

长江中下游稻茬晚播小麦高产限制因素及栽培技术研究进展

张明伟¹,姚义^{1*},唐建鹏¹,陈京都¹,严桂玲²

(1. 扬州市农业技术推广站,江苏 扬州 225000;2. 兴化市大邹镇农业服务中心,江苏 泰州 225763)

摘要:小麦晚播对籽粒产量和品质的影响已成为制约我国小麦生产的关键问题,在长江中下游稻麦两熟区,这一矛盾尤为突出。旨在通过归纳稻茬小麦晚播定义依据,总结稻茬小麦晚播原因及高产限制因素,并针对性地提出稻茬晚播小麦高产稳产栽培技术体系,为稻茬晚播小麦丰产栽培提供理论依据和技术支撑。

关键词:晚播小麦;高产限制因素;调控技术

中图分类号:S512.1

文献标识码:A

文章编号:1672-755X(2020)01-0059-06

Research Progress on Limiting Factors and Cultivation Techniques of High-yielding in Late-sowing Wheat Following Rice in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River

ZHANG Ming-wei¹, YAO Yi^{1*}, TANG Jian-peng¹, CHEN Jing-du¹, YAN Gui-ling²

(1. Yangzhou Agricultural Technology Promotion Station, Yangzhou 225000, China;

2. Agricultural Service Center, Dazou town, Xinghua, Taizhou 225763, China)

Abstract: The influence of late-sowing wheat on grain yield and quality has become a key issue restricting China's wheat production. This contradiction is particularly significant in rice-wheat rotation area of Jiangsu Province. The purpose of this paper is to generalize the basis of definition of late-sowing wheat following rice, summarize the reasons for late sowing of wheat and high-yield limiting factors, and propose a high-yield and stable-yield cultivation technology system for late-sowing wheat. It provides theoretical basis and technical support for high-yield cultivation of late-sowing wheat following rice.

Key words: late-sowing wheat; high-yield limiting factors; regulation techniques

小麦是世界上最重要的粮食作物,其总面积、总产量及总贸易额均居粮食作物之首^[1]。小麦也是中国三大粮食作物之一,在我国农业生产及国民经济中占有重要地位,其产量对全国粮食安全有着举足轻重的作用。2016年我国小麦平均单产达到5327 kg·hm⁻²,比世界平均水平高60%,但与高产国家相比仍有差距。近年来全国小麦单产不断提高,但从全国范围来看,高产和超高产小麦栽培所占比例还很小,因此针对不同农业生态区、不同土壤、不同肥水条件、不同前茬作物,去不断创新小麦高产栽培技术,扩大高产和超高产小麦的栽培面积是今后提高小麦产量的重要途径^[2]。在稻麦两熟地区,由于偏迟熟粳稻大面积

收稿日期:2020-01-17

基金项目:扬州市“绿扬金凤计划”(2018)

作者简介:张明伟(1989—),男,江苏扬州人,农艺师,博士,主要从事农作物栽培技术研究与推广。

通信作者:姚义(1985—),男,江苏南通人,高级农艺师,博士,主要从事小麦、水稻高产栽培技术研究与推广。

推广,及水稻轻简栽培技术推介应用,导致小麦播期的不断推迟。播期的推迟已逐渐成为了制约稻茬小麦获取高产的关键因素,开展晚播与过晚播小麦如何实现高产技术研究已成为稻茬小麦高产稳产的关键。

1 稻茬小麦晚播的定义及原因

稻茬小麦主要分布在长江中下游冬麦区、黄淮冬麦区南部和西南冬麦区,年种植面积400万~470万公顷,江苏是我国稻茬小麦主要产区之一,小麦年种植面积220万公顷左右,其中73%左右为稻茬麦,占到了全国稻茬麦面积的44.3%。该区域光、温、水资源丰富,自然生态条件适宜小麦生长,由于受播期推迟的影响,产量潜力难以得到充分发挥。

