响，如旱作雨养模式下，施肥次数很少，磷肥利用率一般在 15%以下；滴灌＋水肥一体化模式下，水肥同步，施肥次数亦颇多，磷肥利用率可高达 50%以上。依据我国荞麦的水肥管理实践，确定 5 个磷肥利用率，分别为 15%、20%、25%、30%和 35%。以文献[23-26]为主要依据，结合若干荞麦营养与施肥专家意见，确定我国荞麦单位经济产量磷素吸收量（P_2O_5）为 15 kg/t。5 个荞麦目标产量磷素吸收量（目标产量和单位经济产量磷素吸收量之积）依次为 13.50、22.50、33.75、45.00、56.25 kg/hm^2。

2　结果与分析

2.1　我国荞麦施磷试验研究文献和数据

搜集到我国开展的符合要求的可用荞麦施磷试验文献总计 27 篇[24,27-52]。其中 1981—1990 年 1 篇[27]、1991—2000 年 3 篇[28-30]、2001—2010 年 3 篇[24,31-32]、2011—2020 年 17 篇[33-49]、2021—2023 年 3 篇[50-52]；田间试验 24 篇[24,27-43,45,48-52]，盆栽试验 2 篇[44,46]，池栽试验 1 篇[47]。上述研究涉及土壤类型 10 余个、品种 20 余个、旗县市区 20 个。施磷处理施磷量范围为 14～225 kg/hm^2。

2.2　我国荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷质量分数回归方程

如式（3）和图 1 所示，荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷质量分数回归方程达到了极显著水平。

$$y=10.352\ \ln x+58.085\ (r=0.640\ 9,n=45,P<0.01)。\qquad(3)$$

式中：y为缺磷处理相对产量（38.79%～94.79%）；x为土壤有效磷质量分数（1.3～25.8 mg/kg）。

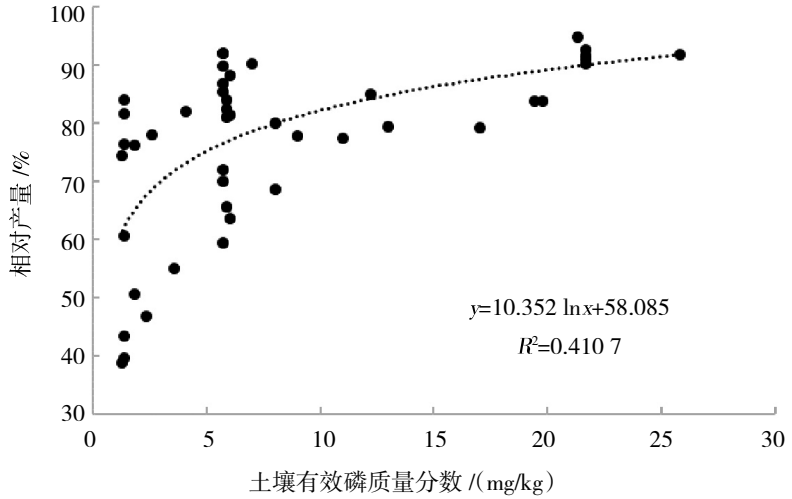


图 1　我国荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷质量分数回归关系

2.3　我国荞麦土壤有效磷丰缺指标

我国荞麦缺磷处理相对产量 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%和 100%所对应的土壤有效磷质量分数依次为 0.01、0.03、0.07、0.17、0.46、1.20、3.20、8.30、21.80、35.40、57.30 mg/kg。表 1 为适当取舍外推数据后所得我国荞麦土壤有效磷丰缺指标。

2.4　我国荞麦适宜施磷量

表 2 为我国荞麦适宜施磷量。目标产量 0.90 ~ 3.75 t/hm²、磷肥利用率 15% ~ 35%、土壤有效磷丰缺级别 1—7 级时，第 1—7 级土壤的适宜施磷量分别为 0、4 ~ 38、8 ~ 75、12 ~ 113、15 ~ 150、19 ~ 188、23 ~ 225 kg/hm²；磷肥利用率 35%、30%、25%、20%和 15%的适宜施磷量范围依次为 0 ~ 96、0 ~ 113、0 ~ 135、0 ~ 169、0 ~ 225 kg/hm²；目标产量 0.90、1.50、2.25、3.00、3.75 t/hm² 的适宜施磷量范围分别为 0 ~ 54、0 ~ 90、0 ~ 135、0 ~ 180、0 ~ 225 kg/hm²。

表 1　我国荞麦土壤有效磷丰缺指标

级别 / 级（相对产量 /%）	7（≤50）	6（> 50 ~ 60）	5（> 60 ~ 70）	4（> 70 ~ 80）	3（> 80 ~ 90）	2（> 90 ~ 100）	1（> 100）
土壤有效磷质量分数 /（mg/kg）	≤0.5	> 0.5 ~ 1.2	> 1.2 ~ 3.5	> 3.5 ~ 8.5	> 8.5 ~ 22.0	> 22.0 ~ 58.0	> 58.0

注：带下划线者为外推数据。

表 2　我国荞麦若干目标产量和肥料利用率情形下不同丰缺级别土壤的适宜施磷量

目标产量 /（t/hm²）	磷肥利用率 /%	施磷量（P_2O_5）/（kg/hm²）						
		第 7 级	第 6 级	第 5 级	第 4 级	第 3 级	第 2 级	第 1 级
0.90	35	23	19	15	12	8	4	0
	30	27	23	18	14	9	5	0
	25	32	27	22	16	11	6	0
	20	41	34	27	20	14	7	0
	15	54	45	36	27	18	9	0
1.50	35	39	32	26	19	13	7	0
	30	45	38	30	23	15	8	0
	25	54	45	36	27	18	9	0
	20	68	56	45	34	23	11	0
	15	90	75	60	45	30	15	0

（续表）

目标产量 /（t/hm²）	磷肥利用率 /%	施磷量（P_2O_5）/（kg/hm²）						
		第 7 级	第 6 级	第 5 级	第 4 级	第 3 级	第 2 级	第 1 级
2.25	35	58	48	39	29	19	10	0
	30	68	56	45	34	23	11	0
	25	81	68	54	41	27	14	0
	20	101	84	68	51	34	17	0
	15	135	113	90	68	45	23	0
3.00	35	77	64	51	39	26	13	0
	30	90	75	60	45	30	15	0
	25	108	90	72	54	36	18	0
	20	135	113	90	68	45	23	0
	15	180	150	120	90	60	30	0
3.75	35	96	80	64	48	32	16	0
	30	113	94	75	56	38	19	0
	25	135	113	90	68	45	23	0
	20	169	141	113	84	56	28	0
	15	225	188	150	113	75	38	0

3　讨论

3.1　文献选取和数据剔除

采用“零散实验数据整合法”建立荞麦缺素处理相对产量与土壤养分质量分数回归方程，首要问题是如何进行文献选取和数据剔除。澳大利亚对于文献选取的做法主要是对试验研究进行评估分级[53-55]。本研究未对文献进行分类和分级，既不管研究目的是什么，也无论采用何种研究方法——如盆栽和池栽，所有文献一律采用，但在进行回归分析时，剔除少量严重偏离群体的数据，保证了回归方程样本数量最大化。

3.2　回归方程样本数量

土壤养分丰缺指标法创始人 Bray[8]和我国植物营养学家[2-7]，皆认为建立作物缺素处理相对产量与土壤养分质量分数回归方程时，样本数量宜为 20 个以上。澳大利亚规定样本数量不宜少于 8 个[53-55]。本研究所得回归方程的样本数量为 45，满足基本要求，但不是很多，散点图略显单薄，因此建议业界人士大力开展含有缺磷处理的荞麦施磷试验研究。

3.3　回归方程相关系数和决定系数

相关系数和决定系数越高，回归方程越完美。田间试验不可控因素较多，通常相关系数和决定系数远低于室内研究。澳大利亚规定，土壤养分含量与作物缺素处理相对产量回归方程的相关系数应≥0.2，实践中通常为 0.25 ~ 0.70，决定系数则在 0.5 以下[53-55]。本研究所得回归方程的相关系数为 0.640 9，决定系数为 0.410 7，相对而言比较理想。

3.4　我国荞麦土壤有效磷丰缺指标

我国三大作物[56-58]、杂粮[19-20,22,59]、瓜果[16,21]、糖料[14-15]、棉花[17]和苜蓿[18]缺磷处理相对产量 90%所对应的土壤有效磷指标为 12 ~ 35 mg/kg，本文荞麦的研究结果为 22 mg/kg，处于中间位置，较为可信。

3.5　我国荞麦适宜施磷量

本研究引用的荞麦施磷试验的施磷量为 14 ~ 225 kg/hm²[24,27-52]。本研究结果为：当目标产量 0.90 ~ 3.75 t/hm²、磷肥利用率 15% ~ 35%时，第 1—7 级土壤的适宜施磷量分别为 0、4 ~ 38、8 ~ 75、12 ~ 113、15 ~ 150、19 ~ 188、23 ~ 225 kg/hm²。本研究结果十分接近于众位专家学者所采用的施磷量。

4　结论

我国荞麦缺磷处理相对产量与土壤有效磷质量分数的回归方程为：$y = 10.352 \ln x + 58.085$。我国荞麦土壤有效磷第 1—7 级指标依次为 > 58.0、

＞22.0～58.0、＞8.5～22.0、＞3.5～8.5、＞1.2～3.5、＞0.5～1.2、≤0.5 mg/kg。当目标产量 0.90～3.75 t/hm^2、磷肥利用率 15%～35%、土壤有效磷丰缺级别 1—7 级时，第 1—7 级土壤的适宜施磷量分别为 0、4～38、8～75、12～113、15～150、19～188、23～225 kg/hm^2；磷肥利用率 35%、30%、25%、20%和 15%的适宜施磷量范围依次为 0～96、0～113、0～135、0～169、0～225 kg/hm^2；目标产量 0.90、1.50、2.25、3.00、3.75 t/hm^2 的适宜施磷量范围分别为 0～54、0～90、0～135、0～180、0～225 kg/hm^2。

参考文献：

[1] 严慧玲,陈泓旭,叶雪玲,等. 我国荞麦产业发展现状与对策浅析[J]. 四川农业科技,2023(2):12-15,23.

[2] 周鸣铮. 土壤肥力测定与测土施肥[M]. 北京:农业出版社,1988.

[3] 黄德明. 作物营养和科学施肥[M]. 北京:农业出版社,1993.

[4] 金耀青,张中原. 配方施肥方法及其应用[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.

[5] 张福锁,江荣风,陈新平,等. 测土配方施肥技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2011.

[6] 孙洪仁,刘文清,朱伟军. 苜蓿种植技术[M]. 北京:中国林业出版社,2020.

[7] 谭金芳,韩燕来. 作物施肥原理与技术[M]. 3 版. 北京:中国农业大学出版社,2021.

[8] BRAY R H. Soil-plant relations: I. the quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions[J]. Soil Science,1944,58:305-324.

[9] 周鸣铮. 中国的测土施肥[J]. 土壤通报,1987(1):7-13.

[10] 黄德明. 我国农田土壤养分肥力状况及丰缺指标[J]. 华北农学报,1988,3(2):46-53.

[11] 孙洪仁,曹　影,刘　琳,等. 测土施肥土壤有效养分丰缺分级改良方案[J]. 黑龙江畜牧兽医(上半月),2014(10):1-5.

[12] 孙洪仁,曹　影,刘　琳,等. “养分平衡—地力差减法”确定适宜施肥量的新应用公式[J]. 黑龙江畜牧兽医(上半月),2014(4):1-4.

[13] 孙洪仁,曹　影,刘　琳,等. 测土施肥不同丰缺级别土壤的适宜施肥量[J]. 黑龙江畜牧兽医(上半月),2014(12):7-11.

[14] 孙洪仁,张吉萍,吕玉才,等. 中国北方甜菜土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量初步研究[J]. 中国糖料,2019,41(1):23-27.

[15] 钟培阁,孙洪仁,张吉萍,等. 中国南方甘蔗土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量初步研究[J]. 中国糖料,2021,43(1):51-56.

[16] 王　彦,朱凯迪,孙洪仁,等. 中国苹果土壤养分丰缺指标与适宜施肥量初步研究[J]. 中国农学通报,2022,38(5):69-78.

[17] 吕志伟,孙洪仁,张吉萍,等. 中国棉花土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量研究[J]. 中国土壤与肥料,2022(2):197-206.

[18] 孙洪仁,王显国,卜耀军,等. 我国紫花苜蓿土壤有效磷丰缺指标与推荐施磷量[J]. 中国农业大学学报,2022,27(5):199-215.

[19] 朱凯迪,孙洪仁,张吉萍,等. 我国籽实和饲草谷子土壤有效磷丰缺指标和推荐施磷量[J]. 中国土壤与肥料,2023(3):73-81.

[20] 孙洪仁,杨小可悦,王显国,等. 我国籽实和饲草大麦土壤有效磷丰缺指标和推荐施磷量[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2024,50(1):1-8.

[21] 陈吕彦烨,孙洪仁,张吉萍,等. 我国西瓜土壤有效磷丰缺指标和推荐施磷量研究[J]. 蔬菜,2024(1):27-34.

[22] 孙洪仁,王显国,张运龙,等. 我国籽实和饲草燕麦土壤有效磷丰缺指标与推荐施磷量初步研究[J]. 中国奶牛,2024(4):59-65.

[23] 戴庆林,任树华,刘基业,等. 半干旱地区荞麦吸肥规律的初步研究[J]. 北方农业学报,1988(3):11-13,18.

[24] 王志远,毛丛义. 对荞麦养分吸收及平衡施肥的初探[J]. 青海农技推广,2001(3):58-60.

[25] 张福锁,陈新平,陈　清,等. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京:中国农业大学出版社,2009.

[26] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社,2011.

[27] 安玉麟,刘安林,范计珍,等. 氮磷配合施用对荞麦产量和蛋白质含量的影响[J]. 内蒙古农业科技,1989(5):25-26.

[28] 王永亮,刘基业,戴庆林. 荞麦植株氮磷含量与施肥指标的研究[J]. 华北农学报,1992,7(2):71-76.

[29] 杜守宇,田恩平,吕廷会. 荞麦密肥效应函数模型的研究[J]. 甘肃农业科技,1993(3):26-28.

[30] 马尚明,刘东海. 荞麦施用氮磷化肥的效益[J]. 耕作与栽培,1994(5):41-42,48.

[31] 尹迪信,唐华彬,罗红军,等. 贵州野生牧草“金荞麦”平衡施肥试验研究[J]. 土壤通报,2006,37(6):1152-1155.

[32] 马　宁,刘杰英,贾瑞琳,等. 甘肃中部半干旱雨养生态区甜荞麦施肥优化数学模型研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(6):108-111.

[33] 李桂强,何　平,张春平,等. 药用金荞麦“3414”施肥效应研究[J]. 中药材,2011,34(2):171-175.

[34] 刘　纲,熊仿秋,钟　林,等. 苦荞麦氮磷钾“3414”肥料效应试验初报[J]. 农业科技通讯,2012(5):94-97.

[35] 陈磊庆. 氮磷配施对阴山北麓旱作荞麦产量和品质的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.

[36] 刘迎春,乌朝鲁门,李永娟,等. 荞麦氮、磷、钾肥的效应研究[J]. 作物杂志,2014(6):95-98.

[37] 宋毓雪,胡静洁,孔德章,等. 不同氮、磷、钾水平对苦荞产量和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2014,41(3):411-415.

[38] 宋毓雪,陈小娥,魏　让,等. 不同肥料配比对甜荞产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(3):49-53.

[39] 宋毓雪,郭　肖,杨龙云,等. 不同氮磷钾肥料处理对苦荞籽粒充实度及产量的影响[J]. 浙江农业学报,2014,26(6):1568-1572.
[40] 汪　灿,胡　海,杨　浩,等. 播种量和施肥水平对西荞 2 号春播光合速率及产量的影响[J]. 种子,2014,33(8):88-92.
[41] 向达兵,杨玲玲,李　静,等. 施肥对苦荞麦产量、经济效益及肥效的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(4):83-87.
[42] 艾　蓉,邓　蓉,王安娜. 氮磷钾配施对黔金荞麦 1 号块茎产量影响[J]. 贵州畜牧兽医,2015,39(5):63-64.
[43] 汪　燕,梁成刚,孙艳红,等. 不同苦荞品种的产量与品质及其对低氮的响应[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2017,35(6):66-73.
[44] 王　雨,赵　权,孔德章,等. 化学肥料调控对连作甜荞生长的影响[J]. 广东农业科学,2018,45(4):87-93.
[45] 张伟丽,白文琴,白文明,等. 氮磷钾对苦荞主要农艺性状、产量及干物质积累与分配的影响[J]. 中国土壤与肥料,2019(2):105-113.
[46] 杨春婷. 苦荞耐低磷基因型筛选及其适应机制的研究[D]. 临汾:山西师范大学,2019.
[47] 王　炎. 不同耕作方式及施肥量对甜荞产量的影响[D]. 贵阳:贵州师范大学,2019.
[48] 张伟丽. 氮磷钾素对苦荞产量性状及其淀粉理化特性的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
[49] 吴康红. 硅磷配施对甜荞倒伏性能及产量的影响[D]. 重庆:西南大学,2020.
[50] 边巴卓玛. 拉萨河谷农区苦荞"3414"肥料效应试验研究[J]. 排灌机械工程学报,2022,40(4):398-403.
[51] 李振东. 栽培措施对不施氮处理下苦荞生长及产量的影响[D]. 贵阳:贵州师范大学,2022.
[52] 纪志超,王欣欣,王连会,等. 荞麦—大豆轮作条件下不同配比 N、P、K 肥对作物产量与土壤肥力的影响[J]. 作物研究,2023,37(3):213-217,258.
[53] SPEIRS S D,REUTER D J,PEVERILL K I,et al. Making better fertiliser decisions for cropping systems in Australia:an overview[J]. Crop and Pasture Science,2013,64(5):417-423
[54] WATMUFF G,REUTER D J,SPEIRS S D. Methodologies for assembling and interrogating N, P, K, and S soil test calibrations for Australian cereal, oilseed and pulse crops[J]. Crop and Pasture Science,2013,64(5):424-434.
[55] DYSON C B,CONYERS M K. Methodology for online biometric analysis of soil test-crop response datasets[J]. Crop and Pasture Science,2013,64(5):435-441.
[56] 孙洪仁,赵雅晴,曾　红,等. 中国若干区域玉米土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量[J]. 中国土壤与肥料,2017(2):26-34.
[57] 孙洪仁,张吉萍,江丽华,等. 中国小麦土壤有效磷丰缺指标与适宜施磷量研究[J]. 中国农学通报,2019,35(21):30-37.
[58] 孙洪仁,张吉萍,江丽华,等. 我国水稻土壤有效磷和速效钾丰缺指标与适宜磷钾施用量研究[J]. 中国稻米,2018,24(5):1-10.
[59] 孙洪仁,江丽华,张吉萍,等. 中国马铃薯土壤氮磷钾丰缺指标与适宜施肥量[J]. 中国农学通报,2020,36(5):78-85.

Abundance-deficiency Index of Soil Available Phosphorus and Modeling of Appropriate Phosphorus Fertilizer Application Rates for Buckwheat in China

GUO Binglin[1], SUN Hongren[1], WANG Xianguo[1], ZHANG Yunlong[1], WANG Zhenguo[2], Baiyilatu[2], ZHANG Guihua[2], WEN Feng[2], JIN Xiaoguang[2], BAO Xuelian[2], LIU Weichun[3]

(1. College of Grassland Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Tongliao Agricultural and Animal Husbandry Science Research Institute, Tongliao 028015, China; 3. Hure Banner Agricultural Technology Promotion Center, Hure 028200, China)

Abstract: In order to established a recommended P application system based on soil testing in China, a new study method for crop fertilizer recommendation based on abundance-deficiency index (ADI) of soil nutrients was used to study the ADI of soil available P (SAP) and appropriate P application rates (APAR) for buckwheat in China. The results showed that the concentration of SAP and the relative yield of buckwheat without P fertilizer treatment in China was $y = 10.352 \ln x + 58.085$. The ADI of SAP for buckwheat in China for the 1st to 7th level were > 58, > 22 ~ 58, > 8.5 ~ 22, > 3.5 ~ 8.5, > 1.2 ~ 3.5, > 0.5 ~ 1.2 and ≤ 0.5 mg/kg, respectively. When the target yield (TY) of buckwheat was 0.9~3.75 t/hm^2, the P fertilizer use efficiency (PFUE) was 15%~35%, and the SAP abundance-deficiency level (ADL) was from 1st to 7th, the APAR for ADL from 1st to 7th were 0, 4~38, 8~75, 12~113, 15~150, 19~188 and 23~225 kg/hm^2, respectively. The APAR for PFUE of 35%, 30%, 25%, 20% and 15% were 0~96, 0~113, 0~135, 0~169 and 0~225 kg/hm^2, respectively. The APAR for TY of 0.90, 1.50, 2.25, 3.00 and 3.75 t/hm^2 were 0~54, 0~90, 0~135, 0~180 and 0~225 kg/hm^2, respectively.

Key Words: China; Buckwheat; Soil testing and fertilizer recommendation; Available phosphorus; Abundance-deficiency index; Fertilizer application rate

倪艳云,吴静雅,王　飞. 不同品种缓(控)释肥对水稻产量与效益的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):24-28. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.005.

不同品种缓(控)释肥对水稻产量与效益的影响

倪艳云,吴静雅,王　飞
(江苏省高邮市农业农村局,江苏 高邮 225600)

摘要:缓(控)释肥作为一种根据作物养分需求缓慢释放的新型肥料,对水稻生产有省工节本增效作用。本次试验设 6 个处理,分别为"汉枫"缓释掺混肥、"贸昇"缓释掺混肥、"住商"缓释掺混肥、中东"绿聚能"缓释掺混肥、"心连心"控释肥、中东复合肥(CK),采用在相同施氮量 18 kg/667 m² 条件下,比较 5 种缓(控)释肥施用对南粳 9108 的产量及效益影响。结果表明,"住商"缓释掺混肥、"贸昇"缓释掺混肥、"汉枫"缓释掺混肥施用效果较好,南粳 9108 产量分别达 680.73、674.89、663.65 kg/667 m²,比 CK 分别增产 17.10%、16.09%、14.16%,比 CK 分别增收 148.17、120.33、92.71 元 /667 m²。

关键词:缓(控)释肥;南粳 9108;产量;效益
中图分类号:S511　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240016

缓(控)释肥是一种"环境友好型"肥料[1-2],它通过延缓或控制养分释放到土壤中的速率,保证养分更多地用于植物生长,减少养分的淋失和挥发损失,减轻环境影响[3]。近年来缓(控)释肥因其肥效释放周期长、省工节本等优点逐渐被规模种植户接受。高邮市缓(控)释肥施用面积从 2019 年试验示范阶段到现在已推广近 3 000 hm²。目前农资市场上缓(控)释肥的品种越来越多,农户选择起来比较困难。农户选择缓(控)释肥主要是在机械深施时候施用。程金秋等研究表明,适合机械深施的肥料不仅要求肥料的颗粒大小均匀,还要求肥料性状比较稳定不容易融化[4],但是对肥料在水稻生长过程肥效发挥效果研究较少。因此为探明缓(控)释肥在水稻南粳 9108 上的应用效果,江苏省高邮市采用在等量施氮条件下,比较 5 种缓(控)释肥对南粳 9108 的产量及效益影响,为水稻轻简栽培提供支持,以期为水稻生产提供实践参考。

1　材料与方法

1.1　供试材料与试验地点

供试缓(控)释肥肥料如表 1 所示。以中东复合肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数均为 15%)为对照(CK);F1 处理:"汉枫"缓释掺混肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数分别为 30%、6%、12%);F2 处理:"贸昇" 缓释掺混肥 (N、P_2O_5、K_2O 质量分数分别为 33%、5%、12%);F3 处理:"住商"缓释掺混肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数分别为 26%、12%、16%);F4 处理:中东"绿聚能"缓释掺混肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数分别为 18%、10%、12%);F5 处理:"心连心"控释肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数分别为 25%、10%、16%);氮肥为尿素(N 质量分数 46.4%),磷肥为过磷酸钙 (P_2O_5 质量分数 12.5%),钾肥为氯化钾(K_2O 质量分数 57%),均由江苏中东化肥股份有限公司提供。

供试品种:南粳 9108,由扬子江种业有限公司提供。试验地点:高邮市界首镇老人桥村某田块(119°26′51″ E、32°56′37″N)。土壤类型为黏土,有机质含量(质量分数,下同)36.3 g/kg,全氮含量 2.0 g/kg,速效磷含量 8.0 mg/kg,速效钾含量 158.1 mg/kg。前茬为小麦,地力中上等,灌排方便。本试验采用机插软盘育秧,2023 年 5 月 25 日落谷,6 月 13 日机插侧深施肥移栽,秧龄 20 d,栽插规格为行距 30 cm、株距 12 cm,栽插密度为 1.85 万穴 /667 m²,每穴 4 苗,平均基本苗 7.4 万株 /667 m²。

1.2　试验设计

试验采用单因素随机区组设计,设 6 个处理,各处理肥料用量配比见表 2,按总施纯氮 18 kg/667 m²、P_2O_5 7.2 kg/667 m²、KCl 14.8 kg/667 m²,基蘖肥、穗肥的质量比为 7∶3,磷钾肥基肥、蘖肥的质量比为 5∶5 施用。基肥在移栽前 1 d 施入,分蘖肥于移栽

收稿日期:2024-02-22;修回日期:2024-07-19。
作者简介:倪艳云(1983—),女,硕士,高级农艺师,主要从事稻麦高产技术推广研究。Email: 271570347@qq.com。

后 7 d 施入，穗肥于倒 4 和倒 2 叶等量施入。另外，磷肥（P_2O_5）、钾肥（K_2O）按基肥和幼穗分化肥（穗肥，倒 4 叶）等量施入。设 3 次重复，每个区面积 3 333 m^2，共 18 个小区。小区四周设有保护行，每个小区之间筑 40 cm 土埂并用塑料薄膜包埂，以减少各小区之间肥料的相互影响。基肥采用侧深施肥方式施入，追肥根据养分含量计算肥料实物用量，随称随施。

表 1　不同肥料配备表

处理	品牌	类型	养分比例 /%	N、P_2O_5、K_2O 质量分数	生产厂家
CK	中东	复合肥	45	15%、15%、15%	江苏中东化肥股份有限公司
F1	汉枫	缓释肥	48	30%、6%、12%	江苏汉枫农业科技有限公司
F2	贸昇	缓释肥	50	33%、5%、12%	江苏艾萨斯新型肥料工程技术有限公司
F3	住商	缓释肥	54	26%、12%、16%	住商肥料（青岛）有限公司
F4	中东绿聚能	缓释肥	40	18%、10%、12%	江苏中东化肥股份有限公司
F5	心连心	控释肥	51	25%、10%、16%	河南心连心化工集团有限公司

表 2　各处理肥料施用量

处理	用量 /（kg/667 m^2）				
	缓（控）释肥	复合肥	磷肥	钾肥	尿素
CK	0	48.0	0	12.6	23.5
F1	60.0	0	28.8	12.6	0
F2	54.5	0	35.8	13.8	0
F3	60.0	0	0	8.6	5.2
F4	72.0	0	0	10.3	11.0
F5	72.0	0	0	5.4	0

1.3　大田管理

机插时薄水移栽活棵，分蘖期保持浅水层；在有效分蘖临界叶龄的前 1 个叶龄，茎蘖数达到预期穗数的 80%时，开始排水搁田，轻搁、多搁；拔节至成熟期湿润灌溉，干干湿湿；收获前 5 ~ 7 d 断水。

1.4　病虫害防治

各区均按当地大面积生产统一实施病虫草害防治。移栽前 1 周喷施除草剂丁草胺 100 mL/667 m^2 防治杂草。2023 年 7 月 22 日喷施 24%噻呋酰胺 40 mL/667 m^2+40%三环唑 50 g/667 m^2+16%甲维·茚虫威 20 g/667 m^2+25%噻虫嗪 20 g/667 m^2 防治纹枯病、稻瘟病、“两迁”害虫。破口扬花期喷施 30%苯甲丙环唑 30 g/667 m^2+20%稻瘟酰胺 100 g/667 m^2+57%噻虫嗪 5 g/667 m^2 防治稻曲病、稻瘟病、稻纵卷叶螟。

1.5　测定项目及内容

1.5.1　茎蘖动态。每个大区选取 2 个观察点，每点确定 10 穴定期调查，拔节前每 7 d 查苗 1 次，拔节后每 10 d 查苗 1 次。

1.5.2　产量测定。成熟期调查每小区 50 穴，计算有效穗数，取 5 穴调查每穗粒数、结实率，以 1 000 粒实粒样本（干种子）称质量，重复 3 次求千粒质量，从而求得理论产量。成熟期各小区割取 50 穴，脱粒、去杂晒干后称质量求得实际产量。

2　结果与分析

2.1　缓（控）释肥对南粳 9108 茎蘖动态的影响

由表 3 可知，基本苗一致的情况下，不同

缓(控)释肥品种不同,对茎蘖动态影响也不同。拔节期是茎蘖苗高峰期,F1 处理茎蘖数偏多,达 37.57 万株 /667 m^2,其次为 F2 处理,达 36.48 万株 /667 m^2,CK 的高峰苗最少,仅为 34.27 万株 /667 m^2。成熟期和最终的茎蘖成穗率均表现为缓(控)释肥处理高于 CK。成熟期 F3 处理穗数最多,达 26.52 万穗 /667 m^2,其茎蘖成穗率也最高,达 74.75%。其原因可能是在等氮量条件下,缓控释肥肥效稳定持久,能有效提高水稻茎蘖成穗率,减少无效分蘖的发生。

2.2　缓(控)释肥对南粳 9108 产量的影响

由表 4 可以看出,不同缓(控)释肥对南粳 9108 产量的影响也不同。5 个缓(控)释肥处理产量均高于 CK,增幅在 0.73% ~ 17.10%。F3 处理的产量最高,达 680.73 kg/667 m^2,比 CK 增 17.10%;其次为 F2 处理,产量达 674.89 kg/667 m^2,比 CK 增 16.09%;CK 处理产量最低,仅为 581.34 kg/667 m^2,与 F1、F2、F3 处理差异具统计学意义。说明大部分缓(控)释肥品种能促进水稻整个生育期的养分供应,生育后期能促进水稻的养分吸收,利于产量提高。

从水稻产量构成因素来看,F3 处理穗数最多,达 26.52 万穗 /667 m^2,CK 处理穗数最少,仅 22.58 万穗 /667 m^2。水稻穗粒数以 F2 处理最高,达 112.80 粒 / 穗,F5 处理穗粒数最少,仅 104.22 粒 / 穗。水稻结实率以 F1、F2 处理较高,分别达 96.45%、96.26%,F5 处理结实率最低,仅 92.95%。水稻千粒质量以 F5、CK 处理较高,分别达 27.52、27.25 g,F3 处理千粒质量最低,仅 26.02 g。

表 3　不同肥料处理下南粳 9108 茎蘖动态

处理	基本苗 /（万株 /667 m^2）	分蘖期 /（万株 /667 m^2）	拔节期 /（万株 /667 m^2）	抽穗期 /（万株 /667 m^2）	成熟期 /（万穗 /667 m^2）	茎蘖成穗率 / %
CK	7.4	31.12	34.27	24.38	22.58	65.89
F1	7.4	31.21	37.57	28.33	25.38	67.55
F2	7.4	31.69	36.48	28.87	25.42	69.68
F3	7.4	32.11	35.48	29.12	26.52	74.75
F4	7.4	32.21	35.38	27.45	24.12	68.17
F5	7.4	30.35	34.52	25.34	23.41	67.82

表 4　不同肥料处理下南粳 9108 产量及产量构成

处理	穗数 /（万穗 /667 m^2）	穗粒数 /（粒 / 穗）	结实率 / %	千粒质量 / g	理论产量 /（kg/667 m^2）	实际产量 /（kg/667 m^2）	比 CK 增产 / %
CK	22.58	108.34	93.54	27.25	623.56	581.34 cB	
F1	25.38	110.12	96.45	26.32	709.49	663.65 abA	14.16
F2	25.42	112.80	96.26	26.25	724.54	674.89 abA	16.09
F3	26.52	110.84	95.78	26.02	732.58	680.73 abA	17.10
F4	24.12	110.65	94.82	25.79	652.65	603.42 bcA	3.80
F5	23.41	104.22	92.95	27.52	624.09	585.56 cA	0.73

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.3　缓(控)释肥对南粳 9108 生产效益的影响

由表 5 可以看出,F1、F2、F3、F4 缓(控)释肥处理的产量、产值均高于 CK,F5 处理的产量与产值小于 CK。缓(控)释肥成本较高,一般比普通复合肥高 1 000 ~ 2 200 元 /t,各个处理的效益与 CK 相比有所不同。其中 F1、F2、F3 处理分别比 CK 增收 92.71、120.33、148.17 元 /667 m^2,而 F4、F5 处理的效益比 CK 分别少 42.11、62.74 元 /667 m^2。从产投比可以看出 F2、F3 的产投比高于 CK 处理,F1 处理产投比与 CK 相同,而 F4、F5 处理的产投比低于 CK。

表 5　不同肥料处理下南粳 9108 生产效益

处理	产量 /（kg/667 m²）	单价 /（元 /kg）	产值 /（元 /667 m²）	成本 /（元 /667 m²）				产投比	效益 /（元 /667 m²）	比 CK 增收 /（元 /667 m²）
				肥料	用工	农资	总成本			
CK	581.34	2.60	1 511.48	229.20	280.00	345.00	854.2	1.77	657.28	—
F1	663.65	2.60	1 725.49	350.50	280.00	345.00	975.50	1.77	749.99	92.71
F2	674.89	2.60	1 754.71	352.11	280.00	345.00	977.11	1.80	777.61	120.33
F3	680.73	2.60	1 769.90	339.45	280.00	345.00	964.45	1.84	805.45	148.17
F4	603.42	2.60	1 568.89	328.72	280.00	345.00	953.72	1.65	615.17	–42.11
F5	580.56	2.60	1 509.46	289.92	280.00	345.00	914.92	1.65	594.54	–62.74

3　讨论与小结

缓（控）释肥具有提高肥料利用率、减轻农业面源污染以及减少肥料流失等优点，已经成为未来肥料发展的重要趋势[5-6]。奇晓磊研究认为，在水稻上一次性施用缓（控）释肥均可以促进水稻分蘖、增加水稻有效穗数及穗粒数，提高或保持了水稻正常产量[7]。杨艳等研究认为，缓控释肥相比常规施肥可以保障水稻生育期氮素积累、提高肥料利用率，最终通过提高穗粒数、结实率和千粒质量达到增产效果[8]。笔者等研究表明，缓控释肥与尿素配施，随着缓释肥比例的增加，水稻产量逐渐增加，最高增幅达 13.26%，且施用缓释肥能促进水稻分蘖成穗，减少施肥次数、降低农资成本、简化栽培程序[9]。马富亮等研究表明，施用不同包衣的缓控尿素的处理，其小麦产量均显著高于施用普通尿素处理，增产幅度高达 10.4% ~ 16.5%[10]。本研究表明，相同施氮量条件下，施用缓（控）释肥的处理产量要高于 CK 处理，增产率在 0.73% ~ 17.10%，其中“住商”缓释掺混肥、“贸昇”缓释掺混肥、“汉枫”缓释掺混肥施用效果较好，产量分别达 680.73、674.89、663.65 kg/667 m²，分别比 CK 增产 17.10%、16.09%、14.16%。

仲卫华等研究认为，缓释肥具有肥效长、省工节本优点[11-12]。缓（控）释肥价格是普通肥料的2.5 ~ 8.0 倍，普通农户因其成本较高，一般难以大面积推广[13]。本研究表明，“住商”缓释掺混肥、“贸昇”缓释掺混肥、“汉枫” 缓释掺混肥处理的效益比 CK 分别增收 148.17、120.33、92.71 元 /667 m²，而中东“绿聚能”缓释掺混肥、“心连心”控释肥处理的效益比 CK 分别减少 42.11、62.74 元 /667 m²。

在本试验结果上提出以下建议：一是针对缓（控）释肥成本高，普通农户难以接受，大面积推广受限实际，建议肥料生产企业能够优化生产工艺，提高生产效率，降低生产成本和缓（控）释肥价格；二是针对目前市场上缓（控）释肥种类较多，在生产中肥效因不同环境因素的影响，差异较大，农户选择较难，建议对不同缓（控）释肥开展配套技术研究，同时加强对农户用肥指导及宣传，提高农户选用新型肥料的积极性，促进农业增产增收；三是针对缓（控）释肥主要在水稻侧深施肥中的应用，实际侧深施肥机械效率偏低，一般机插效率在 2.00 ~ 2.67 hm²/d，比普通插秧机少 1.00 ~ 1.33 hm²/d，建议机械生产企业能改进侧深施肥机械，提高作业效率，给缓（控）释肥推广提供机械便利。

参考文献：

[1] 李治艳,乔维凤. 水稻缓控释肥应用技术[J]. 现代农村科技,2015(16):44.