1.1 晚播小麦的定义

我国小麦种植区域南北纬度跨度较大,光温资源各不相同,决定了各地小麦适宜播期也不尽相同,不同生态类型的品种要求的最佳播期、适宜播量也不同^[3]。关于小麦的播种期,不同研究者采用的定义与认可的播期范围存在差异。

1)根据冬前形成壮苗所需积温的满足程度定义。冬前积温的多少与冬小麦能否形成壮苗安全越冬关系密切。进入越冬期时,冬性和半冬性品种主茎叶龄6叶1心至7叶、3~5个分蘖为壮苗;春性品种5叶1心至6叶、有2~3个分蘖为壮苗。可以得出,冬性和半冬性品种达到壮苗标准需要0℃以上600~650℃积温,春性品种需要500~570℃积温的播期称为适播期^[4]。当冬前0℃以上积温低于达到壮苗要求积温的小麦统称为晚播小麦。

2)根据当地适宜播期推迟程度定义。冬小麦播种需要适宜的播种温度,冬性品种要求日均气温在16~18℃,半冬性品种在15~17℃,春性品种在12~14℃^[5]。根据江苏省常年气象统计资料结果,小麦适宜播种期大致划分为:淮北稻茬地区10月5—20日;沿淮地区10月15—30日;苏中及沿江地区10月25日—11月5日;苏南地区11月1日—10日。晚于适宜播种期播种均称为晚播小麦。有研究将晚于适播期30d以上播种的称作为超晚播^[6]或超迟播小麦^[7]。

1.2 稻茬晚播小麦出现的原因

随着全球气候变暖及种植业结构的调整,长江中下游冬麦区稻茬小麦的播期普遍推迟,江苏地区稻茬小麦晚播问题尤为突出。据统计,2012年以来江苏省晚播小麦比例均超过江苏省小麦种植面积的40%,其中2016年晚播面积达到了60%。造成稻茬晚播小麦面积不断扩大的原因是多样的。

1)天气异常,土壤墒情无法满足水稻收获和小麦播种需求。稻麦轮作区小麦机械播种的比例不断提高,但由于机械播种对土壤墒情的要求较高,通常土壤含水量超过田间持水量80%时,大部分播种机就无法正常作业。而长江中下游地区年际间及季节间的气候变化差异大,水稻收获及小麦播种期间常因稻茬土壤湿度大、或季节性干旱及涝渍灾害等不利因素的影响,造成土壤墒情无法满足小麦正常播种以及出苗的需要,进而导致小麦播期推迟^[8]。江苏省2015与2016年小麦适播期间遭遇连阴雨,可播种的时间被极度压缩,小麦播种期大幅度推迟^[7]。

2)水稻种植制度改变,导致收获期不断推迟。在长江中下游稻麦轮作区,随着水稻机械化与轻简化栽培技术的普及,水稻栽培方式已由传统的中大苗移栽转变为中小苗移栽,甚至采用直播方式进行种植,水稻成熟期明显推迟,导致小麦播种时间也相应推迟。2015年淮安市,至11月25日全市收割水稻面积仅占总面积的47.7%,导致12月份播种的稻茬小麦面积占65.8%^[7]。除了种植方式的改变,生产上为了追求水稻的产量与品质,高产优质的晚熟水稻品种的种植面积逐年扩大,也是造成稻茬小麦晚播的原因之一。

3)规模种植条件下机械、晒(烘)贮等配套设施的限制。随种植规模扩大,收获与播种机械数量不足或性能无法匹配,影响水稻收割进度与小麦播种进程;晒场、烘干设备仓储能力不足,无法满足水稻适时收割,影响小麦播种进程。