[2] 赵秉强. 环境友好型肥料发展现状与趋势[J]. 作物杂志,2003(3):22–23.

[3] 李云春,李小坤,鲁剑巍,等. 控释尿素对水稻产量、养分吸收及氮肥利用率的影响[J]. 华中农业大学学报,2014,33(3):46–51.

[4] 程金秋,朱　盈,魏海燕,等. 缓控释肥在水稻上的应用效果综述[J]. 江苏农业科学,2017,45(17):11–15.

[5] 郑文魁,李成亮,窦兴霞,等. 不同包膜类型控释氮肥对小麦产量及土壤生化性质的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(2):162–167,174.

[6] 卢艳丽,白由路,王　磊,等. 华北小麦 – 玉米轮作区缓控释肥应用效果分析[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):209–215.

[7] 奇晓磊. 几种缓控释肥在水稻上一次性施用效果研究响[D]. 长春:吉林农业大学,2016.

[8] 杨　艳,王　玲. 减氮施肥条件下不同类型缓控释肥对南粳 9108 水稻产量结构及经济效益的影响[J]. 现代农业科

技,2021(5):20–21,24.
[9] 倪艳云,冯　明,闵思桂,等. 缓释肥不同配比对毯苗机插南粳 9108 产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2020,37(1):30–33.
[10] 马富亮,宋付朋,高　杨,等. 硫膜和树脂膜控释尿素对小麦产量、品质及氮素利用率的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):67–72.
[11] 仲卫华,徐培根. 缓控肥在小麦生产中的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2012(4):80,83.
[12] 马　良,朱玉祥,张乐平,等. 不同缓控释肥对水稻甬优 1540 产量和效益的影响[J]. 浙江农业科学,2018,59(4):561–563.
[13] 王兴刚,吕少瑜,冯　晨,等. 包膜型多功能缓 / 控释肥料的研究现状及进展[J]. 高分子通报,2016(7):9–22.

Effects of Slow (Controlled) Release Fertilizers on Rice Yield and Benefit

NI Yanyun, WU Jingya, WANG Fei
(Agriculture and Rural Affairs Bureau of Gaoyou City, Jiangsu Province, Gaoyou 225600, China)

Abstract: Slow (controlled) release fertilizer, as a new type of fertilizer that is slowly released according to crop nutrient requirements, has a cost saving and efficiency enhancing effect on rice production. Six treatments were set up in this experiment, including slow (controlled) release fertilizers of Hanfeng, Maosen, Zhushang, LvJuneng and Xinlianxin and Zhongdong compound fertilizer (CK). Under the same nitrogen application rate of 18 kg/667 m^2, the effects of 5 types of slow (controlled) release fertilizers on yield and benefit of Nangeng 9108 were compared. The results showed that among them, the slow (controlled) release fertilizers of Zhushang, Maosheng, and Hanfeng had better application effects, and the yield of Nangeng 9108 were 680.73, 674.89 and 663.65 kg/667 m^2, respectively, increasing by 17.10%, 16.09%, and 14.16% compared to CK, and increasing income by 148.17, 120.33, and 92.71 yuan/667 m^2 compared to CK.

Key Words: Slow (controlled) release fertilizer; Nangeng 9108; Yield; Benefit

(上接第 12 页)

and identification of different types of, *A.roxburghii*, by Tri–step FT–IR spectroscopy[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy,2018,199:271–282.
[19] WEI W, YAN Y, ZHANG X P,et al. Enhanced chemical and spatial recognition of fish bones in surimi by Tri–step infrared spectroscopy and infrared microspectroscopic imaging[J]. Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy,2018,205:186–192.
[20] 任　静,刘　刚,欧全宏,等. 淀粉的红外光谱及其二维相关红外光谱的分析鉴定[J]. 中国农学通报,2015,31(17):67–73.
[21] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京:科学出版社,1985.

Infrared Spectroscopy Analysis of Barley and Wheat Seeds

LIU Jie
(Wuhu University, Wuhu 241000, China)

Abstract: It is of great significance for seed production and food safety to study the main chemical components of barley and wheat seeds by infrared spectroscopy. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) showed that the original spectra of barley seeds were similar to those of wheat seeds, and the absorption peak intensity and shape of the second derivative spectra (SD-IR) were different in the range of 1 800~800 cm^{-1}, indicating that barley and wheat seeds were different in lipid, protein and carbohydrate substances. Two-dimensional correlation infrared spectroscopy (2D-IR) showed that the position and intensity of auto-peaks in the range of 1 160~800 cm^{-1} and 1 600~1 160 cm^{-1} were different between barley seeds and wheat seeds, which further indicated that there were differences in the composition of barley and wheat seeds. The results show that infrared spectroscopy can effectively study the main components of barley and wheat seeds.

Key Words: Barley seed; Wheat seed; FT-IR; SD-IR; 2D-IR

盛雪雯,陶玥玥,徐　坚,等. 绿肥油菜还田提高水稻产量与土壤磷钾肥力[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):29-34. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s. 2024.04.006.

绿肥油菜还田提高水稻产量与土壤磷钾肥力

盛雪雯[1,2],陶玥玥[1*],徐　坚[3],吴正贵[2],王海候[1],孙　华[1]
(1. 江苏太湖地区农业科学研究所 / 国家土壤质量相城观测实验站,江苏 苏州 215155;
2. 苏州市农业技术推广中心,江苏 苏州 215006;3. 太仓东林合作农场,江苏 苏州 215400)

摘要:为评价太湖地区油菜花后作绿肥对水稻产量及稻田水土养分的影响,在太湖地区连续进行 2 年田间定位试验,明确在 2 种不同油菜 - 水稻种植模式[绿肥油菜 - 水稻、饲用油菜 - 水稻(CK)]引起的水稻籽粒产量、产量构成因子、土壤氮磷钾含量以及稻田田面水氮磷浓度变化。结果表明:与对照处理相比,油菜终花期后压青还田下 2 年水稻产量提高了 6.1% ~ 15.2%,试验第 1 年水稻产量显著增加主要是由于有效穗数显著增加了 20.0%,成穗率显著提高了 14.7%,穗实粒数显著提高 13.1%($P<0.05$),结实率、千粒质量 2 种处理差异无统计学意义。连续 2 年绿肥油菜还田下耕层土壤全氮含量差异无统计学意义,但速效磷和速效钾含量分别显著提高了 31.6%和 27.8%,同时移栽至分蘖期稻田田面水总氮和总磷浓度分别显著提高 36.3%和 53.7%($P<0.05$)。由此,太湖地区油菜作绿肥还田可维持水稻产量并补充土壤磷钾库,但应结合配套油菜绿肥还田技术以降低稻田盈余养分潜在流失风险,为太湖保护区提供化学肥料有机替代和绿色防控等有效环保型施肥技术。

关键词:绿肥油菜 - 水稻两熟;水稻产量;土壤养分;田面水养分;产量构成
中图分类号:S141　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240018

太湖稻作区是我国水稻生产主要地区,水田面积约占总耕地面积的 85%,以水稻 - 小麦、水稻 - 油菜两熟种植制度为主,为保障我国粮食安全和经济社会发展作出了重要贡献。然而,在长期单一化稻麦周年两熟生产下,耕地高强度利用和化肥大量施用,引起地力衰退、水体氮素富营养和温室气体排放等环境问题[1-2]。十字花科油菜(*Brassica napus* L.)种植成本低,抗逆性强,兼具绿肥、饲料、菜薹和观花等多种用途[3-4]。近年来,在我国"耕地轮作休耕""化肥施用量负增长"等战略行动下[2],太湖保护区冬春季迟播油菜并用作后茬水稻绿肥,已成为区域内重要的生态轮作模式之一[5]。优质晚稻收获后播种绿肥油菜,越冬生长,次年 3、4 月份菜薹采摘和观花期结束后植物体作绿肥翻压还田腐解,可与水稻实行较好的复种,实现用地和养地相结合。

目前,我国关于绿肥 - 水稻两熟制种植研究主要集中于南方双季稻区,多以传统豆科绿肥替代化肥对后茬水稻产量、养分利用及土壤养分的影响等方面。大量研究表明,翻压紫云英绿肥能够丰富稻田土壤中养分元素[6],提升作物产量[7-8]和利于土壤碳氮库培育[9-10]。然而,迄今关于太湖稻作区施用十字花科油菜绿肥对水稻产量形成和稻田田面水、土壤养分变化的研究却鲜有报道。本研究在太湖地区连续 2 年布置了绿肥油菜 - 水稻周年两熟模式试验,并以饲用油菜(油菜植株离田)- 水稻周年两熟模式为对照,研究了终花期油菜全株压青还田对后季水稻产量、土壤养分及田面水氮、磷浓度的影响,旨在为太湖稻区绿肥油菜 - 水稻生态轮作模式发展提供理论基础和实践指导。

1　材料与方法

1.1　试验点概况

2017—2019 年于江苏省苏州市太仓市城厢镇东林村(121°04′E、31°30′N)布置田间定位试验。试验点属于亚热带南部湿润气候区,年平均温度约 15.3 ℃,年降水量约 1 000 mm,年日照时数在 2 280 h。试验点土壤属于渗育型水稻土,0 ~ 20 cm 耕层土壤有机质含量(质量分数,下同)23.5 g/kg,全氮含量 1.56 g/kg,有效磷含量 64.3 mg/kg,速效钾含量 136.8 mg/kg,pH 值为 6.6。

收稿日期:2024-02-29;修回日期:2024-06-12。
基金项目:国家自然科学基金(32101854);江苏省重点研发计划(BE2020385);江苏省现代农业产业体系[JATS(2022)127]。
作者简介:盛雪雯(1990—),女,硕士,农艺师,主要从事粮油作物栽培技术及推广方面的研究。Email: 303195545@qq.com。
* 通信作者:陶玥玥(1986—),女,博士,副研究员,主要从事种植制度与养分管理方面的研究。Email: twhhltyy@163.com。

1.2　试验设计与实施

根据油菜利用功能不同，田间试验设定“绿肥油菜 – 水稻”和“饲用油菜 – 水稻”（对照）2 个处理。采用随机区组设计，每个处理重复 3 次，共 6 个小区，小区面积约 100 m^2（10 m × 10 m）。小区间以宽 40 cm、深 60 cm 田埂隔开，并用农膜包被。试验油菜（*Brassica napus* L.）品种为宁杂 1818，2017 年 10 月 10 日、2018 年 10 月 14 日按照播种量 3.0 kg/hm^2 人工条播，次年 4 月下旬油菜观花期结束后于 2018 年 4 月 21 日、2019 年 4 月 25 日按照油菜利用功能进行收割。收割时，2 种模式下油菜统一留茬约 20 cm 并人工割倒，其中绿肥油菜处理下植株全部翻压还田，饲用油菜处理下植株全部离田用于制作冬春青贮饲料。

后茬水稻统一于 2018 和 2019 年 4 月底进行播种育苗，按水稻毯状苗育苗方法，供试水稻（*Oryza sativa*）品种为南粳 9108，在 5 月中下旬水稻 3 叶 1 心期时，分别于 2018 年 5 月 18 日、2019 年 5 月 23 日进行移栽，移栽时行距 30 cm、株距 12 cm，每穴 3 ~ 5 棵苗，10 月上旬水稻成熟收获。2 年试验期间，水稻生长季化肥用量均按照 N 200 kg/hm^2、P_2O_5 112.5 kg/hm^2 和 K_2O 112.5 kg/hm^2 施用，其中氮肥按照基肥和分蘖肥的质量比为 6∶4 分 2 次施用，磷肥和钾肥在水稻移栽前全部作为基肥 1 次性施用。基肥在水稻移栽前 1 周内施用，分蘖肥则于水稻分蘖中期前施用。供试化肥为三元复合化学肥料（N–P_2O_5–K_2O：15–15–15，湖北新洋丰肥业股份有限公司）与尿素（N 质量分数 46%，江苏恒盛化肥有限公司）。水稻最大分蘖期进行控水搁田，其余时期田面保持浅水层，至收割前 2 周排水晾田。田间适时进行病虫草害防治，田间水分等其他管理措施均与当地常规生产保持一致，分别在 2018 年 9 月 28 日、2019 年 10 月 9 日进行水稻收割，稻草均不还田。

1.3　测定指标与方法

1.3.1　水稻产量构成。水稻成熟期选择代表性区域收获 2 m^2 用于测定水稻籽粒产量，各小区内采集 3 个重复。水稻成熟期测产前 1 周各小区随机调查 40 穴水稻的穗数，计算平均有效穗数，并按平均穗数选择代表性 10 穴植株用于测定产量构成因子，将水稻植株样品分成籽粒和秸秆，籽粒风干后以四分法选取 100 g 样品用于测定穗粒数，用水漂法[11]区分瘪粒和饱粒测定穗实粒数、结实率和千粒质量。所有植株样品 105 ℃下杀青 20 min 后继续在 75 ℃烘至恒定质量，测定籽粒和秸秆干物质质量。

1.3.2　油菜绿肥生物量和养分分析。绿肥油菜还田前各小区选取 1 m^2 代表性植株调查还田量，并混匀分取 1 kg 样品带回实验室按照农化分析方法[12]测定油菜植株主要营养元素含量，采用 H_2SO_4–H_2O_2 消煮后，采用凯氏定氮法测定植株全氮含量，钒钼黄比色法测定植株全磷含量，用火焰光度计（SHERWOOD，M410，英国）测定植株全钾含量。

1.3.3　土壤和田面水样品采集与分析。2017 年油菜种植前和 2019 年水稻收获后分别采集 0 ~ 15 cm 耕层土壤，各小区均按“五点法”采集 1 个混合样品，室内自然风干后过 20 目筛和 100 目筛，根据土壤农化分析方法[12]测定土壤养分。采用浓硫酸催化剂消煮 – 凯氏定氮法测定土壤全氮含量，采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提 – 钼锑比色法测定土壤有效磷含量，用 1.0 mol/L 醋酸铵浸提 – 火焰光度计测定土壤速效钾含量。水稻移栽后至最大分蘖期采集稻田田面水样品，每个小区通过“五点取样法”采集约 100 mL 田面水水样至聚乙烯瓶中，每个小区采集 3 个重复，采用流动分析仪（SKALAR，SAN++，荷兰）进行测定总氮与总磷浓度。

1.4　数据处理

用 Excel 2016 与 Origin 9.2 软件进行数据处理与图表绘制，采用 SAS 9.2[13]GLM 进行单因素方差分析，用最小显著性差异法（Least Significant Difference，LSD）进行 0.05 水平下显著性检验。

2　结果与分析

2.1　绿肥油菜还田干物质量与养分含量

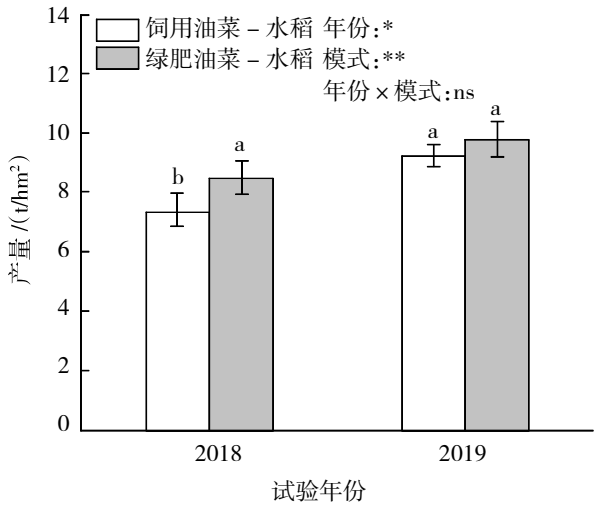
由表 1 可知，2 年试验绿肥油菜还田量平均为 9 555 kg/hm^2，植株氮、磷、钾养分质量分数平均分别为 17.6、3.72、26.5 g/kg，植株碳质量分数为 40.5 g/kg，碳氮比 23.0。

2.2　绿肥油菜还田对后季水稻产量构成的影响

由图 1 可知，年份与模式显著影响水稻产量，且年份和模式间不存在显著交互作用，绿肥油菜 – 水稻较饲用油菜 – 水稻（对照）平均显著提高水稻产量 10.2%（$P < 0.05$）。试验第 1 年水稻产量显著增加了 15.2%（$P < 0.05$），第 2 年增幅 6.1%，但差异不具有统计学意义。

表 1　还田绿肥干物质量和养分含量

	还田干物质量 /（kg/hm^2）	N 质量分数 /（g/kg）	P 质量分数 /（g/kg）	K 质量分数 /（g/kg）	C 质量分数 /（g/kg）	碳氮比
绿肥油菜 – 水稻	9 555	17.6	3.72	26.5	40.5	23.0



不同小写字母表示处理间差异有统计学意义($P<0.05$)。下同

图 1　不同油菜 – 水稻种植模式下水稻籽粒产量变化

由图 2 可知，与饲用油菜 – 水稻模式相比，绿肥油菜 – 水稻最大分蘖数有增加趋势，但差异不具有统计学意义。绿肥油菜还田第 1 年水稻有效穗数显著增加 20.0%($P<0.05$)，水稻成穗率显著提高 14.7%，还田第 2 年水稻有效穗数和成穗率有增加趋势，但差异不具有统计学意义。

由表 2 可知，种植模式显著影响水稻穗实粒数，对穗粒数、结实率和千粒质量无显著影响。2 年试验期间，与饲用油菜 – 水稻相比，绿肥油菜 – 水稻下水稻穗实粒数较对照处理显著增加 7.7%($P<0.05$)，水稻穗粒数和结实率分别增加了 5.6% 和 1.9%，但差异不具有统计学意义。试验第 1 年，油菜压青还田下水稻穗实粒数显著增加了 13.1%($P<0.05$)。

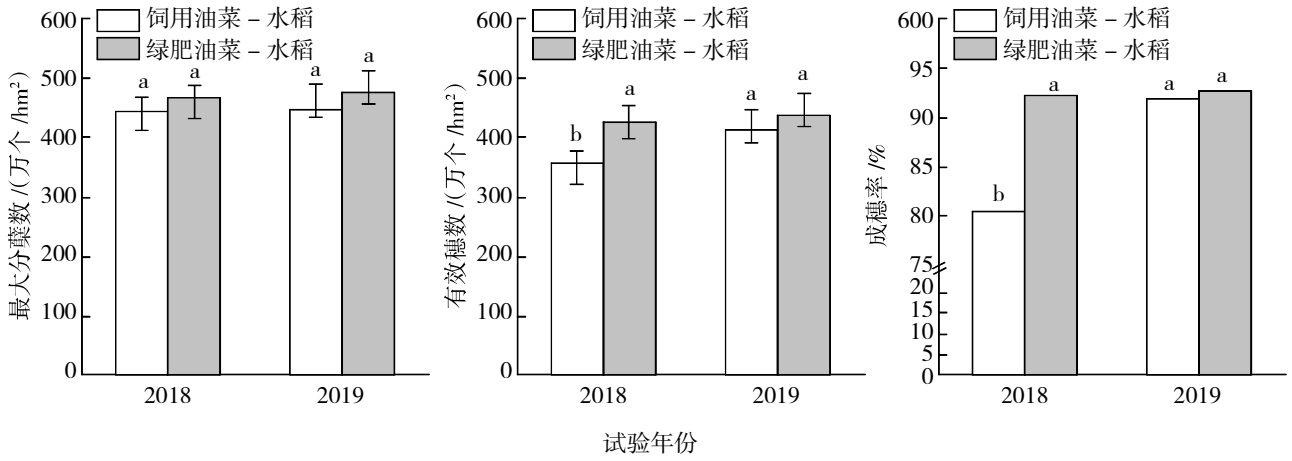


图 2　不同种植模式水稻最大分蘖数、有效穗数和成穗率

表 2　不同种植模式水稻穗粒数、穗实粒数、结实率和千粒质量

年份	试验处理	穗粒数 /(粒 / 穗)	穗实粒数 /(粒 / 穗)	结实率 /%	千粒质量 /g
2018	饲用油菜 – 水稻	91.6 a	79.9 b	87.2 a	22.2 a
	绿肥油菜 – 水稻	98.6 a	90.4 a	91.6 a	22.2 a
2019	饲用油菜 – 水稻	89.1 a	84.8 a	95.1 a	23.6 a
	绿肥油菜 – 水稻	92.3 a	86.9 a	94.1 a	23.7 a
平均	饲用油菜 – 水稻	90.4 a	82.4 b	91.2 a	22.9 a
	绿肥油菜 – 水稻	95.5 a	88.7 a	92.9 a	23.0 a
年份		*	*	*	ns
模式		ns	*	ns	ns
年份 × 模式		ns	ns	ns	ns

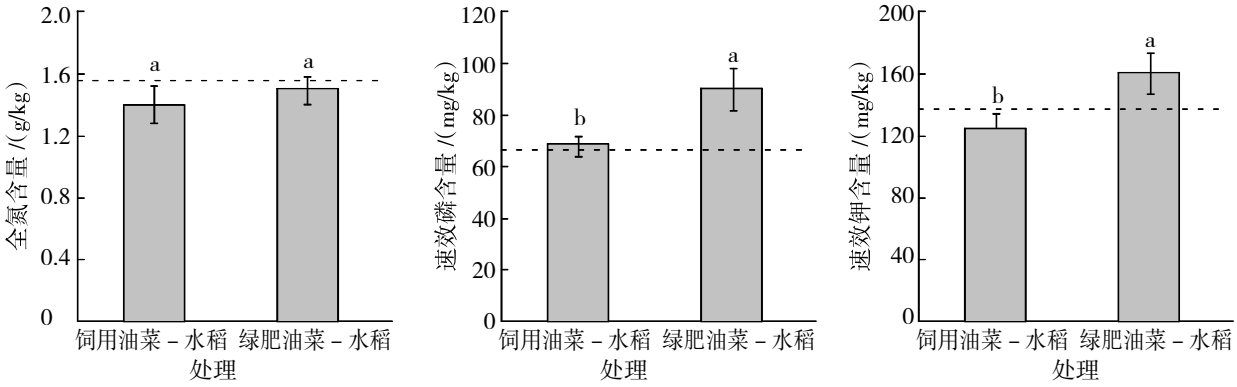
注：同列数据后不同小写字母表示同一年份下处理间差异有统计学意义($P<0.05$)。* 表示有统计学意义；ns 无统计学意义。

2.3　绿肥油菜还田对水稻土壤养分的影响

由图 3 可知，连续 2 年试验后，2 种模式下土壤的全氮含量差异不具有统计学意义，与试验前土壤全氮初始值相当。连续 2 年绿肥油菜还田下水稻土壤速效磷和速效钾含量较对照处理分别显著提高了 31.6%和 27.8%（$P<0.05$）。

2.4　绿肥油菜还田对后季稻田田面水氮磷质量浓度的影响

由图 4 可知，2 种种植模式下水稻生长季稻田田面水总氮质量浓度均在在 6 月初和 6 月中下旬达到高峰值，绿肥油菜还田下水稻移栽 – 分蘖期稻田田面水总氮质量浓度表现高于饲用油菜 – 水稻模式，期间总氮平均浓度增加了 36.3%。2 种模式下水稻生长季田面水总磷质量浓度在水稻移栽初期达到高峰值，移栽 – 分蘖期间稻田田面水平均总磷质量浓度显著增加了 53.7%。



虚线表示试验开始前土壤养分含量（质量分数）

图 3　试验后不同种植模式下稻田土壤主要养分含量变化

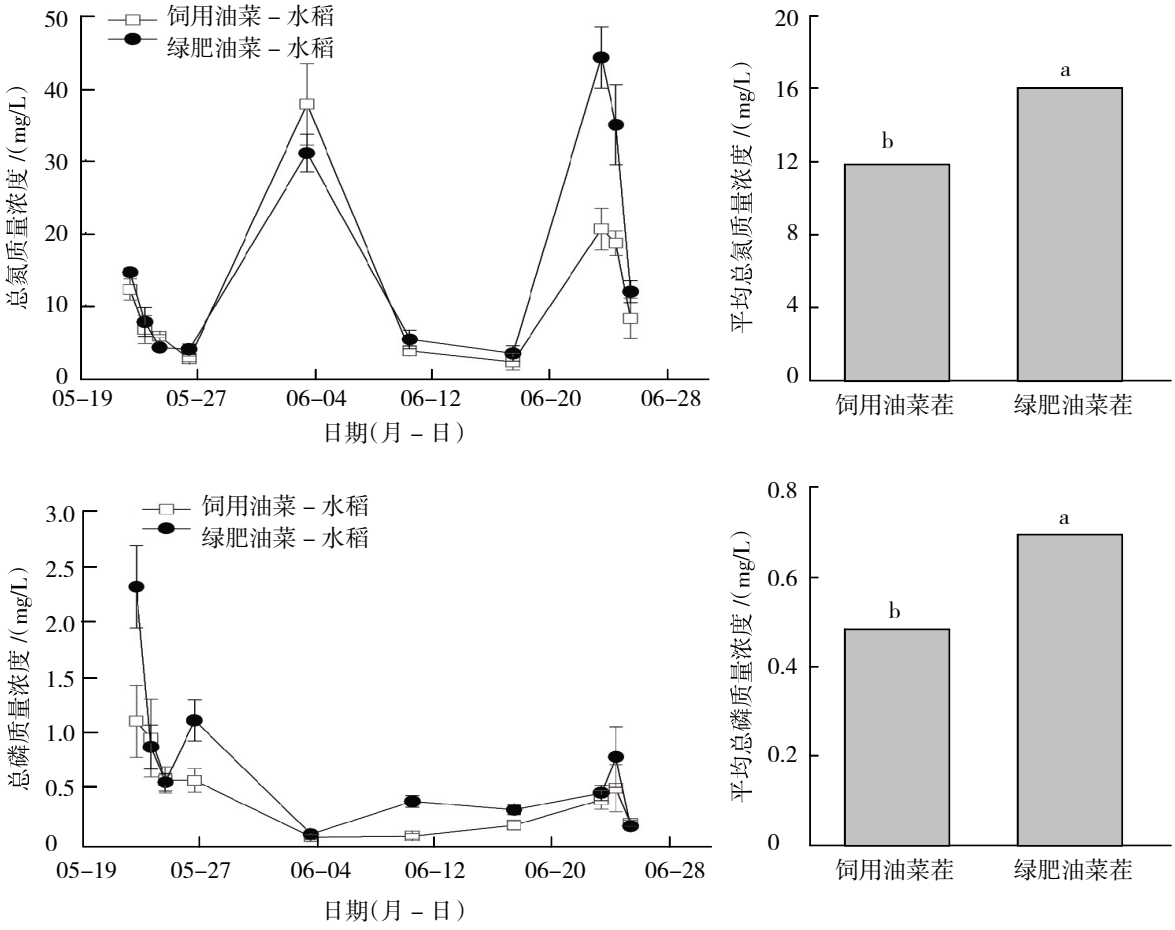


图 4　水稻移栽至最大分蘖期田面水总氮和总磷质量浓度

3　讨论

水稻 – 绿肥轮作对减少化肥投入、保障生态安全和提高粮食品质具有重要意义。发展水稻 – 绿肥轮作，对增加农民收入、降低环境污染风险、提升土壤质量显得尤为重要。种植翻压绿肥是作物高产稳产的重要物质基础和技术保障，但目前多集中于豆科绿肥[14]，南方双季稻 – 紫云英轮作是一种经济有效的轮作方式，同时具有气体调节、土壤有机质累积、土壤水分涵养等生态功能[15–17]。江西长期水稻 –绿肥油菜轮作试验中水稻平均产量较长期冬闲模式显著增加了 21.4%，土壤有机碳含量提高 8.02%[6]。这与本文太湖地区油菜终花期后作绿肥压青还田可显著提高后季水稻产量 6.1% ~ 15.2%的结论基本一致（图 1）。水稻产量构成因子包括有效穗数、穗粒数、结实率和千粒质量[18]，由水稻不同生育阶段决定[18–19]。本试验中，绿肥油菜 – 水稻模式下水稻有效穗数、成穗率和穗实粒数显著增加，最大分蘖数、结实率和千粒质量等差异不具有统计学意义（图 2 和表 2）。水稻最大分蘖数主要取决于生长前期氮素营养供应状况，有效穗数的形成则取决于最大分蘖数和水稻生育后期植株体内氮素营养状况[20]。可见，绿肥油菜还田利于水稻生长期氮素营养平衡，终花后油菜植株碳氮比为（20 ~ 25）∶1（表 1），明显低于禾谷类作物秸秆[21]，还田后较秸秆类易腐解，释放大量氮磷钾等速效养分，还可能引起土壤中氮库释放，从而提高土壤中有效氮素含量，协调水稻全生育期氮素供应。

目前关于油菜等十字花科类绿肥培肥改土效果鲜有报道，同样集中于种植翻压紫云英等豆科绿肥对稻田土壤碳氮库培育方面[22–24]。双季稻区冬种紫云英或黑麦草处理下土壤有机质活性组分含量显著增加，主要是土壤微生物活性优于绿肥油菜模式，微生物碳在土壤有机碳中的比重增加[8]。然而，值得注意的是，太湖农作区中高产农田土壤上长期稻麦集约化种植引起土壤钾素养分存在严重亏缺现象[25]。本研究发现连续 2 年绿肥油菜还田下，土壤中速效钾养分含量显著提升（图 4），这对缓解目前太湖农作区部分长期连作农田土壤缺钾问题具有重要意义。此外，与对照相比，绿肥油菜 – 水稻土壤速效磷养分含量显著提高（图 3），在油菜还田后 2 个月内即水稻移栽至最大分蘖期阶段，稻田田面水总磷浓度显著增加（图 4）。连续 26 年定位试验发现，双季稻 – 绿肥油菜轮作模式下土壤有效磷较冬闲模式增加 16.3%[6]。这主要是绿肥油菜翻压将固持养分归还到土壤中且具有对土壤难溶性磷活化作用。油菜作绿肥还田不仅可提高土壤酶活性、根际微生物种群数量，而且大量微生物和腐殖质进入土壤，可降低无机磷的固定，促进无机磷的溶解[17,26]。另一方面，植物体还田后造成土壤通气性和氧化还原状况改变，也为土壤磷库活化提供了有利条件[27]。由此，太湖农作区土壤磷库相对富余，应考虑稻田施用过量绿肥引起养分径流损失等污染问题，后期应结合绿肥油菜适宜还田技术与化学氮磷肥减施技术，从而缓控稻田盈余养分潜在流失风险。

4　结论

太湖地区油菜终花后作绿肥还田可显著提高后季水稻产量 6.1% ~ 15.2%，主要显著提高有效穗数和穗实粒数，协调水稻前后期氮素需求，改善产量构成。绿肥油菜还田下土壤速效磷、速效钾含量分别显著提高了 31.6%和 27.8%，同时水稻移栽至分蘖期稻田田面水氮磷浓度分别显著提高了 36.3%和 53.7%。

因此，绿肥油菜 – 水稻生态轮作对提高水稻产量与土壤磷钾供应，并对降低长期集约化周年多熟制农田运转强度和减少沿江沿湖生态敏感农区化肥用量有重要意义，但后期应优化绿肥油菜还田方式与磷钾肥减量施用，以降低农田盈余养分潜在流失风险。

参考文献：

[1] TILMAN D,CASSMAN K G,MATSON P A,et al. Agricultural sustainability and intensive production practices[J]. Nature, 2002,418:671–677.

[2] 黄国勤,赵其国. 轮作休耕问题探讨[J]. 生态环境学报,2017, 26(2):357–362.

[3] 陶玥玥,汤云龙,徐　坚,等. 不同移栽期下毯苗油菜的饲草产量与营养特性[J]. 草业科学,2019,36(3):785–792.

[4] 顾炽明,李银水,谢立华,等. 浅析油菜作为绿肥的应用优势[J]. 中国土壤与肥料,2019(1):180–183.

[5] 王　琳,管永祥,陈　震,等. 不同种类绿肥养分积累比较及其对水稻产量的影响[J]. 江苏农业学报,2020,36(5):1139–1143.

[6] 高菊生,徐明岗,董春华,等. 长期稻 – 稻 – 绿肥轮作对水稻产量及土壤肥力的影响[J]. 作物学报,2013,39(2):343–349.

[7] 刘立生,徐明岗,张　璐,等. 长期种植绿肥稻田土壤颗粒有机碳演变特征[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(6):1439–1446.

[8] 高菊生,曹卫东,李冬初,等. 长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响[J]. 生态学报,2011,31(16):4542-4548.
[9] YANG Z P,XU M G,ZHENG S X,et al. Effects of long-term winter planted green manure on physical properties of reddish paddy soil under a double-rice cropping system[J]. Journal of Integrative Agriculture,2012,11(4):655-664.
[10] 刘春增,常单娜,李本银,等. 种植翻压紫云英配施化肥对稻田土壤活性有机碳氮的影响[J]. 土壤学报,2017,54(3):657-669.
[11] PENG S B,HUANG J L,SHEEHY J E,et al. Rice yields decline with higher night temperature from global warming[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2004,101(27):9971-9975.
[12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
[13] 黄　燕. SAS 统计分析及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
[14] 曹卫东,包兴国,徐昌旭,等. 中国绿肥科研 60 年回顾与未来展望[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1450-1461.
[15] 谢志坚,贺亚琴,徐昌旭. 紫云英 - 早稻 - 晚稻农田系统的生态功能服务价值评价[J]. 自然资源学报,2018,33(5):735-746.
[16] 李福夺,尹昌斌. 南方稻区绿肥生态服务功能及生态价值评估研究[J]. 中国生态农业学报(中英文),2019,27(2):327-336.
[17] 高嵩涓,周国朋,曹卫东. 南方稻田紫云英作冬绿肥的增产节肥效应与机制[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(12):2115-2126.
[18] YANG J C,ZHANG J H. Crop management techniques to enhance harvest index in rice[J]. Journal of Experimental Botany,2010,61(12):3177-3189.
[19] FAGERIA N K. Yield physiology of rice[J]. Journal of Plant Nutrition,2007,30(6):843-879.
[20] DOBERMANN A,FAIRHURST T. Rice:nutrient disorders & nutrient management[M]. Los Banos,Philippines:the International Rice Research Institute,2000.
[21] 牛付安,程　灿,周继华,等. 油菜作稻田绿肥在上海郊区的推广应用价值分析[J]. 上海农业科技,2018(3):107-109.
[22] 刘春增,刘小粉,王守刚,等. 种植紫云英不还田对水稻农艺性状、产量和经济效益的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(3):68-71.
[23] 李继明,黄庆海,袁天佑,等. 长期施用绿肥对红壤稻田水稻产量和土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):563-570.
[24] 周志明,张立平,曹卫东,等. 冬绿肥 - 春玉米农田生态系统服务功能价值评估[J]. 生态环境学报,2016,25(4):597-604.
[25] 夏小江,付　伟,朱利群,等. 江苏太湖地区不同种植模式下肥料投入与养分平衡分析[J]. 生态与农村环境学报,2011,27(5):18-23.
[26] 刘金光,李孝刚,王兴祥. 连续施用有机肥对连作花生根际微生物种群和酶活性的影响[J]. 土壤,2018,50(2):305-311.
[27] JING Z W,CHEN R R,WEI S P, et al. Response and feedback of C mineralization to P availability driven by soil microorganisms[J]. Soil Biology and Biochemistry,2017,105:111-120.

Improvement of Rice Yield and Soil Phosphorus and Potassium Fertility by Green Manure Rape Returning

SHENG Xuewen[1,2], TAO Yueyue[1], XU Jian[3], WU Zhenggui[2], WANG Haihou[1], SUN Hua[1]

(1. Jiangsu Taihu Area Institute of Agricultural Sciences / National Soil Quality Observation and Experimental Station in Xiangcheng, Suzhou 215155, China; 2. Suzhou Agricultural Technology Extension Center, Suzhou 215006, China; 3. Taicang Donglin Cooperative Farm, Taicang 215400, China)

Abstract: To evaluate the effects of rape at final-flowering stage as green manure on rice yield, the concentration of soil and water nutrients, a two-year field experiment was carried out in the typical paddy field of the Taihu region. The effect of different rape-rice cultivation system (green manure rape-rice and forage rape-rice) on the grain yield, yield components, the concentration of soil total nitrogen, available phosphorus and potassium in the top soil as well as the total concentration of nitrogen and phosphorus of surface water in paddy field was studied. The results showed that the yield of rice with the return of green rape was increased by 6.1%~15.2% compared to the CK treatment. In the 1st experimental year, the number of effective panicles was significantly increased by 20.0%, the rate of panicle formation was obviously increased by 14.7%, and the filled grains per panicle were enhanced by 13.1% (P<0.05). No significant difference was found on the percentage of filled grains and 1000-grains weight. After two consecutive years with rape returning, no significant difference was found on soil total nitrogen concentration, but the available phosphorus and potassium content in the top soil were significantly increased by 31.6% and 27.8%, respectively (P<0.05). The total nitrogen and phosphorus concentration of farm surface water from transplanting stage to tillering stage were enhanced by 36.3% and 53.7%, respectively (P<0.05). Therefore, green manure rape returning can maintain rice yield as well as supplement of soil phosphorus and potassium nutrients. However, appropriate returning technique of green rape should be improved at the same time to reduce the pollution risk in the farmland, which can provide effective environmental protection fertilization techniques such as organic substitution of chemical fertilizers and green prevention and control.

Key Words: Green manure rape-rice rotation system; Rice yield; Soil nutrient; Nutrient of surface water in paddy field; Yield component

张新凤,张　国,于居龙,等. 不同化控产品对镇江地区小麦抗倒性及产量的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):35-39. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.007.

不同化控产品对镇江地区小麦抗倒性及产量的影响

张新凤[1],张　国[1],于居龙[1],余向阳[2],程金金[2],吴雪芬[3],束兆林[1*]
(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏 句容 212400;2. 江苏省农业科学院,江苏 南京 212300;
3. 江苏山川科技有限公司,江苏 淮安 223001)

摘要:为验证不同化控产品对小麦倒伏的预防效果,在小麦不同时期喷施"矮壮丰""灵澉""植播龙""百睿""穗伴侣"5 种化控产品,调查处理后小麦茎秆的抗折力、鲜质量、干质量及产量。结果表明,不同化控产品通过降低小麦第 1 节间、第 2 节间或穗茎节间长度从而降低小麦高度,降低小麦倒伏的可能性。拔节期喷施"矮壮丰"、返青期和拔节期喷施"灵澉"、拔节前施用"植播龙"能明显降低小麦第 1 节间的长度,返青期和拔节期喷施"灵澉"还能降低第 2 节间的长度,破口期喷施"穗伴侣"可降低穗茎节间的长度。5 种化控产品处理小麦产量均显著高于对照处理,增产幅度为 7.73%~20.62%,以"穗伴侣"处理小麦籽粒产量最高(7 593.75 kg/hm^2),比对照增加 20.62%,增产原因主要为增加单位面积穗粒数和穗数。从抗倒伏角度看,返青-拔节期田间喷施"灵澉"(900 mL/hm^2)加胺鲜酯(150 mL/hm^2)可有效降低小麦株高,增加小麦抗倒伏能力;从抗倒伏和增产的角度看,在破口期喷施"穗伴侣"(1 500 mL/hm^2),对水 450 L 喷雾,可增加小麦穗长和穗粒数,在提高小麦产量的同时,能有效防止小麦成熟期倒伏。

关键词:化控产品;抗折力;节间长度;抗倒;产量
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240026

近年来,随着世界人口增加,耕地面积减少,生态环境恶化,自然灾害频发,小麦产需矛盾日益严重,如何提高小麦的产量和质量成为研究重点。增加小麦种植面积是提高产量的有效途径,但我国存在耕地面积少、资源有限及耕地质量下降等问题,单纯通过增加小麦种植面积的方式提高产量困难极大[1]。因此,提高单产及小麦质量是切实可行的措施。通过增施水肥和增加种植密度可有效提高小麦单产,但也会带来一定的问题。例如,过度施用化肥不仅造成浪费和环境污染[2],还会引发小麦倒伏;不合理灌溉也会导致小麦倒伏率增加[3];过度密植会导致小麦群体过大,个体生长细弱,茎秆发育力差,C/N 显著降低,并引发倒伏[4-5]。

倒伏是制约小麦高产稳产、限制机械化收获的重要因素[6],每年倒伏都会给世界各地的小麦带来很大的损失[7]。倒伏分为根倒伏和茎倒伏 2 种,而茎倒伏在田间存在更为普遍[8]。小麦品种确定的情况下,主要是控制种群密度、合理水肥,并采用化学控制技术调节植物的生长发育,降低植株高度和增强茎秆强度,其中,小麦茎秆基部第 2 节间的木质素积累量与节间的抗折强度及茎秆倒伏指数呈正相关关系[9]。研究表明,小麦倒伏指数与第 2 节关系密切,第 2 节机械强度越大,倒伏指数越小,小麦茎秆抗倒性就越强[10],因此将小麦第 2 茎节机械强度作为评价茎秆抗倒性强弱的指标。高产和倒伏的矛盾是不可忽视的问题,小麦倒伏会导致根系输送水分和养分能力减弱,群体结构遭到破坏,叶片光合作用减弱,光合产物积累减少,籽粒不饱满,从而导致小麦减产、品质变差及水分含量高等问题[11]。发生倒伏还会增加小麦收割的难度。因此,提高小麦的抗倒能力对小麦高产稳产有重要意义。

化学控制技术是预防倒伏的措施之一,目前生产中常见的化控产品有多效唑、矮壮素、乙烯利、脱落酸和壮丰安等[12-13],这些产品抗低温、抗倒伏效果明显,但对小麦穗数减少、贪青晚熟的改善作用效果较差[14-15]。萘乙酸、萘乙酸钠等能提高小麦穗粒数和千粒质量,但抗倒伏和抗低温效果较差[16-17]。研究发现矮壮丰、调环酸钙、抗倒酯对小麦有很好的控高效果,且未造成减产[18]。腐植酸叶面肥能促进养分

收稿日期:2024-03-12;修回日期:2024-06-24。
基金项目:江苏现代农业产业技术体系建设项目[JATS(2023)257];江苏省碳达峰碳中和科技创新专项资金(BE2022424-3)。
作者简介:张新凤(1989—),女,硕士,助理研究员,主要从事稻麦虫害综合治理研究。Email: zhangxf2021@yeah.net。
* 通信作者:束兆林(1964—),男,研究员,主要从事水稻病虫害综合治理和农药应用研究。Email: shuzl2005@163.com。

吸收、提高抗旱能力、提高农药效果和增强作物抗逆性；烯效·甲哌鎓具有控旺杀菌效果；二氢卟吩铁具有抑制叶绿素酶活性，延缓叶绿素降解从而增强光合作用，促进根系生长，提高发芽率，增加抗逆性等特点[19]。脲铵氮肥能促进植物生长，提高产量和品质，改善土壤性质；“穗伴侣”是一种由黄腐酸、氮、磷、钾及其他一些活性物质复配而成的调理剂，具有一定的抗倒伏作用[20]。本研究以镇江市常用小麦品种为试验材料，在分蘖、返青、拔节和破口 4 个时期，选择“矮壮丰”（8%腐植酸调节叶面剂）、“灵澔”（20.8%烯效·甲哌鎓）、“百睿”（二氢卟吩铁）、“植播龙”（脲铵氮肥，总氮质量分数≥30%）、“穗伴侣”（稻麦增产抗倒调节剂）5 种化控产品喷施处理，探讨不同化控产品对小麦抗倒伏能力和产量的影响。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2022—2023 年在镇江市句容市镇江稻麦综合示范基地（119°17′56.88″E、31°57′37.13″N）进行。试验区属于亚热带季风气候，日照时数 2 057.2 h，气候温和湿润，四季分明，雨量丰沛，历年平均气温 15.5 ℃，平均相对湿度 76%。大田试验阶段为 2022 年 11 月 15 日至 2023 年 5 月 31 日。试验土壤质地为板浆白土，土壤全氮含量（质量分数，下同）为 1.1 g/kg，碱解氮含量为 83.6 mg/kg，速效磷含量为 34.5 mg/kg，速效钾含量为 71.4 mg/kg。

1.2　试验设计

1.2.1　试验作物。试验小麦品种为镇麦 15，属于春性中熟小麦品种。于 2023 年 11 月 15 日播种，用种量为 225 kg/hm^2。

1.2.2　试验药剂。“矮壮丰”（8%腐植酸调节叶面剂），扬州春泉生化科技有限公司生产；“灵澔”（20.8%烯效·甲哌鎓微乳剂），山西浩之大生物科技有限公司生产；“百睿”（0.02%二氢卟吩铁可溶粉剂），南京百特生物工程有限公司生产；“植播龙”（脲铵氮肥，总氮质量分数≥30%），武汉普瑞丰生物科技有限公司生产；“穗伴侣”（稻麦增产抗倒调节剂），江苏山川科技有限公司生产。

1.2.3　试验处理。试验共计设置 6 个处理，CK 处理为清水对照，具体见表 1。每个施药处理重复 3 次，各处理小区面积为 15 m^2。

表 1　试验设计

处理	药剂	药剂用量	使用方式及时期
T1	“百睿”（二氢卟吩铁）	45 g/hm^2	分蘖期喷雾
T2	“灵澔”（20.8%烯效·甲哌鎓）	900 mL/hm^2 灵澔 +150 mL/hm^2 胺鲜酯	返青—拔节期喷雾
T3	“矮壮丰”（8%腐植酸调节叶面剂）	750 mL/hm^2	拔节期喷雾
T4	“植播龙”（脲铵氮肥，总氮质量分数≥30%）	150 kg/hm^2	拔节前追肥
T5	“穗伴侣”（稻麦增产抗倒调节剂）	1 500 mL/hm^2	破口期喷雾
CK	—	—	—

1.3　测定项目与方法

1.3.1　苗情调查。各生育期苗情动态调查，采用对角线 5 点取样法，每个调查 1 m^2 茎蘖数（穗数）。

1.3.2　化控效果调查。于小麦成熟期每个处理采用对角线 5 点取样方法，每个点选取 20 株（合计 100 株），调查每个节间长度和茎粗、每个节间干质量和鲜质量、基部节间抗折力、每个小区小麦倒伏率和倒伏程度，同时调查百株鲜质量和干质量。

1.3.3　产量调查。收获前理论产量测定：采取 5 点取样法，每个点测定 1 m^2 穗数，计算穗数，同时每点取 20 穗，室内考种，测定穗粒数、千粒质量。实收产量测定：收获前进行实收测产。

1.4　数据处理

试验数据运用 Excel 2010 整理制表，应用 SPSS 13.0 数据处理软件进行方差分析，显著水平设定为 $P = 0.05$。

2　结果与分析

2.1　不同处理各生育期小麦苗情动态

生育期苗情调查结果（表 2）显示，各处理间在整个小麦生育期茎蘖数（穗数）虽有差异但差异均无统计学意义，但各处理 3 叶期至返青期小麦茎蘖数呈增长趋势，拔节以后至抽穗期，茎蘖数明显降

低，抽穗至成熟期小麦穗数基本稳定。

2.2　不同处理成熟期各节间长度及抗折力分析

成熟期调查小麦倒伏率，各处理小麦未出现倒伏。节间长度及抗折力调查结果（表 3）显示，第 1 节间长度 T3 处理最短，仅为 4.2 cm，显著低于 T1、T5 处理和空白对照，但与 T2、T4 处理的差异无统计学意义；不同处理的茎粗的差异均无统计学意义。第 2 节间长度 T2 处理最短，为 7.5 cm，显著低于其他处理，茎粗各处理间差异仍均无统计学意义。第 3 节间长度与茎粗各处理间差异均无统计学意义。第 4 节间长度与茎粗同样各处理间差异均无统计学意义。穗茎节 T5 处理最短，为 22.5 cm，显著低于其他处理及空白对照，茎粗各处理间差异无统计学意义。第 2 节抗折力 T2 处理最高，为 9.78 N，其次为 T5 处理，为 9.58 N，各处理间差异均无统计学意义，但均显著高于空白对照（CK）。

表 2　各处理小麦生育期苗情动态分布

处理	茎蘖数 /（万个 /hm²）						
	3 叶期	分蘖期	越冬期	返青期	拔节期	抽穗期	成熟期（穗数）
T1	303.60 a	382.80 a	424.80 a	573.75 a	562.20 a	486.75 a	348.15 a
T2	305.70 a	387.60 a	438.75 a	581.10 a	558.60 a	499.20 a	339.45 a
T3	308.40 a	393.75 a	429.75 a	563.85 a	557.25 a	501.15 a	346.80 a
T4	306.45 a	389.10 a	434.70 a	574.05 a	565.20 a	482.25 a	327.45 a
T5	304.05 a	395.70 a	441.30 a	564.90 a	562.80 a	483.45 a	333.15 a
CK	311.25 a	381.30 a	420.30 a	568.35 a	562.20 a	488.25 a	314.25 a

注：表中数据为 3 次重复的平均值。同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义（$P<0.05$）。下同。

表 3　成熟期各处理小麦节间长度茎粗及抗折力调查

处理	第 1 节间		第 2 节间		第 3 节间		第 4 节间		第 5 节间（穗茎节）		第 2 节抗折力 /N
	节长 /cm	茎粗 /mm	节长 /cm	茎粗 /mm	节长 /cm	茎粗 /mm	节长 /cm	茎粗 /mm	节长 /cm	茎粗 /mm	
T1	5.3 a	3.3 a	8.5 a	3.9 a	12.7 a	4.2 a	19.2 a	4.4 a	25.2 a	3.5 a	9.25 a
T2	4.3 b	3.5 a	7.5 b	4.0 a	12.2 a	4.6 a	18.2 a	4.4 a	25.8 a	3.5 a	9.78 a
T3	4.2 b	3.5 a	8.4 a	4.2 a	12.5 a	4.4 a	18.0 a	4.1 a	25.0 a	3.1 a	9.29 a
T4	4.4 b	3.3 a	8.8 a	4.0 a	12.9 a	4.4 a	18.7 a	4.4 a	25.9 a	3.1 a	9.16 a
T5	5.1 a	3.8 a	8.5 a	4.4 a	13.4 a	4.8 a	17.8 a	4.4 a	22.5 b	3.2 a	9.58 a
CK	5.2 a	3.5 a	8.6 a	4.3 a	13.3 a	5.0 a	18.4 a	4.6 a	26.3 a	3.3 a	7.58 b

2.3　不同处理成熟期各节间干质量和鲜质量分析

调查结果（表 4）显示，第 1 节间、第 2 节间、第 3 节间和第 5 节间各处理间鲜质量和干质量差异无统计学意义；第 4 节间鲜质量 T4 处理显著高于 T3 处理，干质量各处理间差异无统计学意义。T1—T5 处理，同一处理中第 1 节间到第 4 节间鲜质量呈递增趋势；T1、T3 和 T4 处理，同一个处理中第 1 节到第 4 节间干质量呈递增趋势，第 4 节间与第 5 节间鲜质量和干质量略微接近或有所下降。

2.4　不同处理对小麦农艺性状及产量的影响

调查结果（表 5）显示，T5 处理株高最低，为 75.70 cm，其次是 T2 处理，为 76.43 cm，T2 和 T5 处理显著低于其他各处理；穗长 T5 处理和 T4 处理较长，分别为 8.20、8.10 cm，二者显著高于空白对照，但与其他处理差异无统计学意义；单位面积穗数是空白对照最低，仅为 314.25 万个 /hm²，显著低于其他处理；穗粒数 T5 处理最高，为 48.93 粒 / 穗，与其他各处理的差异均具有统计学意义；千粒质量各处理及空白对照间差异均无统计学意义；不同处理小麦实际产量均显著高于对照处理，增产幅度为 7.73%～20.62%，以 T5 处理小麦籽粒实际产量最高（7 593.75 kg/hm²），比对照增加 20.62%，T1、T2、T3、T4 处理的产量差异不具统计学意义。

表 4　成熟期各处理小麦节间鲜质量和干质量

处理	第 1 节间		第 2 节间		第 3 节间		第 4 节间		第 5 节间(穗茎节)	
	鲜质量 /g	干质量 /g	鲜质量 /g	干质量 /g	鲜质量 /g	干质量 /g	鲜质量 /g	干质量 /g	鲜质量 /g	干质量 /g
T1	0.2 a	0.1 a	0.3 a	0.2 a	0.4 a	0.3 a	0.6 ab	0.5 a	0.6 a	0.4 a
T2	0.2 a	0.1 a	0.3 a	0.2 a	0.5 a	0.3 a	0.7 ab	0.3 a	0.6 a	0.3 a
T3	0.2 a	0.1 a	0.3 a	0.2 a	0.4 a	0.3 a	0.5 b	0.5 a	0.5 a	0.4 a
T4	0.1 a	0.1 a	0.3 a	0.2 a	0.4 a	0.3 a	0.9 a	0.4 a	0.6 a	0.4 a
T5	0.3 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	0.5 a	0.4 a	0.6 ab	0.5 a	0.6 a	0.4 a
CK	0.3 a	0.2 a	0.3 a	0.2 a	0.4 a	0.4 a	0.6 ab	0.4 a	0.6 a	0.3 a

表 5　成熟期各处理小麦产量

处理	株高 / cm	穗长 / cm	穗数 /（万个 /hm²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g	理论产量 /（kg/hm²）	实际产量 /（kg/hm²）	比对照增减 / %
T1	77.53 b	7.82 ab	348.15 a	43.27 b	46.06 a	6 938.10 ab	6 782.10 b	7.73
T2	76.43 c	7.92 ab	339.45 a	44.80 b	48.62 a	7 393.95 a	6 933.45 b	10.14
T3	77.07 b	7.52 ab	346.80 a	44.43 b	48.25 a	7 435.50 a	7 185.60 b	14.14
T4	79.37 b	8.10 a	327.45 a	43.90 b	47.13 a	6 775.65 ab	7 023.45 b	11.57
T5	75.70 c	8.20 a	333.15 a	48.93 a	47.53 a	7 747.95 a	7 593.75 a	20.62
CK	86.83 a	7.23 b	314.25 b	42.23 b	45.76 a	6 074.25 b	6 295.35 c	—

3　讨论与结论

有研究发现植株的抗倒伏能力与茎秆间干物质量和茎秆抗折力密切相关，降低株高是最为有效的防倒措施[21]。宿迁地区试验表明，施用不同化控产品对小麦节间长度、粗度、干质量及第 2 节间抗折力等均有影响[22]。本试验中“矮壮丰”“灵澉”“植播龙”“百睿”“穗伴侣”5 个处理的抗折力均显著高于对照处理，说明 5 个化控产品均有提高小麦抗倒伏能力的作用。

植株倒伏程度最终取决于茎秆机械强度的大小，倒伏多发生在茎秆基部第 1、2 节间，因此基部节间的抗倒伏能力与植株抗倒伏有着密切联系[23]。不同化控产品通过降低小麦第 1 节间、第 2 节间或穗茎节间长度从而降低小麦高度，降低小麦倒伏的可能性。拔节期喷施“矮壮丰”、返青期和拔节期喷施“灵澉”、拔节前施用“植播龙”能明显降低小麦第1 节间的长度，返青期和拔节期喷施“灵澉”还能降低第 2 节间的长度，而“穗伴侣”可降低穗茎节间的长度。

小麦产量构成因素包括单位面积穗数、穗粒数和千粒质量[24]。不同化控产品处理小麦产量均显著高于对照处理，增产幅度为 7.73% ~ 20.62%，以“穗伴侣”处理小麦籽粒产量最高，为 7 593.75 kg/hm²，比对照增加 20.62%，其增产原因主要是增加单位面积穗粒数和穗数。

株高增加，加大小麦倒伏风险[25]，小麦倒伏与茎秆机械强度呈正相关关系，提高基部节间茎秆的充实度能够有效提高小麦抗倒性[26]。从抗倒伏角度，返青 – 拔节期田间喷施“灵澉”（900 mL/hm²）加胺鲜酯（150 mL/hm²）可有效降低小麦株高，增加小麦抗倒伏能力；从抗倒伏和增产的角度，在破口期，喷施“穗伴侣”（1 500 mL/hm²）对水 450 L 喷雾，增加小麦穗长和穗粒数，在提高小麦产量的同时，能有效防止小麦成熟期倒伏，可进一步在小麦生产上大面积推广。

参考文献：

[1] 朱亮亮，赵　东，严家家，等. 我国耕地质量现状及提升建议[J]. 山西农经，2021(11):159–160.

[2] RAZA S,MIAO N,WANG P Z,et al. Dramatic loss of inorganic carbon by nitrogen–induced soil acidification in Chinese croplands[J]. Global Change Biology,2020,26(6):3738–3751.

[3] 王振昌，程鑫鑫，谢　毅，等. 不同水肥模式对籼稻和粳稻抗倒伏性能的影响[J]. 农业工程学报，2022,38(9):108–118.

[4] 李金才,尹　钧,魏凤珍. 播种密度对冬小麦茎秆形态特征和抗倒指数的影响[J]. 作物学报,2005,31(5):662-666.
[5] 许海涛,王友华,许　波,等. 群体调控对夏玉米抗倒伏性状指标的影响[J]. 湖北农业科学,2017,56(21):4013-4016.
[6] BERRY P M,SPINK J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat[J]. Field Crops Research,2012,137:19-26.
[7] 魏凤珍,李金才,王成雨,等. 氮肥运筹模式对小麦茎秆抗倒性能的影响[J]. 作物学报,2008,34(6):1080-1085.
[8] 刘和平,程敦公,吴　娥,等. 黄淮麦区小麦倒伏的原因及对策浅析[J]. 山东农业科学,2012,44(2):55-56.
[9] 彭佃亮. 小麦倒伏与茎秆木质素代谢的关系及其对籽粒产量和淀粉特征的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2014.
[10] 冯素伟,李　淦,胡铁柱,等. 不用小麦品种茎秆抗倒性的研究[J]. 麦类作物学报,2012,32(6):1055-1059.
[11] 朱新开,王祥菊,郭凯泉,等. 小麦倒伏的茎秆特征及对产量与品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(1):87-92.
[12] 刘秀秀,陈惠华,陈露婷,等. 不同化控产品对淮北地区小麦抗倒性及产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(6):30-37.
[13] 文廷刚. 植物生长调节剂对小麦抗倒伏能力、产量和品质的影响及其生理机理[D]. 南京:南京农业大学,2012.
[14] 李　芳. 小麦化控防倒技术的应用分析[J]. 安徽农学通报,2015,21(13):41,115.
[15] 马瑞琦,亓　振,常旭虹,等. 化控剂对冬小麦植株性状及产量品质的调节效应[J]. 作物杂志,2018(1):133-140.
[16] 卢　霖,董志强,董学瑞,等. 乙矮合剂对不同密度夏玉米花粒期不同部位叶片衰老特性的影响[J]. 作物学报,2016,42(4):561-573.
[17] 雒景吾,李宏海,崔军涛,等. 几种调节剂对小麦茎秆、产量及品质的影响[J]. 西安文理学院学报(自然科学版),2013,16(3):22-25.
[18] 周　星,陈　洁,陈许兵,等. 3 种抗倒剂对小麦生长与产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(1):45-49.
[19] 任　勇,张列峰,蒋　慧,等. 含有叶绿素及其水解产物的金属衍生物作为植物生长调节剂的应用:CN102273467A[P]. 2011-12-14.
[20] 赵　群. 穗伴侣调理剂对小麦生长发育及产量的影响[J]. 现代农业科技,2023(9):1-3,6.
[21] 朱新开,王祥菊,郭凯泉,等. 小麦倒伏的茎秆特征及对产量与品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(1):87-92.
[22] 顾启花,袁章龙,侍　超,等. 不同化控产品对宿迁地区小麦抗倒及产量的影响[J]. 农业科技通讯,2023(12):63-67.
[23] 王　勇,李晴祺,李朝恒,等. 小麦品种茎秆的质量及解剖学研究[J]. 作物学报,1998,24(4):452-458,516.
[24] 尚玉磊,李春喜,姜丽娜,等. 植物生长调节剂对小麦产量及产量构成的影响[J]. 河南科学,2000,18(4):408-411.
[25] 吴和平,吕永军,韩玉林,等. 不同播种密度对周麦 18 号小麦生长发育及产量的影响[J]. 现代农业科技,2019(23):1-2,4.
[26] 徐　磊,王大伟,时荣盛,等. 小麦基部节间茎秆密度与抗倒性关系的研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):673-679.

Effects of Different Chemical Control Agents on Lodging Resistance and Yield of Wheat in Zhenjiang Area

ZHANG Xinfeng[1], ZHANG Guo[1], YU Julong[1], YU Xiangyang[2], CHENG Jinjin[2], WU Xuefen[3], SHU Zhaolin[1]
(1. Jiangsu Hilly Area Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences, Jurong 212400, China; 2. Jiangsu Academy of Agricultural Science, Nanjing 212300, China; 3. Jiangsu Shanchuan Technology Co., Ltd., Huai'an 223001, China)

Abstract: In order to verify the preventive effect of different chemical control products on wheat lodging, the 5 chemical control agents of "Aizhuangfeng", "Lingyan", "Zhibolong", "Bairui" and "Suibanlv" were sprayed on wheat at different stages, and the wheat stem bending resistance, fresh weight, dry weight and yield were investigated. The results showed that different chemical control agents can reduce the height of wheat by reduce the length of the first, second, or spike stem internodes, thereby reducing the possibility of wheat lodging. Spraying "Aizhuangfeng" during the jointing stage, spraying "Lingyan" from the revival period to jointing stage, Spraying "Zhibolong" before jointing stage can significantly reduce the length of the first internode of wheat. Spraying "Lingyan" during the revival period and jointing stage can also reduce the length of the second internode. Spraying "Suibanlv" during the breakthrough period can reduce the length of internodes between panicle and stem. The yield of wheat treated with 5 chemical control agents was significantly higher than that of the control treatment, with an increase of 7.73%~20.62%. The highest grain yield of wheat treated with "Suibanlv" was 7 593.75 kg/hm^2. It increased by 20.62% compared to the control treatment. The main reason for its increase in yield is to increase the number of grains and panicles per unit area. From the perspective of lodging resistance, spraying "Lingyan" (900 mL/hm^2) in the field from the revival period to jointing stage, along with the addition of 2-diethylaminoethyl hexanoate (150 mL/hm^2), can effectively reduce wheat plant height and increase wheat lodging resistance. From the perspective of lodging resistance and yield increase, at the breakthrough stage, spraying "Suibanlv" (1 500 mL/hm^2) and 450 L water can increase wheat spike length and grain number per spike, which can effectively prevent wheat from lodging at maturity and improve wheat yield.

Key Words: Chemical control agent; Bending resistance; Internode length; Lodging resistance; Yield

孟自力,朱　倩,倪雪峰,等. 封闭式除草剂苗后喷施对小麦生长和杂草的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):40-46. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.008.

封闭式除草剂苗后喷施对小麦生长和杂草的影响

孟自力,朱　倩,倪雪峰,王　祁,吕侠雷,闫向泉,朱　伟*
(商丘市农林科学院,河南 商丘 476000)

摘要:为探究封闭式除草剂苗后喷施对小麦生长和杂草的影响,以周麦 22 为试验材料,设置砜吡草唑用量 125(T1)、250(T2)、500(T3)、1 000(T4)、2 000(T5)g a.i./hm^2 和氟噻草胺用量 184.5(T6)、369(T7)、738(T8)、1 476(T9)g a.i./hm^2 9 个喷药处理和 1 个空白(清水)对照,研究不同除草剂对小麦光合特性、叶绿素 SPAD 值、光合有效辐射(IPAR)、叶面积指数(LAI)、鲜质量的影响及对杂草的化除效果。结果表明:T1、T6 处理下小麦叶片的净光合速率高于对照,9 个处理蒸腾速率均低于对照,T6、T1 处理数值较大,气孔导度 T1 处理最大;胞间 CO_2 浓度 T9 处理最大,T1 处理最小。在除草剂施用 21 d 时,T1 处理 SPAD 值与对照差异有统计学意义。T1、T2、T3、T6、T7 处理下,小麦 IPAR 和 LAI 均高于对照,且以 T1 处理下值最大,较对照分别增加 18.37%、37.77%,T2 次之。砜吡草唑施药剂量在 125 、250 g a.i./hm^2 时(T1 和 T2)对小麦株高和鲜质量没有显著性影响;当剂量 > 250 g a.i./hm^2 时,则会出现抑制症状,氟噻草胺不同用量小麦株高和鲜质量均受抑制。可见,T1 和 T2 处理对小麦生长发育影响较小。T4、T5 和 T9 3 个处理对所试杂草鲜质量防效均高于 95%,T1 和 T6 2 个处理对野燕麦的防效不明显。考虑到对小麦生长安全和用药成本,在对节节麦和野燕麦鲜质量防效达到 50% ~ 95%且对其余供试杂草鲜质量防效均高于 95%的 6 个处理(T2、T3、T4、T5、T8、T9)中,推荐 T2 处理用于麦田苗后喷施。

关键词:小麦;除草剂;光合特性;光合有效辐射;杂草;化除效果
中图分类号:S512.1+1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240022

小麦的产量、品质受到生育期内所处的包括温度、光照、水分、病虫害、草害等在内的多种因素的综合影响，其中草害可对小麦造成 10%以上的减产,甚至可造成小麦绝收[1]。麦田尤其是春季麦田杂草繁多、数量大,人工除草成本较高,而化学药剂除草是当前最省工、最便捷高效、最切实可行的除草方法[2],化学除草剂用量也随之呈现逐渐上升的变化趋势。化学除草剂使用频次的增加和用量的增大,不但对外界环境造成了污染,还在一定程度上提高了杂草的抗性,加大了除草难度。绿麦隆、异丙隆在过去是麦田理想的除草剂,而当前杂草已对其产生不同的抗性[3],这使得生产上不得不对小麦进行多次除草，这一方面加大了除草剂田间用药量,另一方面提高了劳动强度和生产成本,也在一定程度上降低了农户种粮的积极性。同时,也有研究表明,除草剂作为一种胁迫因子,能够对作物自身光合能力、同化物的转运、叶绿体膜的稳定产生不利影响[4-7],进而影响植株生长发育和后期的产量及品质。砜吡草唑(pyroxasulfone)和氟噻草胺(flufenacet)作为麦田封闭式除草剂以广泛的除草谱、用量低、活性较高等许多特点,备受人们的关注,但有关砜吡草唑和氟噻草胺对小麦安全性评价的文章较少,同时为了解决多次用药问题,选取一种新型作用机理、杀草谱广和对作物安全性高的麦田除草剂在苗后一次性施用显得尤为重要。本文通过研究 2 种不同除草剂对小麦生长和生理特性及田间化除效果的影响,以期为进一步完善黄淮地区小麦安全高效生产技术体系提供依据。

收稿日期:2024-03-05;修回日期:2024-08-02。
基金项目:河南省小麦产业技术体系专项资助项目(HARS-22-01-Z5);河南省农业(小麦)良种联合攻关项目(2022010103)。
作者简介:孟自力(1986—),男,硕士,副研究员,主要从事小麦栽培技术研究。Email: 383676450@qq.com。
* 通信作者:朱　伟(1972—),男,硕士,研究员,主要从事小麦育种及栽培技术研究。Email: hn-zhwei@163.com。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试小麦品种:周麦 22(商丘市农林科学院提供),叶色深绿,苗期长势壮,分蘖力中等。供试药剂:480 g/L 砜吡草唑悬浮剂(安徽金敦福农业科技有限公司生产)、41%氟噻草胺悬浮剂(泸州东方农化有

限公司生产)。供试杂草:看麦娘(*Alopecurus aequalis* Sobol)、繁缕(*Stellaria media*)、野燕麦(*Avena fatua* L.)、节节麦 [*Aegilops biuncialis* Vis. (Gramineae)]、泽漆(*Euphorbia helioscopia* L.)、婆婆纳(*Veronica serpyllifolia* L.)、播娘蒿[*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl]、荠菜 [*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik]、硬草(*Sorghum halepense*)、宝盖草 (*Lamium amplexicaule* L.),杂草种子在商丘市梁园区烟墩(用药历史为甲基二磺隆)于成熟后采集,自然风干储存于 4 ℃条件下备用。