2 稻茬晚播小麦高产限制因素

晚播小麦由于播期推迟,导致生育期特别是冬前生育期的温度、光照等生态条件发生变化,因而在生

育及生理生态特性方面受到了影响,限制了晚播小麦获得高产。前人关于长江中下游麦区晚播小麦不易高产的原因有了明确的结论。

1)生育期缩短,冬前生长不足,苗小苗弱。晚播后出苗时间延长,冬前0℃以上积温和日照时数大幅度减少,造成小麦冬前生长量减小,幼苗生长缓慢,且苗体细弱。晚播后生育期缩短,导致主茎分化总叶数、低节位有效分蘖减少,植株高度变矮,干物质积累量下降,叶面积指数变小,冠层截获的光合有效辐射减少^[9],难以形成个体和高产群体基础^[10]。

2)分蘖成穗率低,穗粒数少。春季分蘖增长较快,迅速两极分化,分蘖成穗率低。晚播小麦穗分化进程始期虽比适期播种晚,但穗分化进程快,因此幼穗分化的时间缩短,不孕小穗、小花数相应增加,导致穗粒数明显减少。

3)群体与个体矛盾突出。晚播小麦往往通过增加播种量来弥补产量损失,肥水运筹不匹配,易造成植株群体过大,到了春季,大量无效分蘖发生,养分消耗多,导致个体发育不健壮,田间郁蔽。根系在后期难以维持较强的活力和较长的功能期,遭遇不利气候容易早衰。同时由于群体结构恶化,也导致茎秆基部节间秆壁变薄,维管束数目下降,机械强度下降^[11],加之晚播后生育进程推迟,基部节间伸长时(拔节)温度较高,造成基部节间过长,且拔节至孕穗时间的大幅缩短,茎秆充实不良,小麦抗倒能力降低。

4)开花期相应推迟,遭遇阴雨天气机率增加,赤霉病发生重。根据高德荣等^[10]研究得出,由于播期的推迟,生产上晚播小麦的开花期由四月中旬推迟到4月下旬,此时的气温上升明显,且易遇阴雨天气,湿度较大,更有利于赤霉病的发生。

5)后期遭遇高温逼熟,穗发芽风险增加。晚播后导致生育进程推迟,5月中旬进入灌浆期,遭遇“高温逼熟”的风险将大大增加^[5]。籽粒灌浆温度高于25℃会导致失水过快,叶片早衰,灌浆期缩短。高温还影响胚乳淀粉合成途径中的酶活性,从而影响籽粒灌浆充实度,影响品质^[12]。同时收获期易遇上早到梅雨后穗发芽,造成严重损失。

3 稻茬晚播小麦群体结构、产量形成及品质特点

1)群体结构特点。适期高产栽培条件下,通过“小群体、壮个体、高积累”来获得优质高产群体。随着播期的推迟,群体质量发生改变,播期的推迟主要是通过影响个体素质,进而影响群体质量。播期推迟后,积温条件不足,冬前分蘖少或无分蘖,群体在越冬后出现茎蘖高峰,返青后气温升高,分蘖发生快,但营养生长期短,分蘖成穗率低,以主茎成穗为主^[13]。胡焕焕等^[14]研究则认为播期只对生育前期总茎数的影响显著,而对生育后期总茎数的影响不显著,主要是穗型变小。王振林等^[15]指出,随着播期的推迟各生育期LAI呈降低趋势,并且小麦生长前期各播期之间LAI差异较显著。张晓萍等^[16]研究认为晚播小麦最大叶面积峰值出现和绿叶消失时间滞后。晚播条件下,单茎干物质积累量呈降低趋势,群体干物质积累量明显降低,但经济系数则随播期的推迟呈升高趋势^[14]。也有研究认为,小麦晚播对干物质积累的影响不大,经济系数相近^[17]。张学品等^[18]研究表明,随播期的推迟,小麦籽粒干物质积累速度增加。