1.2 试验设计

试验于 2022 年 10 月—2023 年 3 月在商丘市农林科学院双八镇试验基地(115°46′ ~ 116°29′ E、33°32′ ~ 34°42′ N)进行。根据表 1 中试验设定的浓度设置 9 个处理(T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9)和 1 个空白对照 CK,计算好配置母液所需要的药品用量,量取后放至容量瓶中配制成母液,浓度为 1%,使用时再进行稀释,从而得到试验方案所设置的各个浓度的药液,以不含药剂的清水作空白对照试验,以 41%氟噻草胺悬浮剂作对照药剂。药剂和 CK 处理均设 3 次重复,共计 30 个小区,小区长、宽均为 2 m,面积 4 m^2,小区间隔 1 m。播种前用纯氮(N)200 kg/hm^2、磷肥(P_2O_5)150 kg/hm^2、钾肥(K_2O)120 kg/hm^2 作基肥 1 次性施入,返青期不再追肥。于 2022 年 10 月 15 日采用人工穴播的方式进行小麦和杂草的播种,小麦行距 20 cm、株距 2 cm,共 11 行,在小麦行间中间 12 cm 范围内分别种植杂草品种,1 行 1 个杂草品种,每行均匀种植 200 棵杂草种子,于 2023 年 2 月 26 日小麦返青期人工采用喷壶喷药,喷药后每日观察记录各杂草生长状况。

表 1　2 种药剂的处理剂量

试验药剂	处理剂量 /(g a.i./hm^2)
砜吡草唑	125(T1)、250(T2)、500(T3)、1 000(T4)、2 000(T5)
氟噻草胺	184.5(T6)、369(T7)、738(T8)、1 476(T9)

注:本表药剂处理剂量均参照药剂包装所示推荐剂量设计。

1.3 测定项目及方法

2023 年 3 月 2 日(处理后 4 d,晴天)9 ∶ 00—11 ∶ 00 选取10 张受光方向和生长一致的小麦叶片,使用 LI-6200 便携式光合仪(美国 LI-COR)测定小麦叶光合指标数据;3 月 2 日采用 SPAD-502 叶绿素仪第 1 次测定小麦叶片 SPAD 值,测量后取平均值,3 月 19 日(处理后 21 d)第 2 次测定小麦叶片 SPAD 值;3 月 19 日采用 Delta 公司(英国)生产的 SUNSCAN 冠层分析系统 (SUNSCAN Canopy Analysis System)测定小麦光合有效辐射(IPAR)和叶面积指数(LAI)。

2023 年 3 月 19 日取地上部分杂草和小麦植株称质量、采用直尺测量小麦株高,计算鲜质量和株高抑制率。

$$\text{鲜质量(株高)抑制率} = \frac{\text{对照鲜质量(株高)} - \text{处理}}{\text{对照鲜质量(株高)}}。$$

杂草对砜吡草唑和氟噻草胺的敏感性按鲜质量防效设为 5 级,分别为:极敏感(++++, > 95%);较敏感 (+++,75% ~ 95%);中度敏感 (++,50% ~ 74%);不敏感(+,25% ~ 49%);耐药(- , < 25%) 5 个等级。

1.4 数据分析

使用 Excel 2007 进行数据处理和作图,利用 SPSS 25.0 进行统计分析。

2　结果与分析

2.1 不同处理对小麦光合特性的影响

由表 2 可知,不同除草剂及用量对小麦叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及胞间 CO_2 浓度的影响存在差异。T1、T5、T6、T8、T9 处理下的叶片净光合速率与对照差异均具统计学意义,其中 T1、T6 处理高于对照,其余 7 个药剂处理均低于对照。净光合速率以 T1 处理值最大,较对照增加 20.04%;T6 处理次之,较对照增加 9.13%。9 个处理蒸腾速率均低于对照且均较对照差异具统计学意义,表现为 T6 > T1 > T2 > T3 > T7 > T4 > T8 > T9 > T5。气孔导度 9 个处理中以 T1 处理下值最大,较对照差异无统计学意义,其余 8 个处理与对照差异具统计学意义且均低于对照。T1、T2、T3、T6 处理的胞间 CO_2 浓度与对照差异均无统计学意义,T4、T5、T7、T8、T9 处理与对照差异均具统计学意义;其中以 T9 处理下值最大,较对照增加 20.36%,T1 处理下值最小,较对

照降低 2.83%。除对照外，T1 和 T6 处理小麦叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均表现为高于其他喷药处理，胞间 CO_2 浓度则相反。可见，T1、T6 处理下施用的除草剂较其他处理更有利于小麦叶片光合能力的提高，有利于后期光合产物的积累。

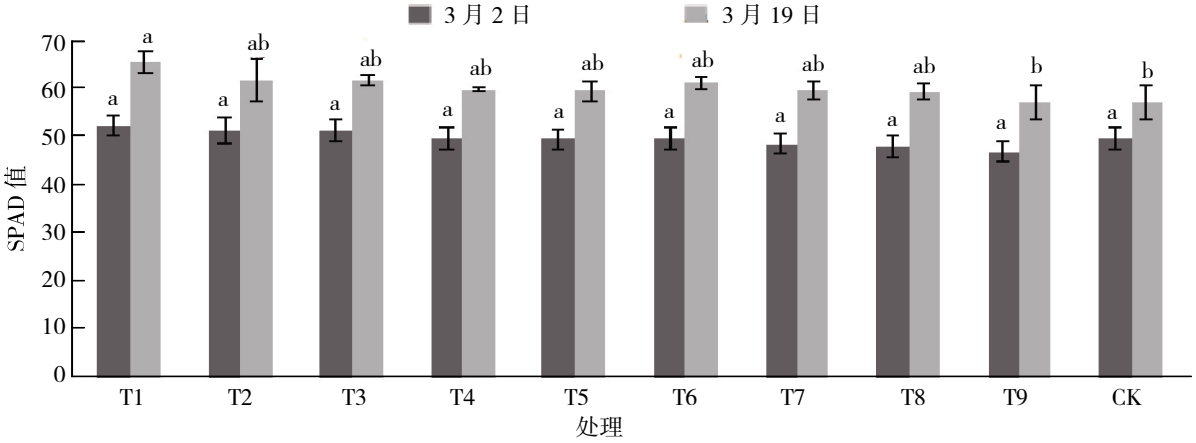
表 2　不同处理对小麦光合特性的影响

处理	净光合速率 /[μmol/(m²·s)]	蒸腾速率 /[mmol/(m²·s)]	气孔导度 /[mol/(m²·s)]	胞间 CO_2 浓度 /(μmol/mol)
T1	18.15 a	3.43 b	0.39 a	252.26 c
T2	15.04 c	3.40 b	0.33 b	283.77 abc
T3	14.23 cd	3.21 bc	0.32 b	292.48 ab
T4	14.04 cd	2.90 cde	0.22 cd	308.44 a
T5	13.55 d	2.49 f	0.19 d	308.45 a
T6	16.50 b	3.52 b	0.34 b	282.24 abc
T7	14.91 c	3.15 bcd	0.24 c	286.45 a
T8	12.23 e	2.81 def	0.22 cd	308.16 a
T9	10.60 f	2.61 ef	0.18 d	312.47 a
CK	15.12 c	3.93 a	0.40 a	259.62 bc

注：同列数据后不同小写字母表示处理间差异具有统计学意义（$P<0.05$）。表 3 同。

2.2　不同处理对小麦叶片 SPAD 值的影响

由图 1 可以看出，在除草剂施用 4 d 后，处理和对照间、各处理之间的小麦叶片 SPAD 值基本一致，差异均无统计学意义，表明此时除草剂对小麦叶片 SPAD 值的影响还不明显。但随着时间的后移，在除草剂施用 21 d 后，T1 处理的 SPAD 值显著高于对照，较对照增加 14.60%，T2—T9 处理 SPAD 值与对照差异无统计学意义。可见，施用除草剂能够较对照处理相对增加小麦叶片 SPAD 值，且 T1 处理下的除草剂能够显著提高小麦叶片 SPAD 值（图 1）。



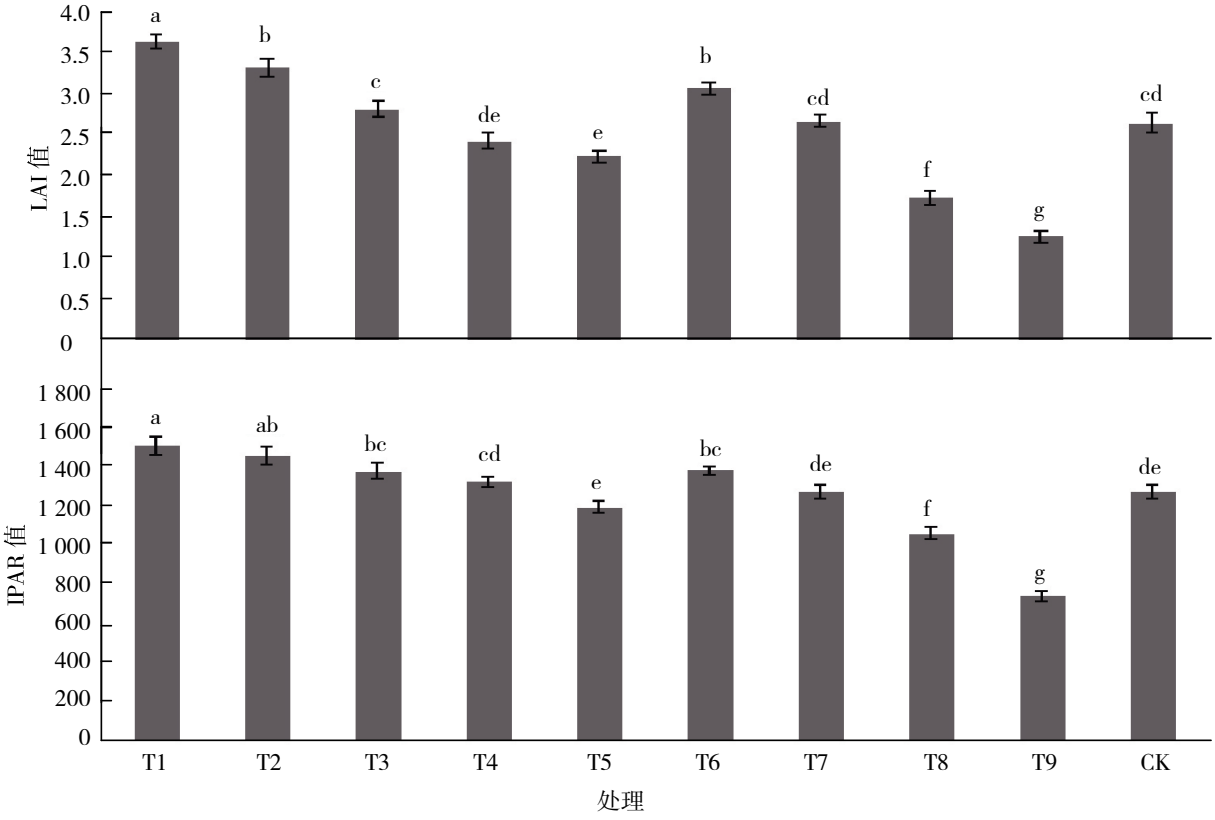
图中同一日期不同小写字母表示处理间差异有统计学意义（$P<0.05$）

图 1　不同处理对小麦叶片 SPAD 值的影响

2.3　不同处理对小麦 LAI 和 IPAR 值的影响

由图 2 可以看出，不同除草剂及其用量均会对小麦叶面积指数（LAI）和光合有效辐射（IPAR）造成影响。T1 处理下 LAI 值最大，T2 处理下次之，较对照分别增加 37.64%、25.48%；T9 处理下值最低，较对照降低 52.47%，与对照差异具统计学意义。IPAR 的变化规律与 LAI 类似，T1 处理下 IPAR 值最大，T2 次之，二者较对照分别增加 18.37%、14.51%，与对照差异均具统计学意义，表明该处理下除草剂的施用能够提高小麦植株对光合有效辐射的截获能力。T9 处理下，IPAR 值最低，较对照降低 42.06%，表明这种除草剂的施用对小麦植株光合有效辐射

的增加有抑制作用。可见,T1、T2 处理下的除草剂施用后更有利于小麦 LAI 和 IPAR 的增加，而 T8、T9 处理下的除草剂作用与之相反。



不同小写字母表示处理间差异有统计学意义（$P<0.05$）

图 2　不同处理下小麦 LAI 和 IPAR 值的差异比较

2.4　不同处理对小麦株高和鲜质量的影响

由表 3 可知,不同除草剂处理对小麦的株高和鲜质量影响差异较大。砜吡草唑施药剂量在 125、250 g a.i./hm^2 时（T1 和 T2）对小麦生长发育没有影响;当剂量 > 250 g a.i./hm^2 时,则会出现抑制症状,T3、T4、T5 处理的株高抑制率分别为 5.8%、15.5%、22.4%，鲜质量抑制率分别为 8.1%、17.7%、24.2%。在试验设置的氟噻草胺不同剂量下,小麦株高都受到了不同程度的抑制:氟噻草胺 T6、T7、T8、T9 这 4 个处理小麦株高抑制率分别达到 14.9%、22.7%、45.9%、63.3%，小麦鲜质量的抑制率分别达到 4.8%、29.0%、46.8%、66.1%。据观察,药后 4 d,高剂量的处理也会出现叶片轻微卷曲的现象,但在药后 21 d，多数扭曲的叶片则又恢复正常的生长发育状态,但是株高受到抑制的现象较为明显。因此,氟噻草胺对小麦品种的安全性比砜吡草唑要差一些。

2.5　不同处理对麦田杂草的化除效果

由表 4 可知,处理后 21 d,不同处理对硬草、繁缕、荠菜、泽漆的鲜质量防效均高于 95%。砜吡草唑 125 g a.i./hm^2（T1）处理对婆婆纳、宝盖草、播娘蒿的鲜质量防效达到 75%～95%，对节节麦的防效不好,鲜质量防效达到 50%～74%，砜吡草唑 125 g a.i./hm^2（T1）和氟噻草胺 184.5 g a.i./hm^2（T6）对野燕麦的鲜质量防效均在 25%以下，两者单独使用时均不足以防治野燕麦危害，但氟噻草胺 T6 处理对婆婆纳、看麦娘、宝盖草、节节麦鲜质量防效达到 75%～95%;砜吡草唑 250 g a.i./hm^2（T2）和氟噻草胺 369 g a.i./hm^2（T7）处理下,对婆婆纳、宝盖草、硬草、播娘蒿、繁缕、荠菜、泽漆的防效较好,鲜质量防效均高于95%,且砜吡草唑相比氟噻草胺对看麦娘和野燕麦防效更好,两者对节节麦的鲜质量防效均为 75%～95%;而在较高剂量（T3—T5、T8—T9）处理下,除野燕麦外,这 2 种除草剂对其他杂草的鲜质量防效均可达 75%～95%,其中,砜吡草唑 1 000（T4）、2 000 g a.i./hm^2（T5）和氟噻草胺 1 476 g a.i./hm^2（T9）对所试杂草鲜质量防效均高于 95%。

表 3　不同处理对小麦株高和鲜质量的影响

处理	株高 /cm	株高抑制率 /%	鲜质量 /g	鲜质量抑制率 /%
T1	36.5 ± 0.3 a	0 f	6.9 ± 0.3 a	0 f
T2	35.6 ± 0.1 b	1.7 ± 0.4 f	6.0 ± 0.2 bc	3.2 ± 2.5 g
T3	34.1 ± 0.4 c	5.8 ± 1.5 e	5.7 ± 0.2 c	8.1 ± 4.2 f
T4	30.6 ± 0.2 d	15.5 ± 0.7 d	5.1 ± 0.1 d	17.7 ± 0.9 e
T5	28.1 ± 0.3 f	22.4 ± 1.0 c	4.7 ± 0.1 e	24.2 ± 0.6 d
T6	30.8 ± 0.3 d	14.9 ± 1.2 d	5.9 ± 0.4 bc	4.8 ± 0.9 g
T7	28.0 ± 1.1 e	22.7 ± 4.4 c	4.4 ± 0.2 e	29.0 ± 3.8 c
T8	19.6 ± 0.7 g	45.9 ± 2.5 b	3.3 ± 0.2 f	46.8 ± 5.5 b
T9	13.3 ± 0.7 h	63.3 ± 2.7 a	2.1 ± 0.1 g	66.1 ± 0.3 a
CK	36.2 ± 0.6 a	—	6.2 ± 0.1 b	—

表 4　不同除草剂处理对杂草的防治效果

杂草	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	CK
婆婆纳	+++	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++++	++++	–
看麦娘	++++	++++	++++	++++	++++	+++	+++	++++	++++	–
宝盖草	+++	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++++	++++	–
节节麦	++	+++	+++	++++	++++	+++	+++	++++	++++	–
硬草	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	–
播娘蒿	+++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	–
繁缕	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	–
荠菜	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	–
泽漆	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	–
野燕麦	–	++	++	++++	++++	–	+	++	++++	–

注：++++：鲜质量防效 > 95%；+++：鲜质量防效 75% ~ 95%；++：鲜质量防效 50% ~ 74%；+：鲜质量防效 25% ~ 49%；–：鲜质量防效 < 25%。

3　讨论与结论

光合作用是绿色高等植物获取能量积累营养物质的基础，叶绿素含量高低直接影响植物的光合性能[8]。但植物的光合能力常常受光照、温度、水分、CO_2 等外界环境和自身遗传特性等多种因素的综合影响[9]。胡战朝等研究得出，48% 仲丁灵、40% 二甲·辛酰溴、72.2% 2,4–D 丁酯和 75% 苯磺隆 4 种除草剂均降低皮燕麦和裸燕麦叶片 SPAD 值、净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度及蒸腾速率[10]。姚永定等研究得出，苄嘧异丙隆用量 2 700 ~ 3 000 g/hm^2 时，对小麦光合速率及蒸腾速率的影响不显著，当用量达到 3 300 g/hm^2 时能够显著降低小麦叶片光合速率和蒸腾速率[11]。本试验结果表明，在 T1 处理下小麦叶片净光合速率显著高于对照，SPAD 数值喷药 21 d 后也显著高于对照，试验结果与胡战朝等的研究结论[10]不一致，可能是对照处理杂草的生长与小麦争夺养分从而影响小麦叶片净光合速率和 SPAD 的合成[12]；胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率、气孔导度值均低于对照，但与对照差异无统计学意义，与前人研究结论[10–11]一致，说明不同施药时期和用药量均会对小麦 CO_2 浓度、蒸腾速率、气孔导度造成不利影响。本试验条件下，T1 处理净光合速率和 21 d 后 SPAD 值高于对照，一方面是因为除草剂灭除一部分田间杂草，为小麦植株地上部和地下部生长提供了更加充分的营养面积，根部矿质营养吸收竞争减

小，地上部叶片光照利用率提高，植株长势相对较好；另一方面，应该与短期逆境胁迫刺激机体提高自身防御机能有关。除草剂作为一种农业药剂，对小麦是一种胁迫因子，植株接收逆境胁迫信号后启动自身防御机制，提高机体活性氧保护酶抗氧化系统[13]，并提高机体其他合成酶活性，叶绿素含量增加，光合能力提高。另外，于强等有关研究表明除草剂在低浓度对植物的生长有促进作用而高浓度有抑制作用[14]，本试验条件下 T1 处理净光合速率指标高于对照，可能与该浓度下的除草剂非但不会对小麦生长造成抑制，还能在一定程度上促进其生长有关。

植物冠层是植物与外界环境相互作用的最直接界面[15]，它承载着对太阳辐射能的传递作用与合成物质的传输作用。冠层参数中的光合有效辐射（IPAR）高低直接影响植物吸收、转化、合成有机物质的多少[16]，但它又受到叶面积指数、叶片性状、植株生长发育阶段等多种因素的影响[17]。叶面积指数的增加能够提高单位面积作物的光能截获面积，为光合产物的积累奠定物质基础[18-19]。本试验条件下，T1 处理下 IPAR 值最大，T2 次之，二者较对照分别增加 18.37%、14.51%，与对照差异均有统计学意义，表明 T1 和 T2 处理所用低浓度的除草剂砜吡草唑不仅不会对小麦造成伤害，还对小麦细胞分裂有一定的促进作用。T9 处理下，IPAR 值最低，表明这种用量除草剂的施用对小麦植株光合有效辐射的增加有抑制作用。不同处理下的除草剂对小麦 LAI 变化规律的影响与对 IPAR 的影响一致，这是因为 LAI 与 IPAR 具有正相关的相互关系。结合除草效果判断，以 T1 处理所用除草剂对小麦 IPAR 和 LAI 的促进作用最佳。

麦田禾本科和阔叶杂草种类繁多，杂草生长一方面与小麦争夺地下矿质营养和水分，另一方面挤占地下和地上部生长所需的生态空间，因此防控不及时与不到位会严重制约小麦植株的长势与后期的产量和品质。人工除草能够有效减少田间杂草数量，弊端是除草难度大、费时费工，而田间化学除草省时省工、操作简便高效，是当前麦田除草的主要方式[20]。砜吡草唑属于含有三唑嘧啶环结构的除草剂，在植物体内根、幼叶均可吸收，主要破坏顶端分生组织生长，抑制细胞分裂，最终使植株死亡[21-22]，可广泛应用于多种大田作物上。氟噻草胺是一个氧乙酰替苯胺类（在酰胺类化合物中引入杂环和氟原子）除草剂，主要通过抑制细胞分裂与生长而发挥作用[23]。本试验大田条件下，供试的 2 个除草剂设置的 9 个处理中，有 3 个处理（砜吡草唑 1 000、2 000 g a.i./hm^2 和氟噻草胺 1 476 g a.i./hm^2）对所试杂草鲜质量防效均高于 95%，2 个处理（砜吡草唑 125 g a.i./hm^2 和氟噻草胺 184.5 g a.i./hm^2）对野燕麦的防效不明显。其中，对节节麦和野燕麦鲜质量防效达到 50% ~ 95%的 6 个处理中以推荐用量砜吡草唑 250 g a.i./hm^2 的除草效果最为合适，其他 5 个处理效果也很明显，但其他处理药量均高于正常用药量，不仅对小麦有影响，还增加了用药成本。基于前述，氟噻草胺最低用量 T6 处理对小麦株高和鲜质量的抑制率分别为 14.9%和 4.8%，已经明显影响了小麦的生长，T8—T9 处理甚至还不能保证小麦的安全性。因此，考虑到对小麦叶片光合特性、IPAR、LAI、SPAD 值及小麦植株的影响，故在苗后麦田进行杂草化除时推荐使用砜吡草唑 250 g a.i./hm^2（T2）处理。

参考文献：

[1] 王克功，曹亚萍，卫　玲，等. 除草剂对节节麦的防效及小麦生长的影响[J]. 山西农业科学，2011，39(4)：352-355.

[2] 袁卉馥，牛瑞明，刘俊喜，等. 冀西北坝上地区莜麦田间除草剂的筛选研究[J]. 河南农业科学，2009，38(11)：90-93.

[3] 梁帝允，李香菊. 小麦田杂草防除技术[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2017.

[4] 王正贵，周立云，郭文善，等. 除草剂对小麦光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 农业环境科学学报，2011，30(6)：1037-1043.

[5] 吴进才，许俊峰，冯绪猛，等. 稻田常用农药对水稻 3 个品种生理生化的影响[J]. 中国农业科学，2003，36(5)：536-541.

[6] 王　鑫，郭平毅，原向阳，等. 二甲四氯对罂粟叶绿素含量及光合作用的影响[J]. 山西农业科学，2009，37(7)：48-50.

[7] 王　伟，郭平毅，原向阳，等. 冬小麦叶片光合特性对除草剂世玛的响应及其机理[J]. 麦类作物学报，2011，31(3)：540-543.

[8] 赵　勇，罗志明，朱建荣，等. 基于叶绿素 SPAD 值分析甘蔗对除草剂反应的差异[J]. 亚热带农业研究，2018，14(3)：157-162.

[9] 张莉娜，安黎哲. 增强 UV-B 辐射和干旱对春小麦光合作用及其生长的影响[J]. 西北植物学报，2010，30(5)：981-986.

[10] 胡战朝，赵桂琴，刘　欢，等. 4 种除草剂对皮燕麦、裸燕麦不同生育时期光合特性的影响[J]. 草原与草坪，2012，32(4)：44-49，55.

[11] 姚永定，张伟红，李淑能，等. 苄嘧异丙隆对晋麦 47 光合特性及产量的影响[J]. 山西农业科学，2019，47(2)：185-187.

[12] 侯红乾. 冬小麦 - 杂草氮素营养竞争研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2007：6-7.

[13] 柯玉琴，潘廷国. NaCl 胁迫对甘薯叶片叶绿体超微结构及一些酶活性的影响[J]. 植物生理学报，1999，25(3)：229-233.

[14] 于　强,谢贤群,孙菽芬. 植物光合生产力与冠层蒸散模拟研究进展[J]. 生态学报,1999,19(5):744.
[15] 孟令曾,张教林,曹坤芳,等. 迁地保护的 4 种龙脑香冠层叶光合速率和叶绿素荧光参数的日变化[J]. 植物生态学报,2005,29(6):976-984.
[16] 邱建丽,李意德,陈德祥,等. 森林冠层结构的生态学研究现状与展望[J]. 广东林业科技,2008,24(1):75-82.
[17] 张小全,徐德应,赵茂盛. 林冠结构、辐射传输与冠层光合作用研究综述[J]. 林业科学研究,1999,12(4):411-421.
[18] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等. 不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J]. 作物学报,2008,34(3):447-455.
[19] 朱春全,雷静品,刘晓东,等. 不同经营方式下杨树人工林叶面积分布与动态研究[J]. 林业科学,2001,37(1):46-51.
[20] 牛红红,武　巍,蔡　玉,等. 农田的杂草抗药性及其防治措施探析[J]. 农业与技术,2009,29(4):55-57.
[21] 杨吉春,范玉杰,吴　峤,等. 新型除草剂 pyroxasulfone[J]. 农药,2010,49(12):911-914.
[22] 苏少泉. 三唑嘧啶类除草剂的开发[J]. 现代农药,2008,7(5):12-16.
[23] 苏少泉. 除草剂新品种 Pyroxasulfone 的开发与使用[J]. 农药,2012,51(2):133-134.

Effect of Post-emergence Closed Herbicide Spraying on Wheat Growth and Weed Control

MENG Zili, ZHU Qian, NI Xuefeng, WANG Qi, LYU Xialei, YAN Xiangquan, ZHU Wei
(Shangqiu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shangqiu 476000, China)

Abstract: To investigate the effects of post-emergence spraying of closed herbicides on wheat growth and weeds, Zhoumai 22 was used as the experimental material. Nine spraying treatments were set up including pyroxasulfone doses of 125 (T1), 250 (T2), 500 (T3), 1 000 (T4) and 2 000 (T5), and flufenacet doses of 184.5 (T6), 369 (T7), 738 (T8), and 1 476 (T9) (g a.i./hm^2), and one blank control. The effects of different herbicides on wheat photosynthetic characteristics, chlorophyll SPAD values, photosynthetically active radiation (IPAR), leaf area index (LAI) and fresh weight, and the chemical control effect of pyroxasulfone on weeds were studied. The results showed that the net photosynthetic rate of leaves under T1 and T6 treatments was higher than that of the control, and the transpiration rate of all 9 treatments was lower than that of the control. The values of T6 and T1 treatments were larger, and the stomatal conductance was highest under T1 treatment. The intercellular CO_2 concentration was highest under T9 treatment, and the value was lowest under T1 treatment. There was a statistically significant difference between T1 treatment and control after 11 days of herbicide application. Under T1, T2, T3, T6 and T7 treatments, wheat IPAR and LAI were higher than those of the control, with the highest values under T1 treatment, which increased by 18.37% and 37.77% respectively, followed by T2 treatment. There was no significant effect on wheat plant height and fresh weight at doses of 125 and 250 g a.i./hm^2 (T1 and T2) of pyroxasulfone. When the dose is greater than 250 g a.i./hm^2, inhibitory symptoms will occur, and the height and fresh weight of wheat plants will be inhibited by different doses of flufenacet. It can be seen that T1 and T2 treatments have little effect on the growth and development of wheat. The control effects of T4, T5 and T9 treatments on the fresh weight of the tested weeds were all higher than 95%, while the control effects of T1 and T6 treatments on wild oats were not significant. Considering the safety of wheat growth and the cost of medication, among the six treatments (T2, T3, T4, T5, T8 and T9) with a fresh weight control effect of > 50% to 95% on Aegilops tauschii and wild oats, and a fresh weight control effect of over 95% on other tested weeds, T2 treatment is recommended for post-emergence spraying in wheat fields.

Key Words: Wheat; Herbicide; Photosynthetic characteristic; Photosynthetically active radiation; Weed; Chemical control effect

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

杨佳佳,岳　诚,闵星星,等. 不同施肥量及施肥运筹对大麦产量及农艺性状的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):47-51. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.009.

不同施肥量及施肥运筹对大麦产量及农艺性状的影响

杨佳佳,岳　诚,闵星星,鲜登宇,谢　婉*
(巴中市农林科学研究院,四川 巴中 636000)

摘要:为优化巴中地区大麦种植施肥措施,研究了不同施肥量对甘啤 8 号产量的影响。试验设置以基施 225 kg/hm² 复合肥为对照(CK),处理分 2 类 [基施 + 追施(A)与单纯基施(B)],每类处理又分 4 个水平。结果表明:大麦产量与株高、穗长、成穗率、结实率、穗粒数、穗数、单株茎蘖数呈极显著正相关关系,与千粒质量呈显著正相关关系;B_1、B_2、B_3、B_4 处理下,大麦产量随基肥使用量的增加而增加,B_4 处理下大麦产量最高,为 4 882.4 kg/hm²,较 CK 显著增产 166.0%;当总施肥量在 450、600 kg/hm² 时,产量表现为 A_1 比 B_1 高、A_2 比 B_2 高,超过 600 kg/hm² 时则相反,即足量基肥有助于巴中地区大麦产量与效益提高。

关键词:大麦;施肥量;产量;基施;追施
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673-6486-20240038

大麦一生需要吸收较多的 N、K 和适量的 P 元素,大麦植株吸收 N、P、K 的总量因品种、生产条件和产量水平而不同,一般以钾肥、磷肥、有机肥作基肥,氮肥则重视基肥,并视苗情追肥[1]。合理施肥有助于提高作物对肥料的利用率。关于肥密配置、施肥方式、施肥量对大麦产量的影响已有大量研究[2-5]。生产上往往通过适当控制施氮量、增加 P、K 肥比例及合理肥料运筹方式来保证啤酒大麦的优质高产。张新华等研究表明,科学平衡施用氮、磷、钾肥,大麦产量高[6]。于国琦等研究表明,在氮肥用量一定的情况下, 提高基肥和拔节肥的复合肥用量,可致大麦高产[7]。巴中市地处大巴山系米仓山南麓,是典型的盆周山区,该地区种植的粮经作物主要为油菜、马铃薯及少量小麦,为探索巴中地区是否适合种植大麦,2021 年巴中市农林科学研究院引进种植由甘肃省农业科学院选育的大麦品种甘啤 8 号,为进一步探索在巴中地区种植大麦获得高产的栽培技术,本试验研究不同施肥用量及施肥运筹对大麦产量及农艺性状的影响,旨在为巴中地区种植大麦实现高产提供理论依据。

收稿日期:2024-04-01;修回日期:2024-08-12。
作者简介:杨佳佳(1998—),女,硕士,助理农艺师,主要从事作物栽培研究。Email: 542708002@qq.com。
* 通信作者:谢　婉(1982—),女,硕士,副研究员,主要从事马铃薯育种、作物栽培研究。Email: hulixw@163.com。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2022 年 11 月至 2023 年 5 月在巴中市巴州区水宁寺镇三皇村(106°59′E、31°50′N,海拔 423 m)进行。土壤肥力中等,黄褐色黏壤土,有机质含量(质量分数,下同)15.6 g/kg,碱解氮含量 90 mg/kg,有效磷含量 8.9 mg/kg,速效钾含量 140 mg/kg,pH 值 8.0。

1.2　供试品种

甘啤 8 号,由甘肃省农业科学院选育,二棱皮大麦,中晚熟品种。

1.3　试验设计

试验采用随机区组设计,施肥用量和施肥方法如表 1 所示,设 3 次重复,小区面积 10 m²(5 m × 2 m),走道 0.40 m,采用撒播方式。根据品种千粒质量、发芽率、种子净度、田间出苗率确定小区播种量,每小区播种量 131.5 g。肥料使用氮磷钾复合肥(N、P_2O_5、K_2O 质量分数均为 15%)。

1.4　测定项目与方法

成熟期时,各处理按小区全部实收、单独脱粒计产。现场称鲜质量,测定小区产量。在大麦收获前3 d 取样考种,采用 5 点取样法,每小区随机选取 5 个点取样,每个点取 5 株,将每个点的植株样混匀,在混合样中选取 10 株健康的植株样进行室内考种。大麦成熟前 3 d,每处理选取 3 点测单位面积穗数。

株高：从分蘖节量起至穗顶（芒除外）的平均高度（cm）。

穗长：穗轴基部至穗顶（芒除外）的长度（cm）。

穗粒数：10 穗的平均每穗结实粒数。

千粒质量：风干籽粒随机取样 1 000 粒称质量（g），以 2 次质量相差不大于其平均值的 3%为准。如大于 3%，则需另取 1 000 粒称质量，以相近 2 次质量的平均值为准。

结实率 = 结实小穗数 / 主茎总小穗数 × 100%。

成穗率 = 单株有效分蘖数 / 单株总茎蘖数 × 100%。

1.5 数据统计方法

数据用 Excel 2010 处理，用 SPSS 26.0 进行显著性分析。

表 1　施肥用量和施肥运筹

处理	肥料总用量 /（kg/hm²）	施肥运筹
CK	225	基施 225 kg/hm²
A_1	450	基施 225 kg/hm²，3 叶期追施 225 kg/hm²
B_1	450	基施 450 kg/hm²
A_2	600	基施 225 kg/hm²，3 叶期追施 375 kg/hm²
B_2	600	基施 600 kg/hm²
A_3	750	基施 225 kg/hm² kg/hm²，3 叶期追施 525 kg/hm²
B_3	750	基施 750 kg/hm²
A_4	900	基施 225 kg/hm²，3 叶期追施 675 kg/hm²
B_4	900	基施 900 kg/hm²

2　结果与分析

2.1 不同施肥量对甘啤 8 号产量及 3 要素的影响

由表 2 可知，基肥施入 225 kg/hm² 复合肥后，在 3 叶期随追施肥料量的增加，大麦产量呈先增加后降低的趋势，但均高于对照。其中，以 A_3 处理的大麦产量最高，为 3 908.6 kg/hm²，A_4 处理产量次之，为 3 885.3 kg/hm²。复合肥处理水平为 A_1、A_2、A_3、A_4 时，产量较对照分别显著提高 67.5%、100.4%、113.1%、111.8%，单位面积穗数较对照分别显著提高 25.6%、96.2%、85.9%、123.8%，穗粒数较对照分别提高 13.8%、21.5%、25.4%、21.0%，且均以 A_1 处理的穗数和穗粒数与对照间差异无统计学意义；A_1、A_2、A_3、A_4 处理的千粒质量较对照差异均无统计学意义。

随基肥施用量的增加，大麦产量、穗数、穗粒数均呈增加趋势。以基肥用量 B_4 水平的产量最高，为 4 882.4 kg/hm²；B_3 的产量次之，为 4 175.4 kg/hm²。基肥施入水平为 B_1、B_2、B_3、B_4 时，较 CK 增产率分别为 42.9%、75.8%、127.6%、166.2%，除 B_1 处理的产量与对照差异无统计学意义外，其余各处理与对照间差异均具统计学意义（$P < 0.05$）。基肥施入水平为 B_1、B_2、B_3、B_4 处理的穗数较对照分别显著提高 47.1%、51.5%、122.6%、122.8%，穗粒数较对照分别提高 16.6%、20.4%、34.8%、40.3%，其中，仅 B_1 处理的穗粒数与对照间差异无统计学意义。基肥施入水平为 B_1、B_2、B_3、B_4 处理的千粒质量较对照差异无统计学意义。

2.2 不同施肥量对甘啤 8 号其他农艺性状的影响

由表 3 可知，基肥施入 225 kg/hm² 复合肥后，在 3 叶期随追施肥料量的增加，大麦株高呈增加的趋势，复合肥处理水平为 A_1、A_2、A_3、A_4 时，株高较对照分别显著增加 14.7%、31.2%、37.3%、40.1%，其中以 A_4 水平株高最高，为 78.2 cm；穗长分别显著增加 16.0%、22.7%、26.7%、22.7%（$P < 0.05$）；单株茎蘖数较对照分别显著增加 1.2、1.5、2.4、1.8 个；成穗率分别显著增加 17.7、22.0、23.0、36.6 百分点（$P < 0.05$）。处理 A_4 的结实率较对照显著增加 8.1 百分点，但 A_1、A_2、A_3 处理较 CK 差异不具统计学意义。

随基肥施用量的增加，大麦株高、穗长、单株茎蘖数、结实率均呈增加趋势。基肥施入水平为 B_1、B_2、B_3、B_4 时，株高较对照分别显著增加 13.6%、21.5%、42.3%、51.4%，其中，以 B_4 水平的株高最高，为 84.5 cm；穗长较对照分别显著增加 9.3%、20.0%、25.3%、32.0%（$P < 0.05$）；B_1、B_2、B_3、B_4 处理的单株

茎蘖数较对照分别增加 0.5、1.5、1.9、2.7 个，其中，仅 B_1 处理的单株茎蘖数与对照差异无统计学意义；成穗率则分别显著增加 15.1、19.9、31.8、29.8 百分点（$P<0.05$）。基肥用量为 B_4 水平的大麦结实率较对照显著增加 9.0 百分点（$P<0.05$），B_1、B_2、B_3 处理较 CK 差异无统计学意义。

表 2　不同施肥量对大麦产量及构成因素的影响

处理	产量 /（kg/hm²）	增产率 /%	穗数 /（万个 /hm²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 /g
CK	1 834.2 e	—	425 d	18.1 d	38.1 a
A_1	3 071.5 cd	67.5	534 cd	20.6 cd	35.5 a
B_1	2 621.3 de	42.9	625 bc	21.1 bcd	35.6 a
A_2	3 675.2 bcd	100.4	834 a	22.0 abc	35.6 a
B_2	3 224.9 bcd	75.8	644 bc	21.8 abc	36.8 a
A_3	3 908.6 abc	113.1	790 ab	22.7 abc	36.4 a
B_3	4 175.4 ab	127.6	946 a	24.4 ab	32.8 a
A_4	3 885.3 abc	111.8	951 a	21.9 abc	35.5 a
B_4	4 882.4 a	166.2	947 a	25.4 a	33.7 a

注：同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义（$P<0.05$）。表 3 同。

表 3　不同施肥量对大麦农艺性状的影响

处理	株高 /cm	穗长 /cm	单株茎蘖数 / 个	成穗率 /%	结实率 /%
CK	55.8 e	7.5 e	2.4 e	28.1 e	85.9 cd
A_1	64.0 d	8.7 bc	3.6 cd	45.8 d	87.0 cd
B_1	63.4 d	8.2 cd	2.9 de	43.2 d	84.6 d
A_2	73.2 c	9.2 ab	3.9 c	50.1 bcd	89.3 bcd
B_2	67.8 d	9.0 bc	3.9 c	48.0 cd	88.4 bcd
A_3	76.6 bc	9.5 ab	4.8 ab	51.1 bcd	89.3 bcd
B_3	79.4 ab	9.4 ab	4.3 abc	59.9 ab	91.7 abc
A_4	78.2 bc	9.2 ab	4.2 bc	64.7 a	94.0 ab
B_4	84.5 a	9.9 a	5.1 a	57.9 abc	94.9 a

2.3　不同施肥量下甘啤 8 号产量及构成因素的相关性

表 4 中大麦产量与株高、穗长、单株茎蘖数、穗数、穗粒数、成穗率、结实率均呈极显著正相关关系，相关系数依次为 0.906、0.893、0.830、0.785、0.727、0.669、0.610，与千粒质量呈显著正相关关系（0.390*）。株高与穗数、穗长、单株茎蘖数、成穗率、结实率、穗粒数均呈极显著正相关关系，相关系数依次为 0.889、0.879、0.854、0.804、0.690、0.680，与千粒质量呈负相关关系（–0.359）。成穗率与穗数、单株茎蘖数、结实率、穗粒数均呈极显著正相关关系，相关系数依次为 0.779、0.742、0.590、0.544，与千粒质量呈负相关关系（–0.250）。结实率与穗数、单株茎蘖数、穗粒数均呈极显著正相关关系，相关系数依次为 0.648、0.639、0.534，与千粒质量呈负相关关系（–0.094）。穗粒数与单株茎蘖数和穗数均呈极显著正相关关系，相关系数分别为 0.596、0.564，与千粒质量呈负相关关系（–0.264）。千粒质量与穗数和单株茎蘖数均呈负相关关系。穗数与单株茎蘖数均呈极显著正相关关系（0.718**）。

2.4　不同施肥量下大麦的经济效益

由表 5 可知，不同施肥用量及运筹处理下，大麦纯经济收入水平差异较大。3 叶期追施复合肥处理下，以 A_3 处理大麦纯经济收入最高，为 2.5 元 /667 m²，A_1 最低，为 –62.6 元 /667 m²。全生育期一次性施入肥料作底肥，以 B_4 处理纯经济收入水平

最高，为 156.3 元 /667 m^2；B_3 其次，为 73.7 元/667 m^2；B_1、B_2 均有不同程度亏损，分别为 −115.6、−51.0 元 /667 m^2。由此可见，结合当地土壤肥力，施用复合肥 900 kg/hm^2 作基肥（B_4）时，经济效益相对较好。

表 4　不同施肥量下大麦产量及构成因素的相关性

	产量	株高	穗长	成穗率	结实率	穗粒数	千粒质量	穗数	单株茎蘖数
产量	1								
株高	0.906**	1							
穗长	0.893**	0.879**	1						
成穗率	0.669**	0.804**	0.745**	1					
结实率	0.610**	0.690**	0.600**	0.590**	1				
穗粒数	0.727**	0.680**	0.741**	0.544**	0.534**	1			
千粒质量	0.390*	−0.359	−0.195	−0.250	−0.094	−0.264	1		
穗数	0.785**	0.889**	0.718**	0.779**	0.648**	0.564**	−0.216	1	
单株茎蘖数	0.830**	0.854**	0.817**	0.742**	0.639**	0.596**	−0.190	0.718**	1

注：* 表示在 0.05 水平显著相关；** 表示在 0.01 水平极显著相关。

表 5　不同施肥量及运筹下大麦的经济效益　　元 /667 m^2

处理	总产值	农资	人工	投入合计	经济效益
CK	317.9	60	450	510	−192.1
A_1	532.4	120	475	595	−62.6
B_1	454.4	120	450	570	−115.6
A_2	637.0	160	475	635	2.0
B_2	559.0	160	450	610	−51.0
A_3	677.5	200	475	675	2.5
B_3	723.7	200	450	650	73.7
A_4	673.4	240	475	715	−41.6
B_4	846.3	240	450	690	156.3

注：当地大麦种子价格 3.6 元 /kg。

3　讨论与结论

肥料的施用量、运筹与作物产量的提高密切相关，基肥可为作物的生理生长提供养分。大麦的农艺性状可通过施肥改善，从而达到增产效果[8]。包奇军等研究表明，减量施肥可提高肥料利用率，但由于肥料用量过低，大麦产量严重降低[9]。郭宏伟等通过不同施肥量对小麦产量及养分吸收的影响得出，中等施肥量有助于提高小麦肥料利用率，满足高产需求[10]。本试验发现，全生育期一次性施入 900 kg/hm^2 复合肥作基肥时，大麦产量最高，此外穗数、穗粒数、千粒质量、株高等农艺性状与产量显著相关，这说明肥料使用量在一定用量范围内，随施用量增加植株茎蘖数提高，有效穗数得到保证，同时由于养分供应充足，植株前期生长稳健，在株高适宜的情况下，有效利用空间占位，使产量构成要素总体协调，并改善群体质量。同时，前期积累的养分在灌浆期向籽粒转运，提高了结实率进而提高大麦产量。本结果与已有研究结果[8-9]一致。

生产优质啤酒大麦，氮肥用量应适中，用量过高会增加蛋白质含量，降低淀粉含量，导致品质差。生产 400 kg/667 m^2 大麦理论需氮 13.84 kg/667m^2[11]，则

相当于 30 kg/667m² 复合肥（N、P_2O_5、K_2O 的质量比为 15∶15∶15）。本试验发现，产量随复合肥总使用量的增加而增加，当总施肥量在 450、600 kg/hm² 时，3 叶期追施比一次性施入作基肥产量高，超过 600 kg/hm² 时则相反，可能是因为肥料在满足大麦生长的过程中，还可通过挥发、淋溶、地表径流等途径流失，加之肥料施入量较少，且肥效难以长久，从而导致养分供需错位。巴中地区历年来均无大麦种植，对甘啤 8 号引进种植仍处于探索阶段。与往年相比，甘啤 8 号产量有所下降，主要由于播种后遇干旱天气，大麦出苗不整齐。总之，大麦生育期短，需肥量小，在大麦种植过程中应重视基肥施用，视情况追肥。另因巴中地区为山区，机械化种植困难，人工成本偏高，对提高引种大麦种植效益来说，仍将是个挑战。

参考文献：

[1] 胡立勇,丁艳锋. 作物栽培学[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2019.

[2] 徐银萍,潘永东,包奇军,等. 灌水与肥密配置对甘啤 7 号大麦产量和蛋白质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(5):99–103.

[3] 秦燕莲,宗　平,王远玲,等. 江苏沿海地区不同施肥方式对小麦产量及土壤地力水平的影响[J]. 现代农业科技,2018(11):16–17.

[4] 诸海焘,李国梁,施圣高,等. 沿海滩涂土壤大麦氮、磷、钾最佳施用量研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(20):80–82.

[5] 何天祥,陈从顺,李达忠,等. 攀西地区不同播种期·播种量和施肥量对大麦生长发育及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(19):10046–10048,10051.

[6] 张新华,樊晶晶,解灿琼. 大麦肥料利用率田间试验[J]. 云南农业,2023(9):65–66.

[7] 于国琦,李忠芹,杨玉红,等. 肥料运筹方式对不同用途大麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2022,42(6):719–724.

[8] 鲁泽刚,周　龙,杨丽梅.不同施肥水平对大麦产量的影响及肥料效应[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(5):744–749.

[9] 包奇军,潘永东,张华瑜,等. 减量施肥对啤酒大麦干物质积累、产量及肥料利用率的影响[J]. 中国农业科技导报,2020,22(8):149–158.

[10] 郭宏伟,陈晓璐,刘子山,等. 施肥量对不同小麦品种产量及养分吸收的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(24):38–43.

[11] 李晓蓉,徐洪兵. 大麦港啤 1 号需氮量的探讨[J]. 浙江农业科学,2013(12):1571–1572.

Effects of Different Fertilization Levels and Application Methods on Yield and Agronomic Traits of Barley

YANG Jiajia, YUE Cheng, MIN Xingxing, XUAN Dengyu, XIE Wan
(Bazhong Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Bazhong 636000, China)

Abstract: In order to optimize the fertilization measures for barley cultivation in Bazhong area, the effect of different fertilizer application rates on the yield of Ganpi No.8 was investigated. The experiment was set up with 225kg/hm² compound fertilizer as the control (CK), and was divided into 2 types of treatments [basal + topdressing (A) and versus basal alone (B)]. Each type of treatment was further divided into 4 levels. The results showed that yield was positively correlated with plant height, spike length, spike formation rate, seed setting rate, number of grains per spike, number of spikes, number of stems per plant, and significantly positively correlated with thousand-grain weight. Under B_1, B_2, B_3 and B_4 treatments, barley yield increased with the increase of basal fertilizer application rates, and the barley yield under the B_4 treatment was the highest, with 4 882.4 kg/hm², which was 166.0% more than that of the CK. When total fertilization amount was 450 kg/hm² and 600 kg/hm², the yield of A_1 was higher than that of B_1, A_2 was higher than B_2, and the opposite was true when it was more than 600 kg/hm². Sufficient amount of basal fertilizer was helpful to increase the yield of barley.

Key Words: Rice; Drip irrigation under mulch film; Growth characteristics; Yield; Quality

李青燕,张存利,郭园园,等. 高产稳产小麦新品种许麦 1706 的选育及配套栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):52-55. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.010.

高产稳产小麦新品种许麦 1706 的选育及配套栽培技术

李青燕,张存利,郭园园,张兰峰,田香伟*
(许昌市农业科学院,河南 许昌 461100)

摘要:许麦 1706 是许昌市农业科学院小麦研究所以豫研 11 为母本、08CA095 为父本配置杂交组合,经过连续多年系谱法选育而成的高产稳产小麦新品种。本组合的配制目标是通过父本 08CA095 来改良豫研 11 的弱春性、熟期、抗逆性等性状。在后代选择过程中,以大穗、大粒为基础,更加注重挑选冬性、半冬性、早熟及抗逆性强的单株及株系。许麦 1706 在 2017 年许昌市农业科学院组织的品比试验中表现突出,推荐参加河南省小麦生产技术创新战略联盟联合体试验,并于 2021 年通过河南省审定,审定编号为豫审麦 20210068。主要介绍了许麦 1706 的选育、特征特性、产量表现等,并总结了配套的栽培技术,为农户种植提供技术指导。

关键词:许麦 1706;选育;产量;栽培技术
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240025

小麦是世界上重要的粮食作物之一,也是我国主要的粮食作物[1]。2023 年国家统计局发布的夏粮产量数据显示,我国小麦播种面积为 2 305.9 万 hm^2,单位面积产量为 5 834.3 kg/hm^2,单位面积产量比去年减少 78 kg/hm^2。2022—2023 年度河南省小麦播种面积为 568.242 万 hm^2,总产量为 3 812.71 万 t,单位面积产量为 6 709.66 kg/hm^2[2]。可见,河南省小麦播种面积占全国小麦播种面积的 24.64%,单位面积产量也高于全国平均值,因此,河南省的小麦产量对国家粮食安全起着举足轻重的作用。许昌市作为河南省小麦主产区之一,小麦常年播种面积在 23.057 万 hm^2,总产量为 171.75 万 t,单位面积产量为 7 448.93 kg/hm^2。许昌市小麦的单位面积产量比河南省高出 11.02%,该地的气候条件非常适宜小麦生长发育。

近年来,全球天气变化异常、极端天气频发,对小麦生产影响较大。不仅导致小麦产量的降低,还致使品质大幅度下降。如 2023 年麦收期间,多地出现连绵阴雨天气,河南省等小麦主产区“烂场雨”现象造成的小麦穗发芽灾害严重。应对灾害性天气的主要途径:一是培育抗逆性强的小麦品种,二是应用科学的栽培技术。许昌市农业科学院小麦研究所以立足许昌、面向河南、走向全国为目标,积极投身育种工作。目前,已育成小麦品种“许麦 318”“许麦 1708”“许麦 1636”等系列品种。许麦 1706 是许昌市农业科学院以豫研 11 为母本、08CA095 为父本配制的杂交组合,后经系谱法选育而成的大穗、高产、稳产小麦新品种,审定编号为豫审麦 20210068。该品种综合性状好,适宜种植区域为河南省高中水肥地块早中茬地(南部长江中下游麦区除外)。

1　许麦 1706 选育过程

许麦 1706 是采用有性杂交、系谱法选育而成的小麦新品种,组合为豫研 11/08CA095。2009 年用大穗、大粒、多粒弱春性晚熟小麦品种豫研 11 为母本,以多穗、大粒、抗性较好的小麦品系 08CA095 为父本杂交。2009—2014 年大田种植 F_1—F_5 进行单穗、单株选择,2014—2015 年进行优系产量鉴定。2015—2017 年连续 2 年度参加品比试验,产量突出。

豫研 11 是由河南豫研种子科技有限公司选育,品种来源为周麦 13/ 郑麦 9023。豫研 11 株高 76 cm 左右,茎秆粗壮,株型松散,小穗排列紧密,结实性好,穗粒数多,综合抗性较差。08CA095 是中国农业科学院作物科学研究所选育出的一个材料,具有半冬性、矮秆、大穗、大粒、抗性较好的特征特性,

收稿日期:2024-03-11;修回日期:2024-07-20。
作者简介:李青燕(1989—),女,硕士,助理研究员,主要从事小麦育种工作。Email: 1013901370@qq.com。
* 通信作者:田香伟(1975—),女,副研究员,主要从事小麦品种选育与技术推广工作。Email: tianxw_2000@126.com。

其组合为周麦 16/ 荔垦 4 号。2009 年以豫研 11 为母本、以 08CA095 为父本杂交。2009 年将收获的 F_0 种子秋播，2010 年夏季田间表现好，株型松紧适宜，穗数较多，中熟，后期熟相好，室内考种千粒质量高，饱满度好。2010 年秋 F_2 代种植 600 粒，经过在大田单株选择和室内考种，留下优良单株 82 个。2011 年秋 F_3 代种植 82 个株（穗）系。2012 年秋种成 F_4 代，中选 36 个单株（系统）。2013 年秋种成 F_5 代，中选 16 个系统。2014 年秋播 F_6 代，中选 9 个系统，2015 年收行进入鉴定试验。许麦 1706 进入鉴定圃后，在所有的鉴定材料中综合性状表现突出，随即参加品比试验。在 2016 年品比试验中，45 个品比材料排名第 2 位，进入第 2 年品比试验。2017 年 54 个品比材料中排名第 3 位，同年参加河南省小麦生产技术创新战略联盟联合体多点试验。2017—2018 年度参加该联合体试验表现突出。2018—2019 年度参加该联合体区域试验。

图 1　许麦 1706 选育系谱图

2　许麦 1706 特征特性

2.1　植物学特性

许麦 1706 为半冬性品种，全生育期 222.0 ~ 230.4 d，平均熟期比对照品种百农 207 早熟 0.2 d。幼苗半直立，苗势较壮，叶色绿，冬季抗寒性表现较好。分蘖力中等，春季起身比较晚，两极分化较快，成穗率一般。许麦 1706 株型松紧适中，株高 78.0 ~ 82.6 cm，抗倒性较好。旗叶上冲，穗下节短，穗层整齐，熟相好。穗纺锤形，长芒，白壳，白粒，籽粒半角质，饱满度较好。穗数 35.2 万 ~ 38.5 万个 /667 m^2，穗粒数 34.1 ~ 35.3 粒 / 穗，千粒质量 49.5 ~ 52.0 g。

2.2　抗性表现

2017—2019 年接种鉴定：许麦 1706 中抗条锈病和叶锈病，中感白粉病和纹枯病，高感赤霉病。

2.3　品质分析

2018、2019 年对许麦 1706 品种品质进行测定（表 1），水分分别为 8.5%、9.4%，粗蛋白质（干基）含量（质量分数，下同）分别为 14.8%、13.7%，容重分别为 610、783 g/L，湿面筋含量分别为 29.2%、26.6%，吸水量分别为 56.6%、62.1%，形成时间分别为 3.5、4.8 min，稳定时间分别为 3.0、4.6 min，拉伸面积分别为 28、32 cm^2，恒定变形拉伸阻力分别为 118、161 E.U.，延伸性分别为 127、151 mm，出粉率

分别为 70.4%、70.8%，最大拉伸阻力分别为 123、176 E.U.（表 1）。

3　许麦 1706 产量表现

2018—2019 年度河南省小麦产业技术创新战略联盟新品种试验联合体冬水组区域试验（表 2），14 点汇总，许麦 1706 增产点率 85.7%，平均产量 8 611.5 kg/hm^2，比对照百农 207 增产 6.70%，居参试品种 A 组的第 4 位；2019—2020 年度续试，14 点汇总，均表现增产，平均产量 7 957.5 kg/hm^2，比对照品种百农 207 增产 9.18%，居参试品种 C 组的第 2 位；2019—2020 年度生产试验，14 点汇总，均表现增产，平均产量 7 740.0 kg/hm^2，比对照品种百农 207 增产 7.31%，居 11 个参试品种第 4 名。

表 1　许麦 1706 品质主要分析结果

年份	水分 /%	粗蛋白质（干基）含量 /%	容重 /（g/L）	湿面筋含量 /%	吸水量 /%	稳定时间 /min	拉伸面积 /cm^2	最大拉伸阻力 /E.U.
2018	8.5	14.8	610	29.2	56.6	3.0	28	123
2019	9.4	13.7	783	26.6	62.1	4.6	32	176

表 2　许麦 1706 产量表现

年度	试验类型	产量 /（kg/hm^2）	较对照增 /%	产量位次
2018—2019	河南省冬水组区域试验（1 年）	8 611.5	6.70	4/14
2019—2020	河南省冬水组区域试验（2 年）	7 957.5	9.18	2/13
2019—2020	河南省冬水组生产试验	7 740.0	7.31	4/11

注：对照品种为百农 207。

4　许麦 1706 栽培技术要点

4.1　播前准备

整地：整地质量是确保全苗壮苗的前提，整地质量的高低直接影响播种质量和后期出苗情况[3]，因此，应重视整地质量，严格把关。在前茬作物收获后，及时实施以下 4 个步骤。一是深翻，深度不低于 25 cm。深翻不仅可以打破犁地层，还可以将秸秆、病虫残体深埋，减少病原菌。二是晒垡，深翻后可根据土壤墒情适当晒垡，使土壤酥碎疏松，有利于改善土壤物理性质。三是旋耕，打碎耕垡。四是耙地，选用合适的动力驱动耙或者旋耕机及时耙平镇压，打碎坷垃，压实土壤，使其上虚下实，地面平整，无杂草等。整地总体标准达到深、净、细、实、平。

种子处理：小麦种子在播种前的拌种处理，不仅能有效防止金针虫、蛴螬等地下害虫的危害，还可防止纹枯病、全蚀病等的发生。在拌种前，选择晴朗天气晒种 2 ~ 3 d，可以杀死种子携带的部分虫卵及病菌，但是晒种时，不能将种子直接铺于水泥地上，以免影响种子的发芽率。晒种后及时拌种，建议使用 27%苯醚·咯·噻虫种子处理悬浮剂或者 10%噁霉灵·精甲霜·氰烯酯种子处理悬浮剂加 70%吡虫啉湿拌种剂或者 10%噻虫·咯·霜灵种子处理悬浮剂等复配药剂。种子拌种后，要及时播种，长时间未播种的种子会直接影响出苗率。

4.2　播期播量

播期：把握适宜的播种期，是保证小麦一播全苗、培育壮苗的关键。许麦 1706 适于早中茬种植，适宜播期为 10 月上中旬。过早播种，会导致大田出现旺长苗，遇到冬季低温天气，容易发生冻害。过晚播种，一是需要增加播种量，增加投入成本；二是播种后，气温低，出苗时间长，降低出苗率，苗小，分蘖少，根系不发达，冬前难以形成壮苗。

播量：在适宜播期内，基本苗以 270 万 ~ 330 万株 /hm^2 为宜。对于晚播地块，每晚播 1 d，可增加基本苗 7.5 万株 /hm^2，但是基本苗不建议多于 450 万株 /hm^2。

4.3　科学施肥

施足底肥，一般施农家肥 45 ~ 60 m^3/hm^2，N、P_2O_5、K_2O 三者的比例以 1 ∶ 1 ∶ 0.8 为宜[4]，尿素 180 ~ 225 kg/ hm^2，磷酸二铵 300 kg/hm^2，氯化钾 150 kg/hm^2。许麦 1706 为优质中筋小麦，施肥原则是以底肥为主，春季可追施尿素 120 ~ 150 kg/hm^2。春季追肥时间可依据麦苗长势而定，对晚、弱苗可结合返青水、拔节水分 2 次追肥；对壮苗可适当延迟追肥时间，到拔节期 1 次施入。

4.4　灌溉

浇好底墒水，足墒下种，是达到一播全苗的基础。许麦 1706 越冬水在不干旱情况下可以不灌溉，但是在春季要及时查看土壤墒情，对墒情差的地块及时灌溉返青拔节水。为了获得较高的产量，建议灌溉孕穗灌浆水。

4.5　防治病虫草害

在小麦 3 叶 1 心期，选择晴朗无风天气，日平均气温在 6 ℃以上，尽量在 10：00—16：00 喷施除草剂。除草剂的选择可根据麦田中杂草种类而定。对冬前未进行化除的麦田，要在小麦拔节期之前喷施。喷施过程中，严防漏喷、重喷等现象的发生。

在小麦整个生育期要重视病虫害的防治工作，坚持“预防为主，综合防治”的植保方针。许麦 1706 中抗条锈病和叶锈病，中感白粉病和纹枯病，高感赤霉病。3 月中下旬随着气温的上升，小麦锈病、蚜虫等开始发生，建议喷施 1 次病虫害药剂；在 4 月中下旬至 5 月上旬，即抽穗至灌浆期结合“一喷三防”防治白粉病及赤霉病，注意防治蚜虫，要及时彻底防治。

5　适时收获

建议人工收割在蜡熟末期进行，机械收割在小麦完熟期；但是，遇到连绵阴雨天气时，建议农户及时抢收，避免“烂场雨”带来的危害。

6　结束语

选育高产稳产的小麦品种是当前主要的目标之一，而协调好产量 3 要素，即单位面积穗数、穗粒数、千粒质量的关系对提高产量至关重要。但是，3 要素对产量贡献率的大小不同。高新欢等对 2003—2022 年国家小麦北部冬麦区水地参试品种进行研究，发现有效穗数和千粒质量在近 20 年小麦增产中贡献较大[5]。华慧研究发现，高产品种的千粒质量与产量呈正相关关系，与穗粒数和穗数均呈不显著正相关关系，说明在高产的情况下，提高千粒质量是增高产量的关键[6]。而许麦 1706 产量的增高，就是在稳定穗数和穗粒数的基础上，提高千粒质量来实现的。在未来的育种工作中，不仅要注重产量结构，还要在高产的基础上提升品质，培育出符合人们需要的新品种。

参考文献：

[1] 张养利,曹三潮,闫苗苗,等. 国审小麦品种“渭麦 9 号”的丰产稳产性及适应性分析[J]. 中国农学通报,2023,39(36):28-32.

[2] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴 2023 [M]. 北京:中国统计出版社,2023.

[3] 周　璇,周　玉,代梦雪,等. 春性小麦新品种皖农 206 的选育过程及高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2023(21):52-54.

[4] 田香伟. 高产稳产小麦新品种许麦 318 的选育[J]. 农业科技通讯,2019(1):153-1

[5] 高新欢,张胜全,马巧云,等. 北部冬麦区水地小麦品种的演变规律[J/OL]. 分子植物育种,2003:1-13(2023-12-05). https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231204.1739.030.

[6] 华　慧. 不同小麦品种(系)产量形成及农艺性状的相关性研究[D]. 郑州:河南农业大学,2018.

Breeding and Supporting Cultivation Techniques of Wheat Variety Xumai 1706 with High and Stable Yield

LI Qingyan, ZHANG Cunli, GUO Yuanyuan, ZHANG Lanfeng, TIAN Xiangwei

(Xuchang Academy of Agricultural Sciences, Xuchang 461100, China)

Abstract: Xumai 1706 was new wheat variety with high and stable yield, it developed by Xuchang Academy of Agricultural Sciences. This variety was bred through pedigree method with Yuyan 11 as the maternal parent and 08CA095 as the paternal parent. The objective of breeding is to improve the weak spring, maturity, stress resistance and other traits of Yuyan 11 through the paternal parent 08CA095. In the process of progeny selection, based on large panicles and large grains, we paid more attention to selecting single plant and strains, with winter, semi winter, early maturity, and stress resistance. The result of comparison experiment shows that Xumai 1706 is the best in the variety comparative test organized by Xuchang Academy of Agricultural Sciences in 2017, it was recommended to participate in the Henan Wheat Production Technology Innovation Strategic Alliance Consisted of Institutions. In 2021, Xumai 1706 was approved by Henan Crop Variety Certification Committee, and the approval number is Yushenmai 20210068. This paper mainly introduced the selection process, main characteristics and yield performance of Xumai 1706, and supporting cultivation techniques, to provide technical guidance for farmers.

Key Words: Xumai 1706; Breeding; Yield; Cultivation Technique

杜莹莹,周羊梅,王安邦,等. 小麦新品种淮麦 1033 的高产稳产及产量构成分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):56–61,65. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2024.04.011.

小麦新品种淮麦 1033 的高产稳产及产量构成分析

杜莹莹,周羊梅,王安邦,杨子博,张　勇,顾正中*
(江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所 / 淮安市农业生物技术重点实验室,江苏 淮安 223001)

摘要:淮麦 1033 是江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所培育的小麦新品种,利用 2017—2019 年国家冬小麦品种试验黄淮南片水地组区域试验数据,分析淮麦 1033 高产、稳产、适应性及产量构成。结果表明,淮麦 1033 平均成穗数 605.88 万个 /hm^2,穗粒数 33.43 粒 / 穗,千粒质量 42.83 g,适应度为 71.43%,高稳系数为 85.7%。2017—2018 年淮麦 1033 产量居第 2 位,稳定性居第 3 位,在 16 个试点中均有良好表现,具有高产、稳产的特点。淮麦 1033 产量与全生育期、株高、有效穗数、穗粒数呈显著正相关关系,有效穗数对产量的直接效应最大。因此,在淮麦 1033 的生产中,应在良好的栽培技术配合下保证有效穗数,充分发挥其多成穗的优势,适当提高穗粒数和千粒质量,兼顾产量 3 因素的协调发展。

关键词:淮麦 1033;高产;稳产;广适;GGE 双标图
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673–6486–20240027

小麦是我国主要的粮食作物,2021 年播种面积 2 338 万 hm^2,占粮食作物总播种面积的 20.02%,总产量 13 425.4 万 t,占粮食作物总产量的 20.05%[1]。近年来,干旱、冻害(倒春寒)等极端天气频发,生产上亟需稳产、广适小麦新品种。

小麦产量的高产性、稳产性、适应性评价方法主要有高稳系数法(HSC)[2]、GGE(genotype main effects and genotype × environment interaction)双标图法[3–4]等。高稳系数法计算简单,可用于反映品种的高产稳产性[5]。GGE 双标图在小麦[5–6]、玉米[7]、水稻[8]、大麦[9]及燕麦[10]等作物区域试验品种评价、试验点评价和品种生态区划分[11]均有广泛应用。GGE 双标图包含“哪个赢在哪里”功能图、“高产性和稳产性”功能图、“区分力和代表性”功能图等,其中“哪个赢在哪里”功能图通过品种 – 环境的相互关系对试验点分组,揭示各组内品种的产量情况[12],“高产性和稳产性”功能图既能反映各品种的高产性和稳产性,又保留了各品种在各环境下产量的原始信息[13]。

淮麦 1033(参试品种名称淮麦 1196)是江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所以淮麦 52 为母本、洛麦 23 与淮麦 510 杂交 F_1 为父本,通过人工杂交在后代中经多年的系谱法选育而成(图 1)。于 2015—2017 年度参加国家冬小麦品种试验预备试验,2017—2019 年参加国家冬小麦品种试验黄淮南片水地组区域试验,2019—2020 年度参加生产试验,2019 年取得植物新品种权,品种权号为 CNA20191005871。2021 年通过国家农作物品种审定委员会审定,审定编号为国审麦 20210025。

图 1　淮麦 1033 系谱选育流程图

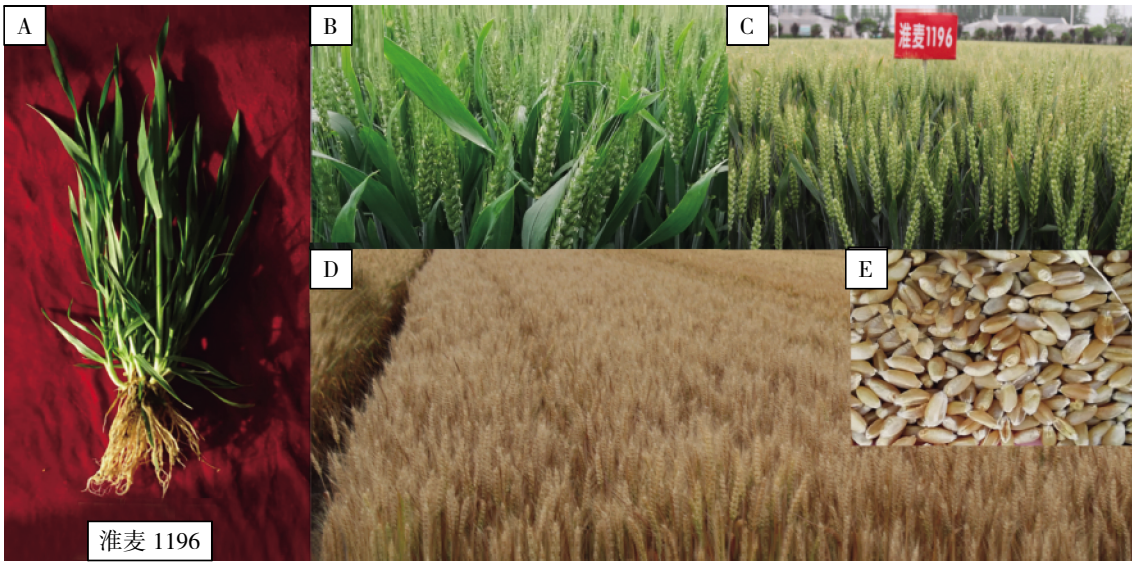
收稿日期:2024–03–12;修回日期:2024–07–24。
基金项目:淮安市农业科学研究院科研发展基金(HNY202006);江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目[JBGS(2021)046];淮安市农业科学研究院高层次引进人才科研启动发展基金(0072023017B);旱区作物逆境生物学国家重点实验室开放课题(CSBAAKF2021007)。
作者简介:杜莹莹(1988—),女,博士,助理研究员,主要从事小麦品种改良与新品种选育研究。Email: yydu_1221@sina.cn。
* 通信作者:顾正中(1969—),男,研究员,主要从事小麦品种改良与新品种选育研究。Email: hynksgzz@163.com。