2)籽粒产量及其构成特点。与正常播期相比,晚播显著减少了小麦生物产量和籽粒产量。王龙俊等^[19]总结江苏晚播小麦生产情况指出由于晚播小麦每晚播7 d,单产将减少7%~10%,比全省平均产量低450~600 kg·hm⁻²,比适期播种的小麦平均产量低750~900 kg·hm⁻²。晚播小麦产量不高的原因主要由于穗数、穗粒数、千粒重未能协调发展。大量研究认为,晚播小麦单株的有效穗数低于适播^[20],主要是晚播情况下,分蘖所经历的总时间缩短,分蘖能力减弱,拔节后茎蘖消亡较快,使得分蘖成穗率降低。因此生产上小麦晚播需要通过加大播种量来提高成穗数。小麦晚播后使幼穗分化时间缩短,穗粒数减少^[19]。李素真^[21]等研究认为播种期越晚,退化小穗数越多,结实小穗数越少,穗粒数越少。千粒重受播期的影响一直没有一致的结论,有研究表明千粒重在不同播期条件下较为稳定,无显著差异^[22];也有研究认为晚播条件下,灌浆期缩短,导致籽粒灌浆不充分,粒重降低^[23];李筠等^[24]则认为在一定的播期范围内,粒重随播期的推迟先提高,当播期推迟到临界期时,粒重随播期的推迟而下降。这些结果主要由地域、播期、密度和品种特性的差异而造成。

3)籽粒品质的特点。小麦的播种期不仅影响籽粒产量的高低,还对籽粒营养品质和加工品质有一定影响。朱新开等^[25]研究认为,播期对籽粒蛋质的影响呈开口向上的二次曲线关系,早播与晚播均相应促进了籽粒蛋白质的积累,提高了籽粒蛋白质含量。闫翠萍等^[26]研究表明,随播期推迟小麦籽粒蛋白质含量显著增加,清蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白含量随播期的推迟逐渐增加,而球蛋白含量呈抛物线型变化^[9]。张敏等^[22]研究则认为,播期推迟主要影响谷蛋白和醇溶蛋白的含量,而对清蛋白和球蛋白的含量影响不显著。淀粉是小麦籽粒的主要成分,前人研究认为播期推迟,小麦籽粒中淀粉含量下降^[22]。刘霞等^[27]研究提出,晚播后直链淀粉积累量下降,但支链淀粉积累量随播期推迟逐渐提高,主要是与蔗糖代谢和淀粉合成相关酶活性的升高有关。但也有研究认为,播期推迟对小麦淀粉含量和直支比有提高作用^[28]。这些差异主要是由于品种筋型以及密度、后期追肥等栽培措施的差异所造成的。随着播期的推迟,面团形成时间、稳定时间等品质指标增加^[29];容重、硬度均呈显著降低趋势;湿面筋含量、沉降值随播期的推迟呈上升趋势^[30]或先增后减的抛物线型变化^[26]。多数研究结果认为晚播导致蛋白质,干、湿面筋含量呈上升,晚播下不适合弱筋小麦的生产,相对中、强筋小麦而言品质影响较小,更适合于中、强筋小麦的生产^[31]。

4 稻茬晚播小麦高产、稳产栽培技术

1)选用适合晚播的品种。长江中下游稻麦轮作区小麦晚播的面积不断扩大,为缓解小麦晚播的不利效应,首先是选用晚播下适应性较好的品种。高德荣等^[10]认为适合晚播的小麦品种应在苗期繁茂性好,在播期推迟条件下出苗快、分蘖早、越冬期仍能保持较大生长量和分蘖发生量;开花后灌浆快、速率高,早熟、耐高温逼熟等。任明全等^[32]研究认为选择前中期籽粒灌浆速率较快的品系,对晚播高产稳产具有重要意义。Stone等^[33]研究表明,不同品种对高温胁迫的抗耐性存在明显差异,小麦品种间穗发芽抗性也存在明显差异,筛选耐高温、抗穗发芽品种,特别是在晚播条件下有利于实现小麦高产稳产。

2)提高整地质量,催芽播种。精细整地为小麦出苗创造良好的土壤环境,是不同播期下都需要做到的基础条件。晚播小麦可在种子催芽露白后,晾干适墒播种,适当浅播。干旱时灌苗水,过晚播种后不宜灌水,以防出苗时间长而烂种。

3)适当增加播量,培育合理群体结构。晚播小麦穗数不足是高产的主要障碍因子,穗数随种植密度增加而增加,适当提高晚播小麦种植密度,有利于增强群体质量性状,弥补个体性状瘦弱之不足。王萍等^[23]研究认为晚播小麦随密度增加,生育期有提前的趋势。密度增加,群体叶面积指数、干物质积累量以及有效穗数等群体质量性状迅速增强,单株分蘖及成穗数、单株干物质积累量、分蘖成穗率等个体质量性状均逐渐变劣,但个体质量性状衰减的速率要远远小于适期的小麦。山东省曾经提出晚播小麦独杆栽培的观点,依靠主茎成穗是其晚播小麦增产的关键。但实际证明小麦在播期推迟条件下仍然具有一定的分蘖能力,所以过多的增加播种密度也不利于高产群体的构建,反而导致群体过大,竞争加剧,使植株中下部器官早衰,产量下降^[31]。沈学善等^[34]认为适当增加种植密度可以提高晚播小麦的氮素积累量。曹倩等^[35]研究认为,适当增加密度有利于氮肥利用率的提高。并认为晚播小麦需要培养壮苗,构建合理群体。适当增加播种量可降低播期推迟对产量影响。乔玉强等^[8]试验结果表明晚播条件下,随着播种密度的增加,籽粒产量有逐渐升高趋势,播种密度为 $450 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时籽粒产量达到最大,再增加播种密度,籽粒产量下降。曹倩等^[35]同样认为在相同施氮量条件下,籽粒产量随播量的增加呈先上升后下降的趋势。

4)晚播小麦的施肥。施氮时期、施氮量和氮肥基追比例对晚播小麦的小麦生长发育和器官建成具有重要的影响。增加施氮量有利于加快晚播小麦叶龄进程,增加越冬前总茎蘖数、干物质积累量与叶面积指数,推迟施肥时期以及增加追肥比例显著提高后期叶面积指数,增加成熟期总茎蘖数、穗长以及每穗小穗数^[36]。徐启来等^[37]试验证明随着基肥增加,生育前期的分蘖发生逐渐增大,而后期增加氮肥用量能更好地延缓分蘖的两极分化进程,有助于稳定晚播小麦总茎蘖数^[8]。朱江胜等^[13]研究证明降低基肥氮肥比例能控制高峰苗,提高成穗率,调整不同层次叶面积比例,提高了齐穗期高效叶面积率,有利于晚播小麦齐穗后的干物质积累。因此合理的基肥施用量及完善的后期追肥比例是实现晚播小麦优质高产的有效途径。晚播麦由于基本苗较多,前期用肥要适当降低,控制无效分蘖发生,以防群体过大,而在拔节期群体数量下

降稳定后,则要适当加大施氮比例,以增粒增重。磷肥施用宜以基肥为主,钾肥以基肥和拔节孕穗肥各占50%为佳^[5]。

张婧霖^[38]研究表明,随着施氮量的增加,穗数呈上升趋势,每穗粒数和千粒重均先上升后下降,千粒重随追氮时期的推迟而增加。王龙俊^[19]认为增加拔节孕穗肥用量,能达到加强穗分化发育、减少退化、提高可孕花结实率及籽粒充实度的作用,对增粒增重十分重要。季仁达等^[7]试验结果表明晚播条件下,施氮量每公顷增加15 kg,每穗粒数增加1.07个。孙和平等^[39]研究得出晚播条件下,施氮量219~336 kg·hm⁻²处理的产量均达到7 500 kg·hm⁻²。用二次曲线拟合,施氮量在289.3 kg·hm⁻²时的产量最高。而孕穗肥的氮肥增产与利用效率均高于基苗肥,因此在满足适宜穗数条件下提倡前氮后移。张耀兰等^[6]研究结果表明通过合理提高种植密度和孕穗期追肥,小麦即使在晚播30 d左右仍然可以达到较高的产量水平。