淮麦 1033 属半冬性品种，幼苗半匍匐，叶片窄长，叶色深绿，苗势较壮，分蘖能力较强。冬季抗寒性较好，耐倒春寒能力较好，春季起身拔节迟，抽穗早，穗层整齐，熟相较好。抗倒性中等，株型较松散，旗叶宽挺。穗纺锤形、较大、长芒、白粒、籽粒角质、饱满度较好（图 2）。本文利用国家区域试验数据，对淮麦 1033 的产量形成及稳定性进行分析，旨在为该品种大面积推广应用提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验以 2017—2019 年参加国家冬小麦品种试验黄淮南片水地组区域试验早播 4 组，包含淮麦 1033 在内的 10 份小麦品种为材料，其中周麦 18 为对照品种（表 1），试验设 21 个试点（表 2）。



A. 拔节期；B. 开花期；C. 灌浆期；D. 成熟期；E. 籽粒

图 2　不同生育时期淮麦 1033 形态

表 1　供试品种名称

编号	供试品种	育种人或单位
G1	宝亮 5 号	张宝亮
G2	淮麦 47	江苏徐淮地区淮阴农科所
G3	淮麦 1033	江苏徐淮地区淮阴农科所
G4	淮麦 45	江苏徐淮地区淮阴农科所
G5	科大 1026	河南科技大学农学院
G6	轮选 2000	河南省奥科种业有限公司、河南圣源种业有限公司
G7	西农 733	西北农林科技大学农学院
G8	豫农 804	河南农业大学 、许昌农科种业有限公司
G9	郑麦 22	河南省农业科学院小麦研究所
G10（CK）	周麦 18	周口市农业科学院

表 2　品种试验地点及编号

年度	试点及编号
2017—2018	辉县（E1）、洛阳（E2）、漯河（E3）、商丘（E4）、新乡县（E5）、荥阳（E6）、原阳（E7）、周口（E8）、驻马店（E9）、阜阳（E10）、涡阳（E11）、新马桥（E12）、宿州（E13）、淮安（E14）、连云港（E15）、盐城（射阳）（E16）、宿迁（E17）、徐州（E18）、富平（E19）、华阴（E20）、杨凌（E21）
2018—2019	辉县（E1）、洛阳（E2）、漯河（E3）、商丘（E4）、濮阳（E5）、新乡县（E6）、荥阳（E7）、原阳（E8）、周口（E9）、驻马店（E10）、涡阳（E11）、新马桥（E12）、宿州（E13）、淮安（E14）、连云港（E15）、盐城（射阳）（E16）、宿迁（E17）、徐州（E18）、富平（E19）、华阴（E20）、杨凌（E21）

1.2　试验方法

1.2.1　田间试验设计。区域试验采用随机区组排列，3 次重复，小区面积 13 ~ 17 m^2。各试点于 2017 年 10 月 5—15 日和 2018 年 10 月 15 日—25 日播种，并按照生产实际进行水肥管理和病虫草害防治。

1.2.2　数据采集与分析。参考《国家小麦品种区域试验记载项目与标准》，对全生育期、株高、最高茎蘖数、有效穗数、成穗率、穗粒数、千粒质量和产量进行数据采集。试验数据利用 Excel 2016 软件整理并计算平均值和高稳系数；利用 RCT 99 1.0 计算品种增产比例、适应度和变异系数；利用 R 语言的 GGE Bioplot GUI 包作 GGE 双标图，GGally 包作相关性可视化分析，agricolae 包作通径分析。

2　结果与分析

2.1　淮麦 1033 高产稳产性分析

2.1.1　淮麦 1033 产量等主要农艺性状表现。如表3、表 4 所示，2017—2018 年度区域试验中，淮麦 1033 全生育期 221.05 d，比对照品种周麦 18 早 0.81 d，株高 81.14 cm，有效穗数 572.07 万个 /hm^2，穗粒数 32.30 粒 / 穗，千粒质量 43.19 g，理论产量 7 995.41 kg/hm^2，实际产量 7 333.26 kg/hm^2。2018—2019 年度区域试验中，淮麦 1033 全生育期 232.57 d，比对照品种周麦 18 早 1.91 d，株高 85.00 cm，有效穗数 639.68 万个 /hm^2，穗粒数 34.56 粒 / 穗，千粒质量 42.46 g，理论产量 9 418.55 kg/hm^2，实际产量 8 864.14 kg/hm^2。2 年区域试验平均有效穗数 605.88 万个 /hm^2，穗粒数 33.43 粒 / 穗，千粒质量 42.83 g。

2.1.2　淮麦 1033 高产性、稳产性和适应性分析。如表 4 所示，2017—2018 年度区域试验中，淮麦 1033 产量 7 333.26 kg/hm^2，排名第 2，比对照增产 6.08%，达极显著水平，比对照增产 ≥2% 的试点率为 95.24%，适应度为 85.71%，排名第 1，高稳系数 85.92%，排名第 2。2018—2019 年度区域试验中，淮麦 1033 产量 8 864.14 kg/hm^2，排名第 5，比对照增产 4.71%，达极显著水平，比对照增产 ≥2% 的试点率为 80.95%，适应度为 57.14%，排名第 5，高稳系数为 85.47%，排名第 2。

表 3　2017—2019 年度各品种主要农艺性状表现

品种	全生育期 / d	株高 / cm	最高分蘖 / （万个 /hm^2）	有效穗数 / （万个 /hm^2）	成穗率 / %	穗粒数 / （粒 / 穗）	千粒质量 / g	年度
G1	222.43 ± 9.35	75.00 ± 4.74	1 528.59 ± 291.59	545.01 ± 59.85	36.53 ± 6.40	32.02 ± 2.99	46.74 ± 4.29	
G2	221.62 ± 8.71	84.95 ± 5.87	1 657.31 ± 368.80	584.78 ± 56.35	36.70 ± 7.76	32.28 ± 3.13	43.55 ± 5.57	
G3	221.05 ± 8.60	81.14 ± 4.68	1 526.09 ± 271.95	572.07 ± 57.16	38.48 ± 7.43	32.30 ± 3.67	43.19 ± 4.03	
G4	220.95 ± 8.82	78.24 ± 6.11	1 594.85 ± 319.96	603.27 ± 64.81	38.79 ± 6.61	29.34 ± 4.74	45.85 ± 3.59	
G5	221.71 ± 8.95	76.05 ± 4.96	1 499.68 ± 253.99	567.22 ± 54.52	38.62 ± 6.06	31.45 ± 3.47	44.36 ± 4.76	2017—2018
G6	221.24 ± 9.24	74.48 ± 5.60	1 519.74 ± 244.45	609.62 ± 86.95	40.89 ± 8.52	29.11 ± 6.89	49.12 ± 4.59	
G7	220.76 ± 8.91	73.00 ± 4.76	1 533.88 ± 267.66	581.35 ± 59.62	38.76 ± 6.66	31.83 ± 4.22	42.68 ± 4.33	
G8	222.24 ± 9.37	76.95 ± 5.36	1 398.02 ± 243.01	564.86 ± 53.38	41.54 ± 8.65	31.32 ± 3.66	47.29 ± 4.87	
G9	221.86 ± 9.44	77.43 ± 5.41	1 587.49 ± 314.27	575.71 ± 58.64	37.21 ± 6.15	30.49 ± 4.17	46.38 ± 4.37	
G10（CK）	221.86 ± 9.36	75.71 ± 4.93	1 499.11 ± 252.09	543.73 ± 45.73	36.95 ± 5.01	31.93 ± 3.49	45.52 ± 4.08	
G1	234.90 ± 7.08	80.10 ± 6.08	1 515.81 ± 250.19	587.21 ± 66.98	39.43 ± 6.02	35.70 ± 3.75	46.24 ± 3.69	
G2	233.76 ± 7.15	90.57 ± 8.33	1 683.94 ± 430.26	639.82 ± 93.95	39.55 ± 7.86	34.17 ± 3.03	43.90 ± 3.63	
G3	232.57 ± 6.64	85.00 ± 6.87	1 546.66 ± 294.74	639.68 ± 75.56	42.29 ± 6.68	34.56 ± 3.06	42.46 ± 3.55	
G4	233.19 ± 6.93	83.67 ± 6.63	1 644.46 ± 373.20	674.02 ± 84.67	42.06 ± 5.96	32.07 ± 3.54	45.55 ± 3.35	
G5	234.24 ± 6.86	81.43 ± 7.43	1 445.56 ± 245.18	612.69 ± 75.83	43.40 ± 8.54	34.75 ± 2.90	44.82 ± 3.30	2018—2019
G6	233.19 ± 7.37	78.52 ± 5.87	1 461.91 ± 272.91	690.44 ± 112.42	48.07 ± 7.88	28.84 ± 3.72	50.03 ± 2.73	
G7	232.95 ± 6.97	79.24 ± 6.06	1 463.05 ± 268.96	632.61 ± 81.24	44.06 ± 6.52	34.86 ± 3.79	43.26 ± 3.30	
G8	233.62 ± 6.73	80.48 ± 5.72	1 289.00 ± 246.75	605.20 ± 78.92	47.95 ± 7.26	35.02 ± 4.50	47.30 ± 2.72	
G9	233.67 ± 6.95	81.19 ± 6.39	1 584.71 ± 258.96	633.75 ± 75.91	40.67 ± 6.09	32.31 ± 3.67	46.80 ± 3.49	
G10（CK）	234.48 ± 6.93	80.67 ± 5.51	1 418.51 ± 202.49	590.92 ± 53.62	42.12 ± 4.54	35.03 ± 4.32	45.69 ± 2.62	

GGE 双标图分析结果表明，2017—2018 年度淮麦 1033 品种稳定性排名第 3（图 3-A），在宿州、射阳、连云港等 16 个试点中均有良好表现（图 3-B），2018—2019 年度，淮麦 1033 品种稳定性排名第 9（图 3-C），在宿迁和徐州这 2 个试点中表现良好（图 3-D）。

表 4　2017—2019 年度各品种产量表现

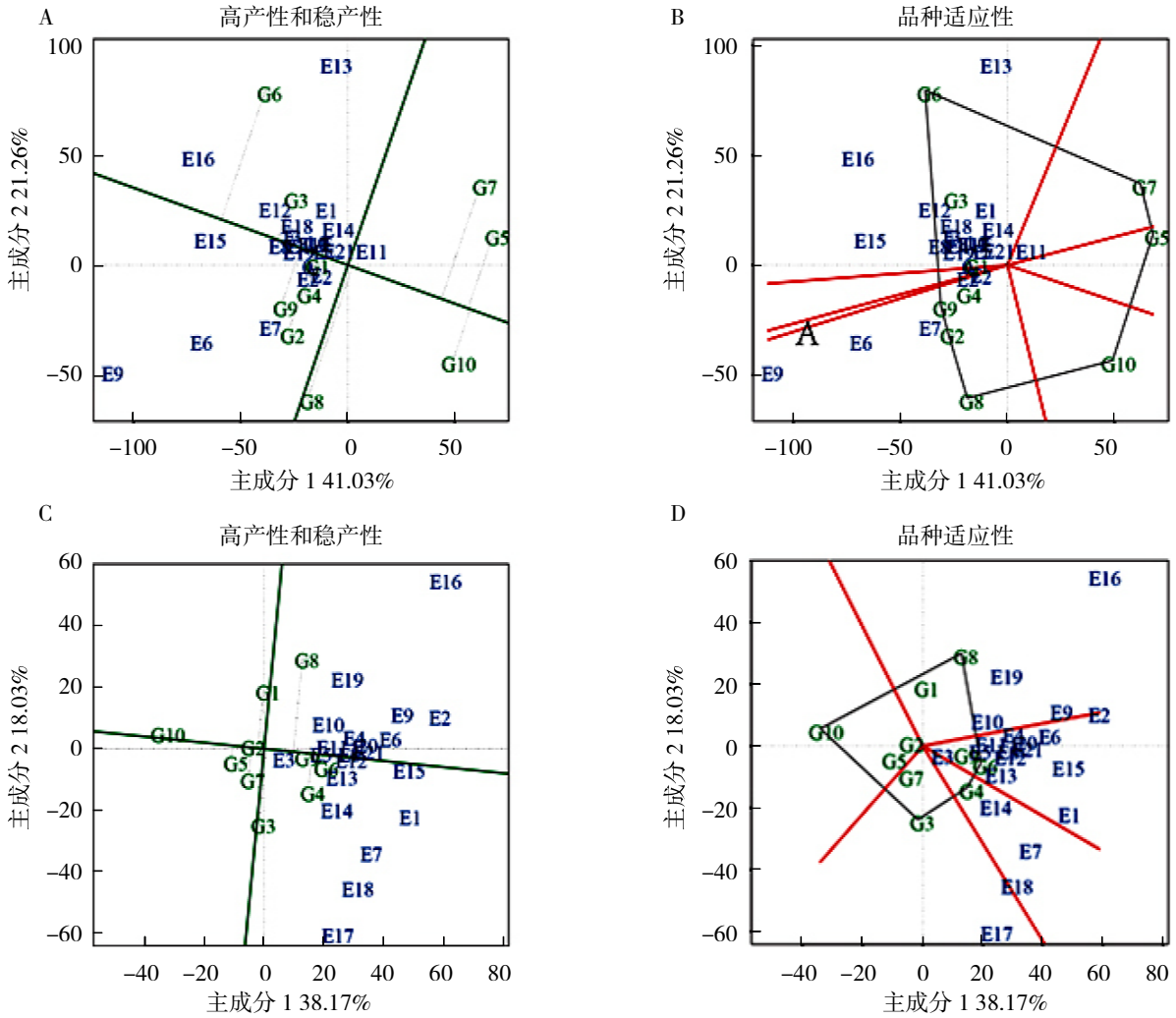
品种	产量均值 /（kg/hm²）	增产比例 /%	增产点率 /%	适应度 /%	高稳系数 /%	年度
G1	7 212.25 ± 767.18 AB	4.33	80.95	52.38	83.99	2017—2018
G2	7 261.01 ± 765.01 AB	5.03	85.71	71.43	84.66	
G3	7 333.26 ± 740.44 A	6.08	95.24	85.71	85.92	
G4	7 243.02 ± 759.29 AB	4.77	71.43	57.14	84.50	
G5	6 932.46 ± 626.33 C	0.28	42.86	14.29	82.18	
G6	7 407.37 ± 817.49 A	7.15	90.48	80.95	85.88	
G7	7 082.24 ± 667.37 BC	2.45	57.14	47.62	83.60	
G8	7 205.54 ± 657.42 AB	4.23	71.43	57.14	85.33	
G9	7 314.34 ± 715.79 A	5.80	95.24	80.95	85.99	
G10（CK）	6 913.04 ± 583.88 C	—	—	0	82.48	
G1	8 822.95 ± 925.68 ABC	4.22	80.95	52.38	84.04	2018—2019
G2	8 740.84 ± 971.87 C	3.25	61.90	33.33	82.68	
G3	8 864.14 ± 832.94 ABC	4.71	80.95	57.14	85.47	
G4	8 986.08 ± 907.28 AB	6.15	90.48	90.48	85.97	
G5	8 734.28 ± 928.50 C	3.17	71.43	33.33	83.07	
G6	8 993.57 ± 978.30 A	6.24	90.48	71.43	85.30	
G7	8 803.74 ± 906.23 BC	3.99	85.71	57.14	84.04	
G8	8 943.67 ± 949.67 AB	5.65	90.48	71.43	85.07	
G9	8 942.96 ± 958.75 AB	5.64	95.24	80.95	84.97	
G10（CK）	8 465.62 ± 898.53 D	—	—	4.76	80.53	

注：同列数据后不同大写字母表示差异具高度统计学意（$P<0.01$）。

2.2　淮麦 1033 产量构成分析

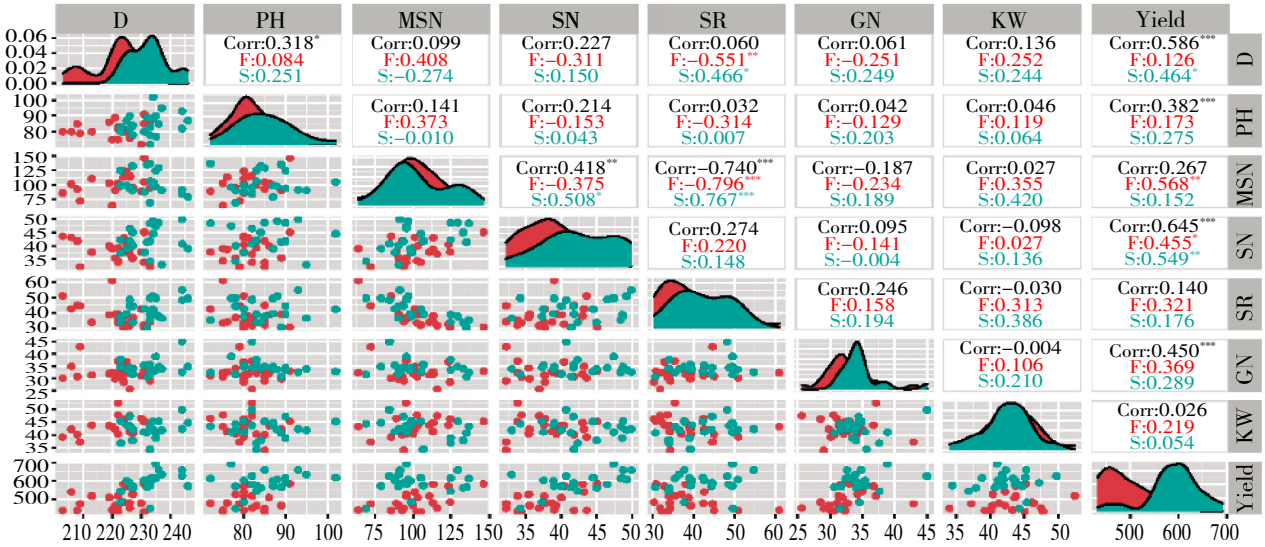
2.2.1　淮麦 1033 产量构成相关性分析。为形象展示淮麦 1033 产量与农艺性状的相关性，本研究利用 R 语言进行相关性可视化分析，结果如图 4 所示。2017—2018 年区域试验中，淮麦 1033 产量与最大茎蘖数、有效穗数呈显著正相关关系，2018—2019 年度区域试验中，淮麦 1033 产量与全生育期、有效穗数均呈显著正相关关系，综合 2 年区域试验数据，淮麦 1033 产量与全生育期、株高、有效穗数、穗粒数均呈显著正相关关系。

2.2.2　淮麦 1033 产量构成通径分析。通径系数分析结果显示，有效穗数对产量的直接效应最大，直接通径系数为 0.981，往后依次为穗粒数、全生育期、株高、千粒质量、最高茎蘖数和成穗率（表 5）。有效穗数通过全生育期、株高、最高茎蘖数、成穗率、穗粒数对产量起正向间接效应，通过千粒质量对产量起负向的间接效应，正向间接效应总和的绝对值大于负向效应总和的绝对值，有效穗数与产量呈极显著正相关关系。穗粒数对产量的直接效应位居第 2，直接通径系数为 0.364，通过全生育期、有效穗数、成穗率对产量起正向的间接效应，通过株高、最大茎蘖数对产量起负向的间接效应，正向间接效应总和绝对值大于负向间接效应总和绝对值，穗粒数与产量呈极显著正相关关系。全生育期直接通径系数为 0.363，通过株高、最高茎蘖数、有效穗数、成穗率、穗粒数和千粒质量对产量起正向的间接作用，全生育期与产量极显著正相关。



A. 2017—2018 年品种高产稳产性分析；B. 2017—2018 年品种适应性分析；
C. 2018—2019 年品种高产稳产性分析；D. 2018—2019 年品种适应性分析

图 3　GGE 双标图分析



F. 2017—2018 年度数据；S. 2018—2019 年度数据；Corr. 2017—2019 年度数据。D 为全生育期，PH 为株高，MSN 为最高茎蘖数，SN 为有效穗数，SR 为成穗率，GN 为穗粒数，KW 为千粒质量，Yield 为产量。* 表示 $P<0.05$；** 表示 $P<0.01$；*** 表示 $P<0.001$。表 5 同

图 4　淮麦 1033 主要农艺性状相关性可视化分析

表 5　淮麦 1033 各农艺性状与产量的通径系数

性状	相关系数	通径系数						
		D	PH	MSN	SN	SR	GN	KW
D	0.586***	0.363	0.047	−0.066	0.226	−0.043	0.058	0.006
PH	0.382*	0.116	0.146	−0.093	0.206	0.022	−0.014	−0.002
MSN	0.267	0.036	0.020	−0.663	0.412	0.535	−0.069	−0.001
SN	0.645***	0.084	0.031	−0.279	0.981	−0.195	0.033	−0.004
SR	0.140	0.022	−0.004	0.491	0.265	−0.723	0.091	−0.001
GN	0.450**	0.058	−0.006	0.126	0.088	−0.181	0.364	0
KW	0.026	0.051	−0.007	0.020	−0.098	0.022	0	0.043

3　讨论与结论

淮麦 1033 是江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所经系谱选育法培育的小麦新品种，具有产量潜力高、稳定性好、适应性广的特点，属于多穗型高产稳产广适小麦品种，具有良好的应用前景。在 2 年的区域试验中，淮麦 1033 平均成穗数 605.88 万个 /hm^2，穗粒数 33.43 粒 / 穗，千粒质量 42.83 g，产量分别为 7 333.26、8 864.14 kg/hm^2，分别比对照增产 6.08%和 4.71%，适应度分别为 85.71%和 57.14%，高稳系数分别为 85.92%和 85.47%。淮麦 1033 的高产稳产广适得益于其幼苗苗势较壮，冬季抗寒性较好，分蘖能力较强，而最高分蘖数决定穗数多少，进而影响产量[14]；此外，黄淮麦区小麦发育过程有“两长一短”（分孕期、幼穗分化期长、灌浆期短）的特点[15]，本区小麦高产育种应以多穗型大群体品种为主，同时要稳定穗粒数，提高千粒质量[16]，淮麦 1033 春季起身拔节迟，耐倒春寒能力较好，能够充分发挥本麦区多成穗的气候优势，且抽穗早，可以延长灌浆时间，弥补灌浆期短的气候劣势。GGE 双标图的分析结果也显示，淮麦 1033 产量高、稳定性好，在宿州、盐城（射阳）、连云港、宿迁和徐州等多个试点中均有良好表现。

相关分析和通径分析结果显示有效穗数、穗粒数、生育期这 3 个因素对产量均有显著的正向效应，且有效穗数对产量的效应最大。有效穗数通过全生育期、株高、最高茎蘖数、成穗率、穗粒数对产量起正向间接效应，通过千粒质量对产量起负向的间接效应，有效穗数与产量呈极显著正相关。穗粒数对产量的直接效应位居第 2，通过全生育期、有效穗数、成穗率对产量起正向的间接效应，通过株高、最大茎蘖数对产量起负向的间接效应，穗粒数与产量呈极显著正相关关系。全生育期通过株高、最高茎蘖数、有效穗数、成穗率、穗粒数和千粒质量对产量起正向的间接作用，全生育期与产量呈极显著正相关关系。赵倩等研究表明，有效穗数变异系数最大，可通过高产栽培管理提高有效穗数发挥最大增产潜力[16]。因此，在淮麦 1033 的生产中，应在良好的栽培技术配合下保证有效穗数，充分发挥其多成穗的优势，适当提高穗粒数和千粒质量，兼顾产量 3 因素的协调发展。

参考文献：

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2021[M]. 北京:中国统计出版社,2021.

[2] 温振民,张永科. 用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J]. 作物学报,1994,20(4):508−512.

[3] 严威凯. 双标图分析在农作物品种多点试验中的应用[J]. 作物学报,2010,36(11):1805−1819.

[4] DA CRUZ D P,GRAVINA G D A,VIVAS M,et al. Analysis of the phenotypic adaptability and stability of strains of cowpea through the GGE Biplot approach[J]. Euphytica,2020,216(10):160.

[5] 李世平,张哲夫,安林利,等. 品种稳定性参数和高稳系数在小麦区试中的应用及其分析[J]. 华北农学报,2000,15(3):10−15.

[6] 常　磊,柴守玺. GGE 双标图在我国旱地春小麦稳产性分析中的应用[J]. 中国生态农业学报,2010,18(5):988−994.

[7] 梁黔云,李清超,吴　瑞,等. GGE 双标图在玉米品种区域实验中的应用[J]. 中国农学通报,2014,30(6):224−228.

[8] 王　磊,程本义,鄂志国,等. 基于 GGE 双标图的水稻区试品种丰产性、稳产性和适应性评价[J]. 中国水稻科学,2015,29(4):408−416.

[9] 张海娟,王化俊,马小乐,等. 基于 GGE 双标图的北方大麦区试品种稳产性及试点代表性评价[J]. 麦类作物学报,2015,35(9):1250−1256.

（下转第 65 页）

王　君,黄　杰,葛昌斌,等. 优质高产中强筋小麦新品种漯麦 36 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):62-65. https:// doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.012.

优质高产中强筋小麦新品种漯麦 36 的选育及栽培技术

王　君,黄　杰,葛昌斌,曹燕燕,乔冀良,齐双丽,卢雯莹,张　璐,李雷雷,刘丽雅,孙先业,杨森要,廖平安*
(漯河市农业科学院,河南 漯河 462000)

摘要:漯麦 36 是由漯河市农业科学院以郑麦 7698 为母本、漯麦 6010 为父本进行人工杂交配组,采用系谱法选育而成的小麦新品种,2022 年通过国家农作物品种审定委员会审定(审定编号:20220126)。以 2018—2021 年度国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体试验(皖垦联合体试验)结果为依据,介绍了漯麦 36 的选育过程、特征特性、产量表现,并阐述了漯麦 36 的栽培技术。结果表明:漯麦 36 慢条锈病,中抗叶锈病,主要品质指标达到中强筋小麦品种标准;漯麦 36 丰产、稳产性好;连续 3 年 3 组试验中,漯麦 36 的变异度和回归系数均较小,回归系数均接近 1,该品种在各个试点的适应性强,适应面较广,适宜在黄淮地区种植。

关键词:小麦;漯麦 36;选育;特征特性;栽培技术
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240030

小麦是我国重要的粮食作物,保证小麦产量和品质的稳定并实现稳步增长,对维护我国粮食安全和社会安定具有重大意义[1]。提高小麦产量最重要的是靠品种,选育高产新品种是增加农产品有效供给、保障国家粮食安全的重要途径[2]。因此,良种配套良法是实现小麦高产的关键,在实际育种中选育单位面积产量高、抗逆性好的小麦品种更利于实现小麦高产、稳产,也是育种者主要的育种目标。

漯麦 36 在江苏、安徽、河南及陕西等地多年多点的试验中,均表现出丰产稳产、品质优良、综合抗病性好、抗逆、后期转色及熟相好等优点。本研究以 2018—2021 年度国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体区域试验、生产试验结果为依据,对漯麦 36 的品质、抗病性、产量等进行比较分析,并阐述了漯麦 36 的栽培技术要点,旨在为该品种在生产上的大面积推广和合理利用提供理论和实践支撑。

1　材料与方法

试验品种为漯麦 36。数据来自 2018—2020 年度国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体区域试验、2020—2021 年国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体生产试验(皖垦联合体试验)结果。采用 Excel 2010 和 DPS 15.10[3]进行数据处理及分析。

2　漯麦 36 选育过程

2012 年以郑麦 7698 为母本、漯麦 6010 为父本进行人工杂交配组;2013 年全部收获,并于当年夏季加代全部点播;2013 年,该组合收获 101 个单株,每个单株种 3 行,行长 3 m;2014 年该组合选优良株系 18 个,每个株系选单株 5 ~ 10 个,并于当年秋播分株系种植;2015 年收获稳定株系 17 个,分别定名为 04036-18-7-1—04036-18-7-17,于秋季播种,每个株系种植 3 行,行长 3 m;2016—2018 年收获 1 个稳定品系,定名为漯麦 36。2017—2018 年参加皖垦黄淮南片小麦联合体品种比较试验;2018—2021 年参加国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体(皖垦联合体试验)区域试验、生产试验。

3　漯麦 36 特征特性

3.1　农艺性状

漯麦 36 属半冬性品种,全生育期平均为 224.9 d,比对照周麦 18 早 1.1 d;有效穗数 39.4 万个 /667 m^2,穗粒数 34.6 粒 / 穗,千粒质量 46.4 g;幼苗生长半匍匐,分蘖力中等,株高 80.3 cm;茎秆弹性好、抗倒伏能力强,蜡质较重,穗下节长度中等,旗叶长度中

收稿日期:2024-03-14;修回日期:2024-07-25。
基金项目:国家小麦产业技术体系漯河综合试验站(CARS-3-2-26)。
作者简介:王　君(1990—),女,硕士,助理研究员,主要从事小麦育种研究。Email: 254559628@qq.com。
* 通信作者:廖平安(1964—),男,研究员,主要从事小麦育种研究。Email: liaopingan@126.com。

等、半上举，株型较紧凑，穗层整齐，穗长度中等，小穗着生密度中等。

3.2　品质性状

漯麦 36 籽粒长圆形，较大，角质，饱满度好，黑胚率低，外观商品性好。该品种 2018—2020 年度经中国农业科学院植物保护研究所鉴定、农业部谷物品质监督检验测试中心抽样测定，由不同年度品质指标检测结果（表 1）可知，该品种 2 年容重较高，分别为 814、822 g/L；粗蛋白（干基）含量分别为 14.9%、15.2%；湿面筋含量分别为 31.5%、31.8%；吸水率分别为 60.4%、61.9%；面团稳定时间分别为 9.6、5.8 min；最大延伸阻力分别为 643、382 E.U.；拉伸面积分别为 112、92 cm^2。综上可得，漯麦 36 各项品质指标达到国家中强筋小麦质量标准。

表 1　漯麦 36 区域试验品质性状

年度（组别）	容重 /（g/L）	粗蛋白（干基）含量 /%	湿面筋含量 /%	吸水率 /%	面团稳定时间 /min	最大延伸阻力 / E.U.	拉伸面积 / cm^2
2018—2019	814	14.9	31.5	60.4	9.6	643	112
2019—2020	822	15.2	31.8	61.9	5.8	382	92
平均	818	15.1	31.7	61.2	7.7	513	102

3.3　抗病分析

2018—2020 年度经中国农业科学院植物保护研究所鉴定：漯麦 36 高感白粉病、赤霉病，慢条锈病，中感纹枯病，中抗叶锈病。以上结果说明，漯麦 36 综合抗病性好。

4　漯麦 36 产量表现

4.1　产量性状分析

由表 2 可知，漯麦 36 有效穗数为 550 万 ~ 600 万个 /hm^2，千粒质量为 45 ~ 49 g，穗粒数为 33 ~ 36 粒 / 穗。漯麦 36 在 2018—2019 年 22 个试点中增产试点有 10 个，居 15 个参试品种第 11 位；在 2019—2020 年 23 个试点中增产试点有 15 个，居 15 个参试品种第 6 位；在 2020—2021 年 20 个试点中增产试点有 19 个，居 6 个参试品种第 2 位。

4.2　丰产 稳产与适应性分析

由表 3 可知，漯麦 36 的丰产性效应在第 1 年区域试验的 15 个参试品系中排第 6 位，变异度排第 10 位；漯麦 36 的丰产性效应在第 2 年的区域试验的 15 个参试品系中排第 4 位，变异度排第 9 位；漯麦 36 的丰产性效应在生产试验的 6 个参试品系中排第 2 位，变异度排第 5 位。

漯麦 36 与环境指数的回归系数 3 年试验结果分别为 1.09、0.98、0.95，回归系数接近 1，说明漯麦 36 在不同环境条件下具有平均适应性，在本组试验中为适应性较好的品种，这与姚金保等的研究结果[4]是一致的。

表 2　漯麦 36 不同年度产量性状

组别	年度	有效穗数 /（万个 /hm^2）	千粒质量 / g	穗粒数 /（粒 / 穗）	理论产量 /（kg/hm^2）	平均产量 /（kg/hm^2）	增产点数 / 个	位次 / 位
区域试验	2018—2019	591.00	45.6	35.4	9 540.2	8 509.5	10/22	11/15
	2019—2020	592.50	47.2	33.8	9 452.5	8 331.0	15/23	6/15
生产试验	2020—2021	559.50	48.8	34.9	9 529.0	8 400.0	19/20	2/6
平均		581.00	47.2	34.7	9 515.9	8 413.5	—	—

表 3　漯麦 36 在不同区组试验中的丰产性、稳产性和适应性比较

组别	年度	丰产性参数			稳产性参数			回归系数
		产量 /（kg/hm^2）	丰产性效应	丰产性效应位次	方差	变异度	变异度位次	
区域试验	2018—2019	8 509.5	143.715	6/15	85 625.217	6.295	10/15	1.09
	2019—2020	8 331.0	169.128	4/15	72 539.639	3.152	9/15	0.98
生产试验	2020—2021	8 400.0	212.341	2/6	113 957.769	4.716	5/6	0.95

5　漯麦 36 栽培技术

5.1　精细整地施足底肥

前茬作物收获后及早粉碎秸秆，粉碎长度≤5 cm，抛撒均匀，耕翻入土，并对土地深耕细耙，达到耙透耙实，上虚下实，地表平整。施纯氮 12 ~ 14 kg/667 m^2（其中 40%作基肥，60%在拔节期追施），P_2O_5 6 ~ 8 kg/667 m^2，K_2O 6 ~ 8 kg/667 m^2，施有机肥 200 kg/667 m^2。

5.2　适期适量播种

漯麦 36 适宜播种期 10 月 15—25 日，适宜基本苗 18 万 ~ 20 万株 /667 m^2，适宜播期内，播量为 7 ~ 10 kg/667 m^2；若播期推迟，可适当增加播量，每晚播 3 d 增加播量 0.5 kg/667 m^2，最晚播期为 11 月 10 日左右。

5.3　水肥管理

冬前若土壤墒情不足，宜在日平均气温稳定在 3 ℃左右时浇水冬灌；3 月上旬，根据天气预报在强降温天气来临之前及时灌溉，发现茎蘖受冻的麦田应结合浇水，追施尿素 5 ~ 10 kg/667 m^2。抽穗扬花期墒情不足时，选择无风天气进行小水浇灌，应在花后 15 d 前完成。注意清沟防渍，控旺促壮，防止倒伏[5-6]。

5.4　防治病虫草害

冬前日平均气温达 10 ℃以上，杂草 3 ~ 4 叶期、麦苗 3 ~ 6 叶期对田间杂草及时进行化学防治，根据田间杂草种类选择除草剂[7]，返青至拔节期，注意防治小麦纹枯病、蚜虫和麦蜘蛛。在小麦抽穗—扬花期，重点预防赤霉病，若遇 3 d 以上连阴雨天气，用 45%戊唑醇·咪鲜胺 25 ~ 30 mL/667 m^2，对水 30 ~ 40 kg/667 m^2 均匀喷施小麦穗部。为预防早衰和后期干热风，进行“一喷三防”，根据病虫害发生情况选用杀菌剂、杀虫剂，加 KH_2PO_4 150 ~ 200 g/667 m^2，对水 30 ~ 40 kg/667 m^2 喷雾。

5.5　适时收获

在蜡熟末期至完熟初期及时收获，如遇阴雨天气应及时抢收，晾晒[8]。单收、单晒，专仓储藏，储藏设施应清洁、干燥、通风、无虫害和鼠害。

6　讨论与结论

区域试验结果是新品种审定和推广的重要依据[9]，丰产性、稳定性与适应性是选育优良品种的基本依据[10]。通过对 2018—2021 年度国家黄淮冬麦区南片水地组小麦联合体 3 年试验的 65 个点次试验结果的分析可知，漯麦 36 产量 3 要素协调，有效穗数多，实际产量高，增产点比例较高，产量潜力大。适应性是指一个品种在不同地域间均能表现出较高产量的能力[11]，在漯麦 36 的 3 年 3 组试验中，漯麦 36 的变异度和回归系数均较小，说明该品种在各个试点的适应性强，适应面较广。

漯麦 36 品质好、产量高、抗逆性好、适应性好，是一个集高产稳产、广适、抗逆于一体的中强筋小麦新品种，适宜在黄淮地区种植。

参考文献：

[1] 何中虎，庄巧生，程顺和，等. 中国小麦产业发展与科技进步[J]. 农学学报，2018，8(1): 99-106.

[2] 曹燕燕，葛昌斌，黄　杰，等. 小麦新品种“漯麦 40”丰产性、稳产性、抗逆性、适应性分析[J]. 天津农业科学，2023，29(7):29-32.

[3] 唐启义，冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京：科学出版社，2002:272-292.

[4] 姚金保，马鸿翔，张　鹏，等. 小麦宁麦 26 丰产性、稳产性及适应性分析[J]. 浙江农业科学，2018，59(11):1966-1968.

[5] 廖平安. 国审小麦新品种漯麦 4 号及高产栽培规程[J]. 农业科技通讯，2005(9):21.

[6] 黄　杰，乔冀良，张振永，等. 小麦新品种漯麦 163 选育及栽培技术研究[J]. 湖北农业科学，2018，57(5):14-15.

[7] 任庆国，林　平，郑守如，等. 小麦新品种菏麦 26 及高产栽培技术[J]. 中国种业，2022(11):108-110.

[8] 曹燕燕，黄　杰，张　璐，等. 超高产小麦新品种漯麦 6010 的选育及配套技术[J]. 中国种业，2014(2):56-57.

[9] 王志龙，程加省，杨金华，等. 小麦新品种云麦 74 丰产稳产性及产量构成因素分析[J]. 作物研究，2019，33(6):543-546.

[10] 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.

[11] 张会云，陈荣振，冯国华，等. 小麦新品种徐麦 29 的丰产稳产性及其利用[J]. 江苏农业科学，2008，36(3):43-44.

Breeding and Cultivation Techniques of New Wheat Variety Luomai 36 with High Quality, High Yield and Medium-strong Gluten

WANG Jun, HUANG Jie, GE Changbin, CAO Yanyan, QIAO Jiliang, QI Shuangli, LU Wenying, ZHANG Lu, LI Leilei, LIU Liya, SUN Xianye, YANG Senyao, LIAO Ping'an
(Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe 462000, China)

Abstract: Luomai 36 is a new wheat variety bred by Luohe Academy of Agricultural Sciences with Zhengmai 7698 as the maternal parent and Luomai 6010 as the paternal parent, using sexual hybridization and genealogy method, and was approved by the National Crop Variety Examination Commission in 2022 (approval number: 20220126).Based on the results of wheat complex of shuidi formation in the south of Huanghuai winter wheat region (Wanken Combination Test) from 2018 to 2021, the breeding process, characteristics and yield performance of Luomai 36 were introduced. Moreover, the cultivation techniques were elaborated. The results showed that Luomai 36 was MSS to strip rust, and MR to leaf rust. The main quality index reached the standard of medium-strong gluten wheat varieties, which had high and stable productivity. In 3 group trials of 3 consecutive years, Luomai 36 had less variation degree and regression coefficient, and the regression coefficient was close to 1. It has strong adaptability in various trials and is suitable for planting in Huanghuai area.

Key Words: Wheat; Luomai 36; Breeding; Characteristic; Cultivation technique

（上接第 61 页）

[10] 张志芬,付晓峰,刘俊青,等. 用 GGE 双标图分析燕麦区域试验品系产量稳定性及试点代表性[J]. 作物学报,2010,36(8):1377-1385.
[11] 许乃银,张国伟,李　健,等. 基于 GGE 双标图和比强度选择的棉花品种生态区划分[J]. 中国生态农业学报,2012,20(11):1500-1507.
[12] YAN W K,HUNT L A,SHENG Q L,et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot[J]. Crop Science,2000,40(3):597-605.
[13] YAN W K. GGEbiplot-a windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data[J]. Agronomy Journal,2001,93(5):1111-1118.
[14] 杨　林. 冬小麦分蘖数、单株穗数及部分品质性状的 QTL 分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
[15] 王绍中,赵　虹,王西成,等. 小麦超高产品种筛选的研究初报[J]. 作物学报,1998,24(6):870-875.
[16] 赵　倩,姜鸿明,孙美芝,等. 山东省区试小麦产量与产量构成因素的相关和通径分析[J]. 中国农学通报,2011,27(7):42-45.

Analysis of High, Stable Yield and Yield Composition of New Wheat Variety Huaimai 1033

DU Yingying, ZHOU Yangmei, WANG Anbang, YANG Zibo, ZHANG Yong, GU Zhengzhong
(Jiangsu Xuhuai Area Huaiyin Institute of Agricultural Sciences / Huai'an Key Laboratory of Agricultural Biotechnology, Huai'an 223001, China)

Abstract: Huaimai 1033 a new wheat variety bred by Jiangsu Xuhuai Area Huaiyin Institute of Agricultural Sciences. In this study, the high yield, stable yield, adaptability and yield composition of Huaimai 1033 were analyzed by the regional test data of Shuidi group in south Huanghuai of national winter wheat cultivar experiment from 2017 to 2019. The results showed that the average panicle number of Huaimai 1033 was 6.058 8 million/hm^2, the number of grains per spike was 33.43, the 1 000-grain weight was 42.83 g, the seed setting rate was 71.43%, and high stability coefficient was 85.7%. During 2017-2018, Huaimai 1033 ranked second in yield and third in stability, and had good performance in 16 pilot projects. The yield of Huaimai 1033 was positively correlated with the whole growth period, plant height, effective spike number and number of grains per spike, and effective spike number of Huaimai 1033 had the greatest direct effect on yield. Therefore, in the production of Huaimai 1033, the effective spike number should be ensured under the cooperation of good cultivation technology. The advantage of multiple spikes should be fully utilized. The number of grains per panicle and thousand grain weight should be appropriately increased. The three factors of yield composition should be taken into account.

Key Words: Huaimai 1033; High yield; Stable yield; Wide adaptability; GGE biplot

杨　辉,简俊涛,王清华,等. 高产稳产小麦新品种宛麦 1326 的主要特征特性分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):66-70,79. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.013.

高产稳产小麦新品种宛麦 1326 的主要特征特性分析

杨　辉[1],简俊涛[1],王清华[1],袁　璋[1*],李玉鹏[1],张　彬[1],胡卫丽[1],谢彦周[2],李学军[2]
(1. 南阳市科学院,河南 南阳 473000;2. 西北农林科技大学农学院 / 旱区作物逆境生物学国家重点实验室,陕西 杨凌 712100)

摘要:为全面了解宛麦 1326 特征特性和生产利用价值,利用宛麦 1326 参加河南省小麦区域试验和生产试验的数据,分析比较宛麦 1326 和对照品种郑麦 113 的区域试验和生产试验产量、产量构成要素、适应性等。结果显示,2017—2018 年度、2018—2019 年度宛麦 1326 在区域试验中平均产量分别为 6 234.0、8 377.5 kg/hm^2,分别较对照郑麦 113 增产 3.5%、3.3%。宛麦 1326 在 2 年区域试验的静态稳定性和普遍适应性分析显示,试验变异系数分别为 11.17%、8.05%,均小于对照品种郑麦 113。因此,宛麦 1326 是一个稳定性好、产量潜力大、抗逆性强的小麦品种,适宜在河南省高中水肥地块中晚茬大面积种植。

关键词:小麦品种;宛麦 1326;稳产多抗;适应性
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240028

黄淮南片麦区常年小麦播种面积和产量占全国的 40%以上,而河南省南部南阳盆地麦区,常年小麦种植面积 66.7 万 hm^2 左右,约占河南小麦种植面积的 13%,总产量 35.5 亿 kg 左右,是我国粮食生产核心主产区[1-3]。该区属北亚热带季风型大陆性气候,气候独特,处于长江中下游麦区与黄淮南片麦区过渡地段[4-5]。近年来受全球气候变暖的影响,冬春季干旱和冻害频繁发生,此外小麦灌浆后期及收获期易频发降雨,不利于小麦的安全生产。如 2023 年黄淮南片麦区(河南省大部分地区)在收获前期连续降雨,部分地区因小麦穗发芽现象的出现,产量损失较重。伴随秸秆还田、旋耕浅耕等耕作制度的改变,小麦条锈病、赤霉病、纹枯病、茎基腐病呈现加重发生趋势,严重影响小麦安全生产;2016、2017、2021 年河南省小麦赤霉病、锈病、茎基腐病偏重发生,部分重发区域小麦产量损失较重,这对小麦新品种在抗性水平提出更高的要求。简俊涛等通过对南阳地区种植的"西农"系列和"宛麦"系列小麦新品系研究发现,适当的早熟对抗病性和后茬作物等比较有利[6],选育高产多抗早熟小麦新品种对当地小麦生产意义重大[7]。

南阳市农业科学院选用课题组材料宛 110160 作为母本、开麦 21 作为父本进行杂交,后续使用系谱法进行新品种选育,最终选育出宛麦 1326,该品种在 2021 年通过河南省审定(审定编号:豫审麦 20210024)。宛麦 1326 兼具高产、早熟和多抗的优良特性,在河南省中南部麦区目前已累计种植 4.3 万 hm^2。本文依据 2017—2020 年河南省春水组区域试验和生产试验的数据,对宛麦 1326 的丰产性和适应性进行分析,明晰其生产潜能,充分发挥宛麦 1326 自身优势,最终为生产推广提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

采用 2017—2020 年河南省小麦品种(春水组)区域试验、生产试验汇总数据,共包括河南省 3 年、29 个新品系、43 点次试验结果为试验数据。试验对照品种为郑麦 113(审定编号:豫审麦 2015016),属弱春性中早熟品种,由河南省农业科学院小麦研究所提供。

1.2　统计分析方法

数据处理使用全国农技推广中心开发的软件"区试 99"。品种产量差异显著性使用方差分析和新复极差测验;品种的静态稳定性使用均值 - 变异系数法(CV),CV 值越小,品种产量稳定受环境影响

收稿日期:2024-03-14;修回日期:2024-08-05。
基金项目:国家现代农业产业技术体系(nycytx-03);旱区作物逆境生物学国家重点实验室开放课题(CSBAAKF2021003);西北农林科技大学南阳小麦试验示范站建设项目。
作者简介:杨　辉(1976—),男,副研究员,主要从事小麦新品种选育与高产栽培研究。Email: 13721807607@163.com。
* 通信作者:袁　璋(1976—),男,博士,副研究员,研究方向为农业产业政策、农业科研管理。Email: yuanzhang2020@163.com。

小;品种稳定性和适应性的分析,通过品种离优度(P_i)和最优品种互作(PGEi),当 P_i、PGEi 值越小时,表明该品种与最优品种越接近以及在不同环境上与最佳品种的变化趋势越接近[8-9]。适应度表示品种的普遍适应性,即品种在各试点超过平均产量的试点数占试点总数的百分比。

利用 Excel 2003 绘制品种散点图,SPSS 22.0 数据处理系统进行相关系数和通径统计分析。

2　结果与分析

2.1　宛麦 1326 产量分析

宛麦 1326 在河南省小麦品种区域试验（春水组）方差分析和显著性测验见表 1、表 2。2017—2018 年度总误差变异系数 3.570%、2018—2019 年度总误差变异系数 4.425%,各变异来源的 F 测试除试点内区组都达到显著水平,进一步分析宛麦 1326 和对照种郑麦 113 产量差异的显著性,分析结果列于表 3。

由河南省小麦春水组区域试验和生产试验结果汇总见表 3。2017—2018 年度宛麦 1326 区域试验,14 个试验点中 12 个试验点较对照郑麦 113 增产，试验平均产量 6 234.0 kg/hm^2，比对照种增产 3.5%,居参试小组第 7 位,达显著水平。2018—2019 年度区域试验中,14 个试验点中 12 个试验点较对照郑麦 113 增产,试验平均产量 8 377.5 kg/hm^2,比对照种增产 3.3%,居参试小组第 8 位,达显著水平。2019—2020 年度生产试验,15 个试验点中 14 个试验点较对照郑麦 113 增产，试验平均产量 8 245.5 kg/hm^2,比对照品种增产 4.4%,居参试小组第 3 位。综上,宛麦 1326 3 年试验 43 点次汇总,38 点次增产,宛麦 1326 与对照种郑麦 113 相比,是一个灾害年份(2017—2018 年)产量稳定、丰产年份(2018—2019 年)产量潜力大的品种。

表 1　2017—2018 年度河南省小麦区试(春水组)方差分析及显著性测验

变异	自由度(DF)	平方和	均方	F 值	概率($P<0.05$ 显著)
试点内区组	28	8 585.846	306.637	1.401	0.089
品种	13	1 081 057.250	83 158.250	103.432	0
试点	12	45 195.430	3 766.286	4.685	0
品种×试点	156	125 421.984	803.987	3.672	0
误差	336	73 563.492	218.939		
总变异	545	1 333 824.000			

注:误差变异系数 CV(%)=3.570%。

表 2　2018—2019 年度河南省小麦区试(春水组)方差分析及显著性测验

变异	自由度(DF)	平方和	均方	F 值	概率($P<0.05$ 显著)
试点内区组	28	24 349.867	869.638	1.403	0.092
品种	13	957 059.750	73 619.984	46.746	0
试点	9	51 857.145	5 761.905	3.659	0
品种×试点	117	184 264.438	1 574.910	2.540	0
误差	252	156 252.797	620.051		
总变异	419	1 373 784.000			

注:误差变异系数 CV(%)=4.425%。

2.2　宛麦 1326 产量构成因素分析

宛麦 1326(y_1)和对照品种郑麦 113(y_2)产量性状显著水平均大于 0.050（Kolmogorov-Smirnov 检验），产量性状均符合正态分布。对二者进行回归分析,产量、穗数、穗粒数和千粒质量分别用 y、x_1、x_2 及 x_3 代表,宛麦 1326 的线性方程为 y_1=685.027+6.459 x_1+3.892 x_2−11.266 x_3,其中 x_1、x_2、x_3 对 y_1 直接作用通径系数分别为 0.545、0.405 和 0.461;郑麦 113 的线性方程为 y_2=138.832+6.740 x_1+9.614 x_2−3.607 x_3,其中 x_1、x_2、x_3 对 y_2 的直接作用通径系数分别为 0.520、

0.703 和 0.127。产量 3 要素显著性检验的偏回归系数均小于 0.050，穗数、穗粒数、千粒质量这 3 要素与产量之间存在显著性差异，如表 4 列出间接通径系数、相关系数和直接通径系数。

由表 4 可知，宛麦 1326 在构成产量的穗数、穗粒数和千粒质量 3 要素中，穗数的直接作用最大，穗粒数的直接作用最小，千粒质量的直接作用居于中间。宛麦 1326 穗数对穗粒数产生负值的间接作用，其值为 –0.194，穗粒数也同时对穗数产生负的间接作用，其值大小为 –0.144。宛麦 1326 穗数的直接通径系数较大，起负效应的间接通径系数也相对较大，穗数是宛麦 1326 产量形成的主要影响因素。对照品种郑麦 113 在产量要素对产量影响上不同于宛麦 1326，其中穗粒数的直接作用最大，其次是穗数，千粒质量的影响最小。郑麦 113 穗粒数通过千粒质量产生较大负值（–0.359）、穗粒数通过穗数产生较大负值（–0.225）的影响，此外穗数通过穗粒数及千粒质量通过穗粒数均产生负值。郑麦 113 穗粒数和千粒质量及穗粒数和穗数相互作用对产量消极影响较大，产量因素间协调性较差，宛麦 1326 穗数对产量直接作用最大，相比郑麦 113 而言，尽管穗数对穗粒数产生负效应，但负效应值也不是太大。此外，穗数对千粒质量和千粒质量对穗数均产生正的效应，足见相比郑麦 113，宛麦 1326 在产量形成的穗数、穗粒数、千粒质量这 3 要素较为协调，这也是宛麦 1326 具有自我调节能力强、丰产性好、抗逆性强的基础。

表 3　宛麦 1326 产量表现及多重比较结果

年份	品种	平均产量 /（kg/hm²）	位次	增产点次	较对照增/%	0.05 显著性
2017—2018 年（区域试验）	宛麦 1326	6 234.0	7/13	12/14	3.5	bc
	郑麦 113	6 022.5	11/13	—	—	de
2018—2019 年（区域试验）	宛麦 1326	8 377.5	8/10	12/14	3.3	bc
	郑麦 113	8 107.5	10/10	—	—	d
2019—2020 年（生产试验）	宛麦 1326	8 245.5	3/6	14/15	4.4	—
	郑麦 113	7 900.5	5/5	—	—	—

表 4　小麦产量因素间相关系数及通径系数

品种名称	变量	相关系数				直接通径系数	间接通径系数			
		y	x_1	x_2	x_3		x_1	x_2	x_3	合计
宛麦 1326	y_1	1.000	0.372	0.210	–0.427	—	—	—	—	—
	x_1	0.372	1.000	–0.356	0.062	0.545	—	–0.194	0.033	–0.161
	x_2	0.210	–0.356	1.000	0.002	0.405	–0.144	—	0.001	–0.143
	x_3	–0.427	0.062	0.002	1.000	0.461	0.028	0.001	—	0.029
郑麦 113（CK）	y_1	1.000	0.300	0.601	–0.507	—	—	—	—	—
	x_1	0.300	1.000	–0.320	–0.042	0.520	—	–0.166	–0.022	–0.188
	x_2	0.601	–0.320	1.000	–0.510	0.703	–0.225	—	–0.359	–0.583
	x_3	–0.507	–0.042	–0.510	1.000	0.127	–0.005	–0.065	—	–0.070

2.3　宛麦 1326 的适应性分析

2.3.1　宛麦 1326 区域试验年际产量分布分析。2018—2019 年度，宛麦 1326 区域试验产量 14 点次，平均产量 8 377 kg/hm²，最高产量 9 628.5 kg/hm²。14 点次中产量超过 7 500 kg/hm² 有 12 点次，占比 85.7%；产量超过 8 250 kg/hm² 有 10 点次，占比 71.4%。对照品种郑麦 113 平均产量 8 107.5 kg/hm²，宛麦 1326 有 10 点次产量超平均值，占比 71.4%（图 1）。2017—2018 年度，宛麦 1326 区域试验产量 11 点次，平均产量 6 504 kg/hm²，最高产量 7 063.5 kg/hm²。对照品种郑麦 113 平均产量 6 022.5 kg/hm²，宛麦 1326 有 9 点次产量超平均值，占比 81.8%（图 2）。2 年产量汇总结果，2017—2018 年度产量显著低于 2018—2019 年度，主要原因是 2017—2018 年河南省小麦生育期间，遭遇超期晚播、晚霜冻害、条锈病赤霉病危害严重、灌浆后期

早衰等不利因素影响，产量降低。宛麦 1326 产量减少 1 873 kg/hm²，对照品种郑麦 113 产量减少 2 084.5 kg/hm²，减产幅度小于对照品种。

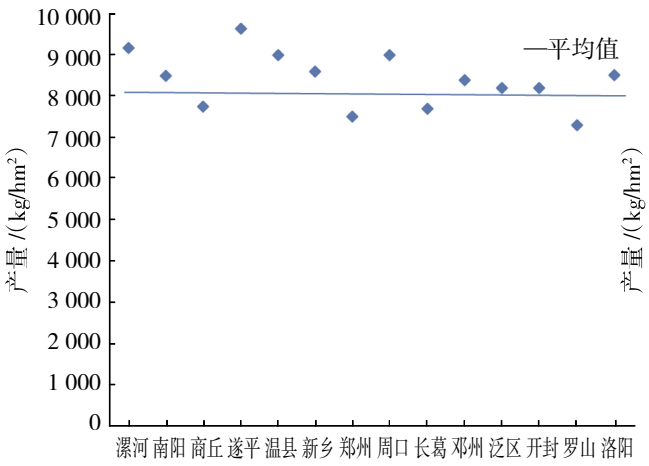


图 1　2018—2019 年度宛麦 1326 在各试点的产量分布

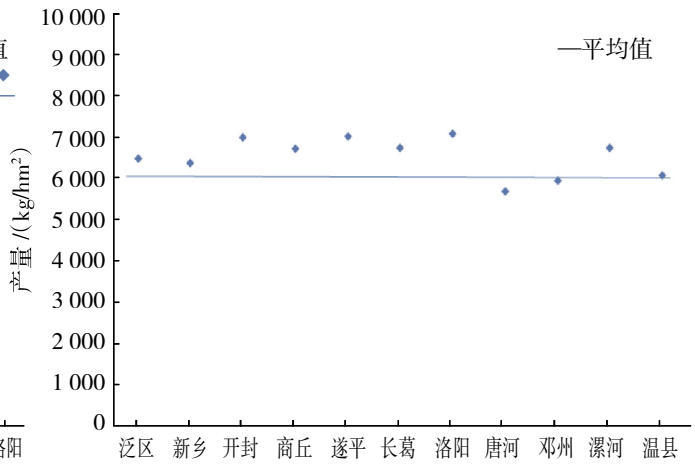


图 2　2017—2018 年度宛麦 1326 在各试点的产量分布

2.3.2　宛麦 1326 静态稳定性和普遍适应性分析。由表 5 知，宛麦 1326 的 2 年区试验均值变异系数分别为 11.17%和 8.05%，小于对照品种郑麦 113，在参试品种中处于较低水平。说明宛麦 1326 的产量在不同试验点产量变幅小，静态稳定性好于对照种。根据宛麦 1326 的 2 年区域试验结果适应度分别为 50.00%和 64.29%，均超过对照，表明宛麦 1326 具有较好的适应性。宛麦 1326 在区域试验中的 2 个年度的离优度（P_i）分别为 612.156 和 900.527，对照郑麦 113 的离优度分别为 1 097.947 和 1 567.613，每个年度宛麦 1326 的离优度（P_i）均小于郑麦 113，表明宛麦 1326 在多个试验点有较好的适应性。宛麦 1326 在 2 个区域试验年度中与最优品种互作（PGEi）值分别为 3 234.783 和 4 375.550，在同一试验组中数值较小，表明宛麦 1326 产量与最优品种在各试点变化趋势趋同[10]。

2.4　宛麦 1326 抗性及主要品质指标分析

2.4.1　品质指标。区域试验品质测定（表 6）结果，2018、2019 年宛麦 1326 蛋白质（干基）含量分别为 14.7%、14.2%，容重分别为 774、801 g/L，湿面筋质量分数分别为 31.4%、30.8%，吸水率分别为 59.4%、60.1%，稳定时间分别为 2.7、3.0 min，拉伸面积分别为 78、27 cm²，最大拉伸阻力分别为 254、112 E.U.。

2.4.2　抗病性。区域试验抗病性鉴定（表 6）结果：宛麦 1326 的 2017—2018 年鉴定结果为中抗条锈病和白粉病，高感叶锈病和赤霉病，中感纹枯病；2018—2019 年鉴定，中感条锈病和纹枯病，高感叶锈病和赤霉病，中抗白粉病。

表 5　宛麦 1326 与郑麦 113 在区试中的变异系数及离优度（P_i）值与最优互作（PGEi）值

试验年份	品种	变异系数（CV）/%	适应度 /%	P_i 值	PGEi 值
2017—2018	宛麦 1326	11.17	50.00	612.156	3 234.783
	郑麦 113	12.02	14.29	1 097.947	3 208.455
2018—2019	宛麦 1326	8.05	64.29	900.527	4 375.550
	郑麦 113	10.53	7.14	1 567.613	2 822.990

表 6　宛麦 1326 区域试验主要品质指标和病害鉴定结果

年份	容重 /（g/L）	蛋白质（干基）含量 */%	湿面筋含量 */%	吸水率 /%	稳定时间 /min	拉伸面积 /cm²	最大阻力 /E.U.	条锈病	叶锈病	白粉病	纹枯病	赤霉病
2017—2018	774	14.7	31.4	59.4	2.7	78	254	MR	HS	MR	MS	HS
2018—2019	801	14.2	30.8	60.1	3.0	27	112	MS	HS	MR	MS	HS

注：* 含量均为质量分数，MR 为中抗，MS 为中感，HS 为高感。

3　讨论与结论

生产应用考验小麦新品种综合产量水平、产量稳定性、抗病性及品质，多点多年试验能有效鉴定品种在多种环境下适应性、丰产性及稳产性[11-13]。小麦的产量主要由穗数、穗粒数和千粒质量 3 个要素组成，在对宛麦 1326 产量形成 3 要素的分析中发现，穗数对产量的影响最大。河南省作为黄淮麦区小麦生产的主战场，其小麦生长发育表现出全生育期长、幼穗分化期长而籽粒灌浆期较短的“两长一短”特性。宛麦 1326 在保障基本苗的基础上冬前促壮苗形成，在返青拔节期注重肥水运筹确保多蘖、大蘖利于穗数形成，最终为小麦丰产打好基础。本研究中 2017—2018 年度所有参试品种产量水平显著低于 2018—2019 年度，相比正常年份其产量 3 要素总体偏低，主要原因在于 2017—2018 年度河南省小麦生育期间特殊的气候条件。2017—2018 年麦播前，多天的连阴雨造成播种期推迟，小麦出苗后又遭遇强寒流降温，不利于冬前壮苗的形成，小麦冬前群体较偏小。小麦返青期气温较常年偏低发生，返青起身较慢，春生分蘖偏少。在小麦拔节期温度回升迅猛，小麦拔节迅速，两极分化偏快，造成分蘖成穗率降低，成穗数降低。小麦孕穗期对低温敏感，如遇到极端低温天气，容易出现晚霜冻害，严重时能够造成幼穗冻死，大部分小麦品种表现出不同程度的缺粒或缺位，2023 年河南部分地区在 3 月中旬出现降温，部分早播小麦品种出现冻害，穗粒数减少。此外，在灌浆前期阴雨天气过多，低温寡照，不利于灌浆；灌浆中后期，气温突升，田间湿度较大，高温高湿导致小麦叶片功能和根系活力降低，大部分品种出现早衰现象，灌浆提前终止，灌浆期较正常年份偏短。收获期遭遇降雨，发生穗发芽和部分种子萌动，造成秕籽粒，容重低，千粒质量下降。总体而言，2017—2018 年产量构成 3 要素及产量显著下降。

一般冬性小麦品种播期弹性大，部分弱春性小麦早播容易造成冻害的发生，易误认为春性小麦品种抗寒性差，造成种子企业及小麦种植主体偏爱偏冬性小麦品种。近年随着审定小麦品种数目的增多，部分春性品种抗寒性较好。宛麦 1326 虽为弱春性品种，但生产实践表明弱春性品种完全能实现早播无冻害，晚播不减产。2021—2022 年，南阳市富克家庭农场 2021 年 12 月 6 日生姜收获后播种宛麦 1326，在极端晚播的条件下 0.6 hm^2 实收单产 6 885 kg/hm^2。2022—2023 年河南省北部的濮阳、新乡等地冬季极端气温在 -10 ℃左右，宛麦 1326 适期播种没有出现冬季冻害。在品种利用上，种子管理部门建议在南阳市晚玉米及甘薯等中晚茬地优先选用弱春性或半冬性偏弱春性的小麦品种，宛麦 1326 播期弹性大、高产稳产能够满足茬口需求。广适性好、产量稳定且丰产性好的小麦品种利于开展配套栽培技术的使用和推广[14]。在区域试验和生产试验中宛麦 1326 稳产性、适应性好，不同年份试点间产量波动较小，这些突出优势利于宛麦 1326 的推广利用。宛麦 1326 在多年生产中的应用也表明，该品种稳定性好、产量潜力大、抗逆性强，适宜在河南省高中水肥地块中晚茬大面积种植。

参考文献：

[1] 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.

[2] 简俊涛,杨　辉,王清华,等. 条锈菌冬繁区南阳盆地小麦品种(系)抗条锈病状况与抗病育种对策[J]. 江苏农业科学,2023,51(20):115-121.

[3] 曹廷杰,胡卫国,赵　虹,等. 国审小麦品种‘百农 207’适应性分析[J]. 分子植物育种,2021,19(20):6876-6883.

[4] 赵广才. 中国小麦种植区划研究(一)[J]. 麦类作物学报,2010,30(5):886-895.

[5] 赵广才. 中国小麦种植区划研究(二)[J]. 麦类作物学报,2010,30(6):1140-1147.

[6] 简俊涛,李玉鹏,张　震,等. 南阳地区“西农”系列、“宛麦”系列小麦新品系抗性与产量性状分析[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2017,45(3):1-5.

[7] 杨　辉,李中恒,王清华. 南阳市小麦育种发展方向探讨[J]. 农业科技通讯,2015(12):25-26,29.

[8] 孔繁玲,张群远,葛知男,等. 作物品种区域试验的试验精确度和品种比较精确度[J]. 中国农业科学,2001,34(3):266-271.

[9] 曹廷杰,胡卫国,赵　虹,等. 国审小麦品种‘百农 207’适应性分析[J]. 分子植物育种,2021,19(20):6876-6883.

[10] 曹廷杰,王西成,赵　虹. 国审小麦新品种周麦 18 号丰产性、稳产性及适应性分析[J]. 中国农业科技导报,2007,9(1):39-41.

[11] 曹廷杰,王西成,赵　虹,等. 国审小麦新品种周麦 23 丰产性、稳产性、适应性及产量结构分析[J]. 种子,2010,29(3):115-116.

[12] 于　沐,周秋峰,高宏伟. 小麦新品种宝景麦 161 的主要

（下转第 79 页）

郭爱奎,沈会权,梁志浩,等. 高产高适啤酒大麦新品种盐麦 6 号的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):71-75. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.014.

高产高适啤酒大麦新品种盐麦 6 号的选育及栽培技术

郭爱奎,沈会权*,梁志浩,李宇星,杨红燕,徐　肖,汪　强,程怡璠,于文青,薛　松,乔海龙,张英虎
(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224000)

摘要:盐麦 6 号是由江苏沿海地区农业科学研究所以东江 2 号为母本、苏啤 3 号为父本于 2008 年杂交组配(盐 08218),历经 7 年选育而成的耐盐啤酒大麦新品种,品种权号为 CNA20184556.6。2019 和 2020 年参加江苏省大麦多点鉴定试验,产量分别位居参试品系第 3 位和第 1 位,较对照增产 5.84%和 10.09%。2015 和 2016 年参加大麦新品系耐盐鉴定试验,2 年产量均居参试品系第 1 位,分别为 5 250.0、4 875.0 kg/hm^2。盐麦 6 号高产、高抗黄花叶病,可在江苏省及黄淮地区广泛种植。

关键词:耐盐啤酒大麦;盐麦 6 号;品种选育
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240034

自改革开放以来,我国啤酒销量不断增长,至 2013 年增长了近 127 倍,2013 年后我国传统啤酒的消费及产量一直处于下滑状态,但精酿啤酒等品质化啤酒逐渐增加[1]。大麦作为啤酒酿造的主要原料,我国大麦的产量很大程度无法满足麦芽原料的需求。此外,随着我国畜牧业的发展,对于饲料大麦的需求也大幅提升,因此,我国需要大量进口大麦以满足国内需求。近年来,我国大麦进口量连续攀升,联合国粮农组织(FAO)数据显示,2021 年我国从澳大利亚、法国、乌克兰、阿根廷等国家进口大麦约 1 248 万 t,进口依存度高达 93.27%,创历史新高[2]。较高的进口依赖也加大了大麦进口的风险。另外,地缘政治摩擦也给大麦进口带来了较大的困扰,俄罗斯和乌克兰 2 国的大麦出口量占全球大麦总出口量的 27%,俄乌军事冲突给国际大麦市场造成较大的波动[3]。此外,国际贸易倾销和反贸易倾销,也给大麦进口带来较大的挑战。例如,2015—2018 年澳大利亚对大麦实行低价倾销政策,导致我国大麦产业发展受到打压,2020 年 5 月 19 日我国商务部对澳大利亚进口大麦加征双反(反倾销、反补贴)关税[4]。因此,发展国产大麦,降低大麦进口依赖度,有助于保障我国大麦供给安全和相关产业的平稳发展[5]。

为保障粮食安全,小麦、水稻、玉米等主粮作物占据了我国绝大多数耕地。大麦作为最早被驯化的粮食作物,因其抗逆性强、适应性广,具有抗旱、耐贫瘠、耐盐碱等特性[6-7],在 20 世纪 60 年代前曾作为我国部分居民的主要口粮作物[8]。随着人们生活水平的提高,白面、大米代替了粗粮成为主食,加之种植的比较效益低,我国大麦的种植面积逐渐下降,根据国家统计局数据显示(不包括青稞),我国大麦种植从 2004 年的年播种面积 78.5 万 hm^2 下降到 2018 年的 26.2 万 hm^2[9]。不断增加的大麦需求与日益减少的种植面积成为当下我国大麦发展的主要矛盾。为此,国家大麦青稞产业体系提出了用好“三块地(盐碱地、林下地、边际地)”的发展战略。江苏盐城拥有沿海滩涂地 45.5 万 hm^2,并且每年都在扩大。大麦作为盐碱地改良的先锋作物[10-13],可在江苏沿海地区盐碱地改良中发挥重要作用。2003—2022 年,江苏省总共申请大麦品种权 89 件,授权 47 件[14],品种选育倾向于啤酒大麦的品质和产量,对于专用耐盐碱型啤酒大麦品种的选育相对较少。因此,选育优质、耐盐啤酒大麦新品种意义重大。

1　盐麦 6 号品种选育

盐麦 6 号(原系谱号 08218)是由江苏沿海地区农业科学研究所于 2008 年以东江 2 号为母本、苏

收稿日期:2024-03-25;修回日期:2024-07-22。
基金项目:国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05);江苏现代农业(特粮特经)产业技术体系盐城推广示范基地[JATS (2023)214];盐城市科技局项目(YCBK2023023、YCBK2023065)。
作者简介:郭爱奎(1994—),男,硕士,研究实习员,主要从事大麦遗传育种工作。 Email: gak16609326125@163.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。

啤 3 号为父本进行人工杂交配组，经过 7 年的连续选择，2015 年定型稳定，是具有完全自主知识产权的啤酒大麦新品种。

2008 年 4 月由东江 2 号和苏啤 3 号杂交组合，组合编号为盐 08218。2008 年杂交组合 F_1 秋播种植于江苏沿海地区农业科学研究所大麦选种圃（以下简称“选种圃”）；2009 年 F_2 种植于选种圃，在 4 200 多株的群体中选拔优良单株 30 株，经性状鉴定、评估[15]后保留 16 株；2010 年秋播成 16 株行，参照苏啤 3 号进行性状鉴定，选择 23 个单株；2011 年种植成 23 株行，重复上年工作，选择 18 个单株；2012 年从 18 个株行选择 16 个单株；2013 年从 16 个株行选择 12 个单株；2014 年秋播成 12 个株行，其中 1 个株行表现良好，升级进入下年鉴定试验。2015 年升级的 1 个株行参加大麦新品系生产及耐盐鉴定试验；2016 年参加大麦新品系生产及耐盐性比较试验；2018 年申请植物新品种权时定名为盐麦 6 号，品种权号为 CNA20184556.6；2019 和 2020 年参加江苏省大麦多点鉴定试验（表 1）。

表 1　盐麦 6 号系谱及选育过程

年度	世代	选育过程
2008	东江 2 号 × 苏啤 3 号	配组
2008—2009	F_1	混收
2009—2010	F_2	4 200 多株的群体选优良单株 30 株，经筛选保留 16 株
2010—2011	F_3	经比较，从 16 个株行选择 5 个株行，从 5 个株行中筛选出 23 个单株
2011—2012	F_4	种植 23 个株行，通过性状调查比较，从 23 个株行中挑选 18 个单株
2012—2013	F_5	种植 18 个株行，通过性状调查比较，从 18 个株行中挑选 16 个单株
2013—2014	F_6	种植 16 个株行，通过性状调查比较，从 16 个株行中挑选 12 个单株
2014—2015	F_7	种植 12 个株行，通过性状调查比较，其中 1 个株行表现良好，进行升级
2015—2016	品系鉴定试验	平均产量 6 958.5 kg/hm^2，较对照苏啤 3 号增产 5.2%
2016—2017	品系比较试验	平均产量 7 500.0 kg/hm^2，较对照苏啤 3 号增产 8.5%

2　盐麦 6 号主要特征特性

2.1　农艺性状佳

盐麦 6 号，二棱皮大麦，半冬性，生育期 200 d 左右。幼苗半匍匐，株型紧凑，植株半矮秆，平均株高 89.0 cm 左右，叶绿色，叶片蜡质中等，叶姿直立，叶耳红色；穗芒长直齿，平均穗长 6.7 cm，每穗结实 27.8 粒，单株有效穗数 4 个，单株粒质量 4.45 g，千粒质量 41.1 g；粒径大、黄色，粒椭圆饱满（图 1）。

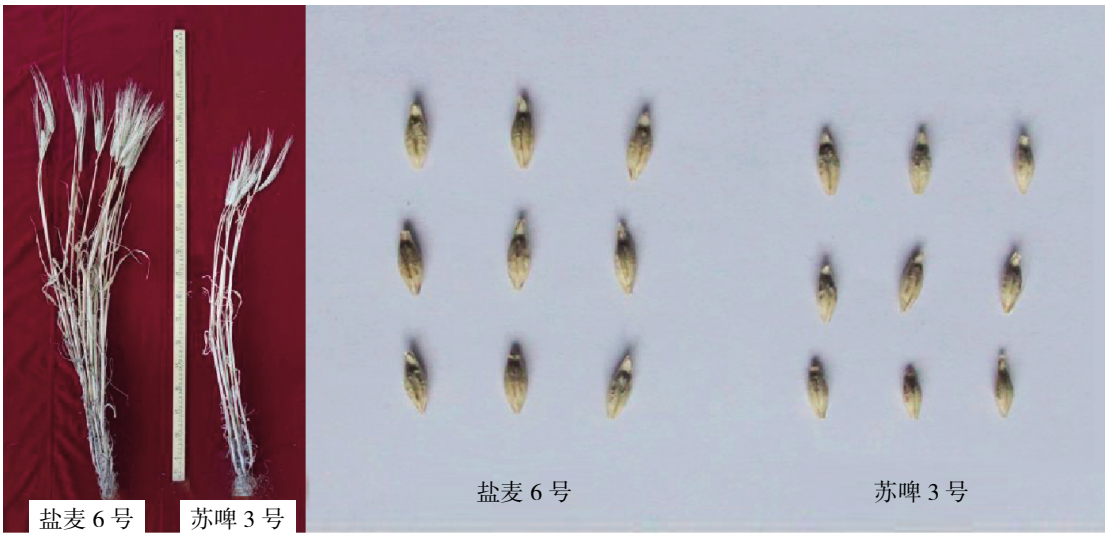


图 1　盐麦 6 号与苏啤 3 号的株高及籽粒比较

2.2　酿造品质高

根据中国食品发酵工业研究院酿酒技术中心检测结果，盐麦 6 号原麦芽指标：千粒质量 41.1 g，3 d 发芽率 95%，5 d 发芽率 95%，水敏感性 8%，蛋白质质量分数 14.1%，饱满度（粒径≥2.5 mm）90.8%（表 2）；麦芽指标：浸出物质量分数 80.7%，α－氨基氮质量分数 1 780 mg/kg，库尔巴哈值 42.6%，色度 5.0 EBC，糖化力 337 WK（表 3）。

表 2　盐麦 6 号原麦芽品质

指标	GB/T 7416—2008《啤酒大麦》分级标准			盐麦 6 号
	优级	一级	二级	
千粒质量（以干基计）/g	≥38.0	≥35.0	≥32.0	41.1
3 d 发芽 /%	≥95	≥92	≥85	95
5 d 发芽率 /%	≥97	≥95	≥90	95
蛋白质质量分数（以干基计）/%	10.0 ~ 12.5	10.0 ~ 12.5	9.0 ~ 13.5	14.1
饱满度（腹径≥2.5 mm）/%	≥85.0	≥80.0	≥70.0	90.8

表 3　盐麦 6 号麦芽品质

指标	QB/T 1686—2008《啤酒麦芽》分级标准			盐麦 6 号
	优级	一级	二级	
浸出物质量分数（以干基计）/%	≥79.0	≥77.0	≥75.0	80.7
α－氨基氮质量分数（以干基计）/（mg/100 g）	≥150	≥140		178
库尔巴哈值 /%	40 ~ 45		38 ~ 47	42.6
煮沸色度 /EBC	≤8.0	≤9.0	≤10.0	5.0
糖化力 /WK	≥260	≥240	≥220	337

2.3　高产、耐盐、适应性广

2015 年大麦新品系耐盐性鉴定试验，在土壤含盐量（质量分数，下同）为 0.3%左右的试验区，盐麦6 号的产量为 5 250.0 kg/hm²，位居 28 个参试品系第 1 位；2016 年大麦新品系耐盐性鉴定试验中，盐麦 6 号的产量为 4 875.0 kg/hm²，位居 15 个参试品系第 1 位。经试验发现盐麦 6 号耐盐性强，越冬性较好，适应性强，高抗黄花叶病，中抗赤霉病和网斑病，可以在江苏省及黄淮地区冬大麦产区种植。

盐麦 6 号在 2019—2020 年度江苏省大麦多点鉴定试验中平均产量为 7 881.62 kg/hm²，较对照增产 5.22%，产量位居参试品系第 3 位（表 4）；在 2020—2021 年度江苏省大麦多点鉴定试验中平均产量为 7 982.72 kg/hm²，较对照增产 7.06%，产量位居参试品系第 1 位（表 5）。

表 4　盐麦 6 号 2019—2020 年度江苏省大麦多点鉴定试验产量及产量性状

试点	穗数 /（万个 /hm²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 /g	小区产量 /kg			产量 /（kg/hm²）	较对照增产 /%
				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
江苏沿江地区农业科学研究所	802.50	27.50	44.10	7.71	7.23	7.79	7 577.40	－1.18
扬州大学	829.40	29.93	44.61	5.24	5.38	5.26	8 826.60	3.84
方强农场	736.50	28.90	39.19	6.10	6.53	5.88	7 478.55	－12.30
江苏沿海地区农业科学研究所	799.50	28.90	38.65	6.25	6.30	6.15	6 236.40	5.09
连云港	766.50	28.20	33.80	9.84	9.63	9.75	7 308.15	2.93
临海农场	882.00	24.90	43.57	8.30	8.30	8.30	8 304.90	14.49
弥港	778.50	29.60	43.40	5.90	6.33	6.23	9 116.85	5.50
五图河	693.60	25.68	41.20	8.20	8.20	8.20	8 204.10	23.41
平均	786.06	27.95	41.07	7.19	7.24	7.20	7 881.62	5.22

表 5　盐麦 6 号 2020—2021 年度江苏省大麦多点鉴定试验产量及产量性状

试点	穗数 /（万个 /hm²）	穗粒数 /（粒 / 穗）	千粒质量 / g	小区产量 /kg			产量 /（kg/hm²）	较对照增产 /%
				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
扬州大学	873.00	23.80	38.78	4.54	4.62	4.54	7 616.25	8.93
江苏沿海地区农业科学研究所	934.50	30.60	34.98	4.70	4.75	4.05	7 762.50	22.73
弶港	855.00	28.10	42.20	6.09	6.04	5.99	8 949.45	7.40
方强农场	888.00	29.10	40.88	5.58	5.75	5.63	8 569.95	6.33
连云港	807.00	26.10	33.90	4.85	4.59	4.86	7 065.30	6.16
江苏沿江地区农业科学研究所	793.50	28.80	40.67	4.66	5.07	4.86	5 542.50	–5.57
临海农场	1 041.00	24.20	34.78	4.13	4.49	4.34	7 210.50	–7.68
滨淮农场	1 114.50	28.00	38.70	6.47	6.79	6.66	11 088.00	34.11
五图河	448.50	30.10	46.83	4.77	4.95	4.74	8 040.00	–8.84
平均	861.67	27.64	39.08	5.09	5.23	5.07	7 982.72	7.06

3　盐麦 6 号栽培技术要点

3.1　种子处理与适期播种

选用籽粒饱满、纯度高于 99%、净度高于 98%、发芽率 90%以上的当年收获的种子。播前晒种 1 ~ 2 d，应避免正午暴晒；利用包衣剂、拌种剂对种子进行处理。在江苏省淮北、安徽、湖北等地区，以 10 月 20 日到 11 月 15 日播种为宜；在江苏省淮南和苏南及上海地区以 11 月上中旬播种为宜。

3.2　合理密植

在适宜的播种期，播种量在 180 kg/hm² 左右，保证基本苗 240 万株 /hm² 左右为宜，适期早播或肥水条件较好的田地，播种量可降至 162 kg/hm²，适期晚播或肥水条件较差，播种量一般高于 200 kg/hm²，保证有效穗数在 825 万 ~ 960 万个 /hm²，可以获得较高产量。

3.3　优化施肥

依据土壤地力，测土配肥，科学施肥。因啤酒大麦原料要求大麦籽粒蛋白质含量低，施肥原则上应采用“基肥为主、适当追肥”。根据盐麦 6 号的生长发育规律和特征特性，施氮量（尿素）为 450 kg/hm²，基追比 7∶3，播种时施足基肥；拔节期适当追肥，占总施氮量 20%，控制株高；孕穗期少量补充氮肥，占总施氮量 10%，土壤含盐量低于 0.2%，P_2O_5 120 kg/hm²，作为基肥 1 次施入；土壤含盐量 0.2% ~ 0.4%，有机肥用量 3 000 kg/hm²，配合使用磷肥（P_2O_5）150 kg/hm²，均作为基肥播种时施入。

3.4　田间管理

开沟理墒，在降雨充沛的地区，播种后及时开沟，确保纵向、横向沟系健全通畅。整治好外三沟，标准为：导渗沟深 1 m，隔水沟深 1.2 m，每 25 ~ 30 m 开挖排水沟，排水沟深 1.5 m，确保灌得进、排得出、降得下；田间竖沟间距 4.0 ~ 4.5 m，沟宽 30 cm，沟深 40 cm；横沟间距 14 ~ 16 m，沟宽 30 cm，沟深 50 cm，田头沟距田头 2 m，沟宽 30 cm，沟深 50 cm。

病害防治，根据田间发病特征对症下药，早发现早治理。合理交替使用作用机理不同的药剂，避免病害抗药理性的发生。长江中下游冬大麦区以大麦病害黄花叶病、白粉病、赤霉病、纹枯病较为常见。当白粉病病叶率达 18% ~ 20%时，可用 15%三唑酮乳油 600 mL/hm² 对水 750 kg 喷洒于发病叶片；赤霉病一般在大麦扬花期发生，可用 50%的多菌灵可湿性粉剂 1 500 g/hm² 对水 750 kg 喷施于发病植株；纹枯病易发时间常见在 3 月中下旬，当大麦病株率达到 15%以上，可用 20%的井冈霉素粉剂 1 300 g/hm² 对水 750 kg 喷施于发病植株，纹枯病的防治一般需要 2 次，间隔 7 ~ 10 d。

防治虫害，长江中下游大麦冬播区主要虫害包括蝼蛄、蚜虫、黏虫。冬播大麦出苗后到越冬前，蝼蛄会啃食大麦地下部分，造成大麦根系断裂、地上部死亡，种子包衣剂、拌种剂可以减轻蝼蛄迫害。蚜虫常发生在大麦扬花灌浆初期，可用 10%吡虫啉可湿性粉剂 300 g/hm² 对水 750 kg 喷施于蚜虫发生田块和尚未发生田块，可阻断和预防蚜虫扩散。黏虫

常发生在大麦开花、灌浆期,应在黏虫幼虫 3 龄盛期用 5%氯氰菊酯乳油 450 ~ 750 mL/hm^2 或 20%氰戊菊酯乳油 300 ~ 450 mL/hm^2 对水 750 kg 喷施于黏虫发生田。

3.5　适期收获

完熟期,当盐麦 6 号有 30% ~ 40%穗子弯曲时,即可收获。过早收获将降低干物质积累同时降低籽粒发芽率;过晚收获已造成种子损失降低产量。收获应选择晴朗天气及时完成,保证籽粒原本色泽,切勿雨期收获。及时脱粒晒干,切不可堆捂,以保证籽粒有较高的发芽率,提高商品性,待籽粒水分含量(质量分数)降至 12%以下时,及时包装入库,干燥保存避免受潮、霉变。

参考文献:

[1] 张远记,林连爽,滕兴强. 高质量发展背景下中国啤酒企业营销模式创新路径研究[J]. 中国酿造,2022,41(6):243-248.

[2] 贾小玲,孙致陆,李先德. 中国大麦进口格局及进口多元化分析[J]. 世界农业,2023(5):57-67.

[3] 赵玉菡,李先德. 乌克兰危机对全球粮食安全的影响与中国应对策略[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2022,21(6):91-103.

[4] 曹芳芳,罗　屹,李先德. 中国对澳大利亚大麦实施反倾销反补贴措施的贸易效应[J]. 中国流通经济,2022,36(8):73-83.

[5] 谭琳元,李先德. 中国大麦供给安全战略研究:中国大麦进口依赖风险及应对策略[J]. 价格理论与实践,2018(11):71-74.

[6] ZOHARY D,HOPF M,WEISS E. Domestication of plants in the old world: the origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin[M]. 4th. Oxford:Oxford University Press,2012.

[7] HAAS M,SCHREIBER M,MASCHER M. Domestication and crop evolution of wheat and barley: genes, genomics, and future directions[J]. Journal of Integrative Plant Biology,2019,61(3):204-225.

[8] 张　琳. 中国大麦供给需求研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2014.

[9] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据:2022 年度数据[EB/OL]. [2024-03-25]. https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01.

[10] BAO L,BAO G Z,ZHANG X,et al. Short-term effects of combined freeze thaw and saline alkali stresses on the physiological response in highland barley (*Hordeum vulgare*) [J]. Functional Plant Biology,2022,49(11):970-979.

[11] LU Y Y,FRICKE W. Diurnal changes in apoplast bypass flow of water and ions in salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. Physiologia Plantarum, 2023,175(4):e13955.

[12] VELARDE-BUENDÍA A M,SHABALA S,CVIKROVA M, et al. Salt-sensitive and salt-tolerant barley varieties differ in the extent of potentiation of the ROS-induced K^+ efflux by polyamines [J]. Plant Physiology and Biochemistry,2012,61:18-23.

[13] CHEN Z W,GUO Z Z,ZHOU L H,et al. Advances in identifying the mechanisms by which microorganisms improve barley salt tolerance[J]. Life,2023,14(1):6.

[14] 刘晓宏,王艳平,汪鸿星,等. 我国大麦新品种权保护现状与分析[J]. 中国种业,2024(3):1-5.

[15] 张　京. 大麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:13-19.

Breeding and Cultivation Techniques of New Malting Barley Variety Yanmai No.6 with High Yield and Suitability

GUO Aikui, SHEN Huiquan, LIANG Zhihao, LI Yuxing, YANG Hongyan, XU Xiao, WANG Qiang, CHENG Yifan, YU Wenqing, XUE Song, QIAO Hailong, ZHANG Yinghu

(Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224000, China)

Abstract: Yanmai No.6 (Yan 08218) is a new salt-tolerant malting barley bred by Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences in 2008 with Dongjiang No. 2 as the maternal parent and Supi No. 3 as the paternal parent after 7 years of breeding, and the variety right number is CNA20184556.6. In 2019 and 2020, Yanmai No.6 participated barley multi-point identification test in Jiangsu Province, and the yield ranked third and first, respectively, with an increase of 5.84% and 10.09% compared with the control. In 2015 and 2016, Yanmai No.6 participated in the salt tolerance identification test of new barley strains, and the yield of the two years ranked first in the test lines, with 5 250.0 kg/hm^2 and 4 875.0 kg/hm^2, respectively. Yanmai No.6 has high yield and high resistance to yellow Mosaic, and can be widely planted in Jiangsu Province and Huanghuai area.

Key Words: Salt-tolerant malting barley; Yanmai No.6; Variety breeding

赵　斌,王　瑞,季昌好,等. 粮草双高型大麦新品种皖饲麦 3 号的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):76-79. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.04.015.

粮草双高型大麦新品种皖饲麦 3 号的选育及栽培技术

赵　斌,王　瑞,季昌好,孙　皓,朱　斌,陈晓东*
(安徽省农业科学院作物研究所 / 农作物品质改良安徽省重点实验室,安徽 合肥 230031)

摘要:皖饲麦 3 号是安徽省农业科学院作物研究所采用系谱法选育而成的粮草双高型饲用大麦新品种。2018—2020 年度参加安徽省多点联合鉴定,平均产量达 480.64 kg/667 m^2,比对照西引二号增产 10.42%。2023 年通过农业农村部非主要农作物品种登记,登记号:GPD 大麦(青稞)(2023)340003。皖饲麦 3 号为春性多棱皮大麦,茎秆粗壮,分蘖力较好,生育期 187 d 左右,株高 90 cm 左右,千粒质量 31 g 左右,籽粒蛋白质含量(质量分数,下同)10.31%,淀粉含量 632.6 g/kg,β-葡聚糖含量 5.01%,综合农艺性状较好,抗倒性强。为充分发挥该品种在安徽省沿淮、江淮地区饲料大麦生产中的作用,系统介绍了其选育过程、特征特性,并提出了以收获青饲草、青贮饲料和籽粒为不同目的的配套高产栽培技术。

关键词:粮草双高;大麦;皖饲麦 3 号;品种特性;栽培技术
中图分类号:S512.3　　**文献标志码**:B　　**文章编号**:1673-6486-20240045

近年来,随着居民对牛、羊等肉类及奶类的消费量日益增长,畜禽养殖业发展迅猛,对优质饲草料的需求也急剧加大[1]。作物青绿秸秆作为青饲青贮原料,已被广泛应用于畜牧养殖[2-5]。大麦是优质饲料作物,具耐瘠、耐旱、早熟、再生强及适应广等优点[6-7]。除籽粒饲用外,其绿色植株营养丰富,蛋白质、维生素 A、维生素 E 及钙、磷等含量均高于玉米[8-11]。按需适时收获大麦绿色植株生产青饲、干草或青贮饲料,能有效解决草食动物冬、春季优质饲草料短缺难题[12-15]。安徽省是畜牧养殖大省,目前该省优质饲草料产能远不能满足养殖需求。因此,选育高产、优质粮草双高型大麦品种,发展大麦饲草料生产,对增加安徽省优质饲草料供给,提高畜禽产品质量与市场竞争力,保障粮食安全,助推该省大麦产业高质量发展具有重要的现实意义。

1　皖饲麦 3 号选育过程

皖饲麦 3 号是安徽省农业科学院作物研究所采用系谱法选育而成的粮草双高型饲用大麦品种。2011 年以盐丰 1 号为母本、通鉴 43 为父本配置组合,利用系谱法连续多代进行单株、单穗选择,2016 年稳定出圃,选育过程见表 1。2018—2020 年参加安徽省多点联合鉴定,2 年度平均产量 480.64 kg/667 m^2,比对照西引二号增产 10.42%(表 2)。2020 年安徽省农业科学院试验地测产,乳熟期大麦饲草鲜质量 3.51 t/667 m^2。2023 年通过农业农村部非主要农作物品种登记,登记号:GPD 大麦(青稞)(2023)340003,同年获得植物新品种权授权,品种权号:CNA20211006601。

2　皖饲麦 3 号特征特性

皖饲麦 3 号为春性六棱皮大麦,幼苗半直立,叶片中绿,穗青绿色,根系发达,茎秆粗壮,分蘖力较好,生物量较高。抗寒力优于一般春性品种,抗旱性、抗倒性、耐肥力较好,条纹病、赤霉病、黄花叶病较轻。皖饲麦 3 号株高 90 cm 左右,穗长 6 cm 左右,穗半直立,小穗排列紧密,穗粒数 60 粒 / 穗左右,千粒质量 31 g 左右,全生育期 187 d 左右。2020 年经中国食品发酵工业研究院酿酒技术中心检测,皖饲麦 3 号籽粒蛋白质含量 10.31%,淀粉含量(质量分数,下同)632.6 g/kg,支链淀粉含量 457.1 g/kg,赖氨酸含量 0.33%,β-葡聚糖 5.01%。2022 年经安徽省农业科学院畜牧兽医研究所饲料安全检测实验

收稿日期:2024-04-28;修回日期:2024-07-24。
基金项目:国家现代农业大麦青稞产业技术体系专项(CARS-05);安徽省财政农业科技成果转化项目(2024ZH007)。
作者简介:赵　斌(1979—),男,硕士,助理研究员,主要从事大小麦遗传育种研究。Email: anzb_0@163.com。
* 通信作者:陈晓东(1981—),男,博士,副研究员,主要从事大小麦遗传育种研究。Email: cxd_429@163.com。

室检验，皖饲麦 3 号乳熟末期植株粗蛋白含量 5.38%，粗纤维含量 26.8%，中性洗涤纤维含量 53.0%，酸性洗涤纤维含量 29.2%，钙含量 0.22%，总磷含量 0.16%。

表 1　皖饲麦 3 号选育过程

年份	世代及选育过程
2011	配置杂交组合盐丰 1 号 × 通鉴 43
2011—2012	F_1 混收
2012—2016	F_2—F_5 代，采用系谱法进行单株、单穗逐代选择
2016—2018	品系比较试验
2018—2020	安徽省多点联合鉴定，2 年度平均产量达 480.64 kg/667 m^2，比对照西引二号增产 10.42%

表 2　2018—2020 年度安徽省大麦联合鉴定皖饲麦 3 号产量表现

年度	产量 /(kg/667 m^2)		增产程度 / %	产量位次	试验点数 / 个	增产点数 / 个
	皖饲麦 3 号	西引二号(CK)				
2018—2019	489.60	451.92	8.34	1	3	3
2019—2020	471.67	418.68	12.66	2	3	3

3　皖饲麦 3 号适宜区域

皖饲麦 3 号为春性品种，适宜在安徽省沿淮、江淮地区秋季种植。

4　皖饲麦 3 号栽培技术要点

4.1　种子处理

皖饲麦 3 号播种前推荐使用 15%三唑酮可湿性粉剂或 2.5%咯菌腈悬浮种衣剂或 3%苯醚甲环唑悬浮种衣剂以种子质量的 0.1% ~ 0.3%进行药剂拌种，预防条纹病、纹枯病、叶枯病等病害。

4.2　整地

旱茬：机械旋耕，整地应达到土壤细碎，耕层松软，上虚下实，沟直厢平。

稻茬：在水稻收获前 10 ~ 15 d 断水，保证水稻收割后土壤含水量在 30%左右，并根据土壤墒情调整旋耕深度，提高整地质量。免、少耕或浅旋耕机械整地田块，每隔 2 ~ 3 年深耕或深松整地一次。

4.3　播期及播量

以单收籽粒或青贮原料为目的，适播期为 10 月 25 日至 11 月 10 日，基本苗掌握在 16万 ~ 18 万株 /667 m^2 为宜，若播期推迟则基本苗适当增加到 20 万 ~ 22 万株 /667 m^2。

以饲草与籽粒双收为目的，即苗期放牧或刈割，成熟期收获籽粒，播期较相应适播期提前 15 ~ 30 d，充分利用光温资源促进生长，提高大麦苗期生物量。播种量较相应时期正常播量增加 30% ~ 50%。

4.4　合理施肥

基肥：中等肥力水平田块基肥施用三元复合肥（N、P_2O_5、K_2O 质量比为 15 ∶ 15 ∶ 15）35 kg/667 m^2 左右，尿素 10 kg/667 m^2，如施用腐熟有机肥 2 t/667 m^2 左右，可基施三元复合肥 15 ~ 20 kg/667 m^2，尿素 10 kg/667 m^2。

返青拔节肥：要依据田间苗情长势及田间墒情进行追施。长势偏弱或发生冻害田块，追施尿素总量 7.5 kg/667 m^2 左右。群体偏大旺长田块，可不施返青肥，拔节肥视苗情推迟追施，追施量不超过 5 kg/667 m^2，以降低后期倒伏风险。

苗期放牧或刈割地块：每次放牧或刈割 2 d 后追施尿素 5 kg/667 m^2，有助于大麦快速再生。

4.5　三沟配套

沿淮、江淮地区冬春季雨水较多，易形成渍害。使用机械开沟器进行田间作业开沟，稻茬田要求“三沟”（畦沟、腰沟、田头沟）配套，确保排水流畅，雨停田干，排涝降渍。

4.6　病虫草害防治

4.6.1　杂草防除。于大麦分蘖期、返青期至拔节前进行化学除草。禾本科杂草防除可选用 5%唑啉草酯 EC 60 ~ 80 mL/667 m^2，阔叶类杂草选用 20%氯氟吡氧乙酸 70 mL/667 m^2 茎叶喷雾防除。除草剂使用要严格按照说明书要求操作，以免发生药害。苗期

放牧或刈割田块无需除草。

4.6.2　病虫害防治。皖饲麦 3 号需要防治的主要病害有条纹病、赤霉病及白粉病。虫害以防治蚜虫为主，前茬为豆科作物的地块，播种前要注意防治地下害虫。

4.7　防御倒春寒

安徽省沿淮、江淮及沿江麦区倒春寒频发，影响大麦产量。倒春寒发生后，主茎及大分蘖冻死率在 10%以上及时追施适量硝态氮、铵态氮等速效氮肥，促进小分蘖成穗。

4.8　倒伏管理

安徽省沿淮、江淮及沿江麦区大麦扬花至灌浆期多风多雨，易发生倒伏。皖饲麦 3 号抗倒伏力强，如遇不利天气，可能出现部分轻微倒伏，植株具有较好的恢复能力，无需干预。对于极端天气导致倒伏偏重发生时，可叶面喷施尿素（0.2%）+ 磷酸二氢钾（0.2%）+ 芸苔素内酯（0.01%）对水 50 kg/667 m^2，增强植株抗性和光合能力。

4.9　收获管理

放牧或刈割：大麦出苗后 25 ~ 30 d 植株高度达 25 cm 以上，即可放牧或刈割。放牧采用轮牧方式管理，刈割贴地表收获绿色茎叶用作青饲料。放牧和刈割间隔期一般 15 d 左右，持续至大麦拔节时停止。

青贮原料收获：于乳熟末期至蜡熟初期，植株含水量为 65%~70%时收获大麦植株，留茬高度为 10~15 cm，及时切碎、压实、密封入窖或包裹，经发酵后制成青贮饲料。

籽粒收获：对于苗期放牧或刈割及常规种植的大麦，成熟时收获籽粒，及时晾晒或烘干至含水量（质量分数）低于 13%，入库贮存，可作精饲料。

参考文献：

[1] 王加亭,智　荣,赵之阳,等. 中国畜禽产品自给状况与预测分析[J]. 中国畜牧杂志,2022,58(4):263-268.

[2] SEYMOUR M,ENGLAND J H,MALIK R,et al. Effect of timing and height of defoliation on the grain yield of barley,wheat,oats and canola in Western Australia[J]. Crop and Pasture Science,2015,66:287-300.

[3] KIM D H,AMANULLAH S M,Lee H J,et al. Effects of different cutting height on nutritional quality of whole crop barley silage and feed value on hanwoo heifers[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2016,29(9):1265-1272.

[4] MOSEBI P E,MATEBESI-RANTHIMO P A,NTAKATSANE M P, et al. Forage potential of alfalfa with oats and barley in intercropping system[J]. Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry,2018,1(4):1-11.

[5] 李淑艳,秦伟娜,焦　婷,等. 雨养区和灌溉区不同青饲玉米品种的生产性能及光合特性[J]. 草业科学,2022,39(7):1429-1440.

[6] 张　京,李先德,张国平,等. 中国现代农业产业可持续发展战略研究(大麦青稞分册)[M]. 北京:中国农业出版社,2018:7.

[7] ULLRICH S E. 大麦生产、改良与利用[M]. 张国平,邬飞波,等译. 杭州:浙江大学出版社,2012:1-3.

[8] 陈晓东,赵　斌,王　瑞,等. 不同刈割茬次与刈割时期对大麦饲草产量与品质的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(12):36-39.

[9] 张　放,蔡海莹,王志耕,等. 全株大麦作为奶牛粗饲料的饲用价值[J]. 中国奶牛,2015(7):17-20.

[10] 张　融,李先德. 饲料大麦的应用价值及开发前景[J]. 中国食物与营养,2015,21(7):27-31.

[11] 赵加涛,杨向红,付正波,等. 不同大麦品种饲草产量及品质研究[J]. 中国农学通报, 2021,37(27):27-31.

[12] 季昌好,王　瑞,陈晓东,等. “农—草—畜”耦合中大麦饲草料生产技术模式[J]. 大麦与谷类科学,2018,35(3):50-52.

[13] 季昌好,王　瑞,陈晓东,等. 大麦绿植体饲用方法[J]. 大麦与谷类科学,2018,35(4):38-39,49.

[14] 王　瑞,陈晓东,顾江涛,等. 大麦青饲(贮)种养结合生产技术[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(6):56-58.

[15] 包文龙,郑成忠,张腾薇,等. 施氮量对全株大麦生产性能及青贮品质的影响[J]. 草地学报,2023,31(10):3167-3173.

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。

Breeding and Cultivation Techniques of New Barley Variety Wansimai No.3 with High−yielding Ability in Both Grain and Forage

ZHAO Bin, WANG Rui, JI Changhao, SUN Hao, ZHU Bin, CHEN Xiaodong
(Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Crop Quality Improvement of Anhui Province, Hefei 230031, China)

Abstract: A new barley variety named Wansimai No.3 was bred by Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences using the pedigree method. The variety has a high-yielding ability in both grain and forage. In multi-point joint identification in Anhui Province during 2018−2020, the average yield of Wansimai No.3 was 480.64 kg/667 m^2, which was 10.42% higher than that of the control variety Xiyin No.2. In 2023, Wansimai No.3 was approved as a non-major crop variety by Ministry of Agriculture and Rural Affairs. The registration number is GPD Barley (2023) 340003. It is a spring multi-rowed barley variety with strong stem, good tillering ability and a 187-day growing period. The variety has good agronomic traits and lodging resistance such as plant height of 90 cm, thousand-grain weight of 31 g, grain protein content of 10.31%, starch content of 632.6 g/kg and β -glucan content of 5.01%. In order to enhance the use of Wansimai No.3 in feed barley production in Yangtze-Huai River and along Huai River areas of Anhui Province, this paper introduced its breeding process, characteristics, and provided a series of high-yielding cultivation techniques for harvesting green forage, silage and grain.

Key Words: High-yielding ability in both grain and forage; Barley; Wansimai No.3; Variety characteristic; Cultivation technique

(上接第 70 页)

农艺性状适应性分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(2):48−52.
[13] 杨进荣,王成社,李景琦,等. 小麦新品种陕农 78 的丰产性稳定性及适应性分析[J]. 麦类作物学报,2004,24(3):134−135.
[14] 任永康,牛瑜琦,逯成芳,等. 小麦新品种太 412 丰产性、稳产性、适应性分析[J]. 种子,2020,39(9):135−139,167.

Analysis of Main Characteristics of New Wheat Variety Wanmai 1326 with High and Stable Yield

YANG Hui[1], JIAN Juntao[1], WANG Qinghua[1], YUAN Zhang[1], LI Yupeng[1], ZHANG Bin[1], HU Weili[1], XIE Yanzhou[2], LI Xuejun[2]
(1. Nanyang Academy of Sciences, Nanyang 473000, China; 2. College of Agronomy, Northwest A & F University / State Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas, Yangling 712100, China)

Abstract: In order to fully understand the characteristics and utilization value in production of Wanmai 1326, the yield, component factors and adaptability of Wanmai 1326 and Zhengmai 113 (CK) were compared and analyzed based on the data of Wanmai 1326 participating in the regional and production tests of wheat in Henan Province. The average yield of Wanmai 1326 in the regional trial from 2018 to 2019 was 6 234.0 kg/hm^2 and 8 377.5 kg /hm^2, which were 3.5% and 3.3% higher than those of Zhengmai 113, respectively. The static stability and general adaptability of Wanmai 1326 were analyzed in the two-year regional trial, and the coefficient of variation was 11.17% and 8.05%, respectively, which were less than the control variety Zhengmai 113. The results showed that Wanmai 1326 was a wheat variety with good stability, high yield potential and strong stress resistance, which was suitable for planting in large area of middle and late stubble in high and medium water and fertilizer plots in Henan Province.

Key Words: Wheat variety; Wanmai 1326; Stable yield and multi-resistance; Adaptability

为现代农业提供
智能科技整体解决方案

PROVIDING INTELLIGENT TECHNOLOGY COMPLETE SOLUTIONS
FOR MODERN AGRIBUSINESS

官方抖音号　官方快手号　官方视频号　官方微信服务号

LOVOL

潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司
WEICHAI LOVOL INTELLIGENT AGRICULTURAL TECHNOLOGY CO., LTD.

www.LOVOL.com

地址：山东省潍坊市北海南路192号　服务热线：400-6589-888
销售电话：0536-7606278(小麦机)　0536-7527087(玉米机)　0536-7603011(履带机/插秧机)　0536-7603190(拖拉机/农机具)