5)抗病抗逆栽培技术。长江中下游地区地势低洼,地下水位高,易形成渍害。晚播麦中后期护根保叶是夺取高产的重点。要保证排涝降渍沟渠通畅,确保晚麦不受涝、不受渍。晚播小麦在生育期间应加强病虫草综合防治。20世纪90年代,江苏等地进行了晚播小麦地膜覆盖技术的试验研究,证明通过地膜覆盖,有利于提高地表积温,加快生育进度,达到晚播早苗、壮苗效果^[40]。但由于地膜覆盖存在成本增加、白色污染严重以及增产效果小等问题,在晚播小麦实际生产过程中未能推广使用。

参考文献:

- [1] 于振文,潘庆民,姜东,等.9000 kg/公顷小麦施氮量与生理特性分析[J].作物学报,2003,29(1):37-43
- [2] 龚金龙,张洪程,常勇,等.稻麦“双迟”栽培模式及其周年生产力的综合评价[J].中国水稻科学,2011,25(6):629-638
- [3] 潘洁,姜东,戴廷波,等.不同生态环境与播种期下小麦籽粒品质变异规律的研究[J].植物生态学报,2005,29(3):467-473
- [4] 于振文.现代小麦生产技术[M].北京:中国农业出版社,2007
- [5] 陈永杰,段玉田,贾文兰,等.晚播小麦高产的主要限制因素[J].山西农业科学,1994(2):9-12
- [6] 张耀兰,曹承富,乔玉强,等.超晚播条件下密度和追氮时期对淮北地区小麦产量及品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(36):160-164
- [7] 季仁达,杨步琴,石广跃,等.超迟播稻茬小麦播种量、施氮量和氮肥运筹方式[J].安徽农业科学,2017,45(5):29-32
- [8] 乔玉强,曹承富,杜世州,等.氮肥运筹和播种密度对晚播小麦群体总茎数及产量的影响[J].华北农学报,2014,29(2):204-207
- [9] 杨桂霞,赵广才,许珂,等.播期和密度对冬小麦籽粒产量和营养品质及生理指标的影响[J].麦类作物学报,2010,30(4):687-692
- [10] 高德荣,张晓,康建鹏,等.长江中下游麦区小麦迟播的不利影响及育种对策[J].麦类作物学报,2014,34(2):279-283
- [11] 李华英,代兴龙,张宇,等.播期对冬小麦产量和抗倒性能的影响[J].麦类作物学报,2015,35(3):357-363
- [12] Hawker J S, Jenner C F. High temperature affects the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm[J]. Functional Plant Biology,1993,20(2):197-209
- [13] 朱江胜,朱启明,季学祥.不同氮肥运筹对晚播小麦产量及群体质量的影响[J].安徽农业科学,2000,28(1):81-82
- [14] 胡焕焕,刘丽平,李瑞奇,等.播种期和密度对冬小麦品种河农822产量形成的影响[J].麦类作物学报,2008,28(3):490-495
- [15] 王振林,贺明荣,尹燕萍,等.晚播小麦灌浆期光合物质同化、分配及群体调节的效应[J].作物学报,1997,23(3):257-262
- [16] 张晓萍,杨慎骄,张笑培,等.不同播期冬小麦株型构建及其生育特征[J].应用生态学报,2013,24(4):915-920
- [17] Hocking P J, Stapper M. Effects of sowing time and nitrogen fertiliser on canola and wheat, and nitrogen fertiliser on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components[J]. Australian Journal of Agricultural Research,2001,52:623-634
- [18] 张学品,高海涛,段国辉,等.不同播期对冬小麦粒重形成及产量的影响[J].中国农学通报,2007,23(12):182-186
- [19] 王龙俊,陈维新,郭文善,等.晚茬小麦高产栽培技术途径[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),1999,20(2):44-48
- [20] 韩金玲,杨晴,王文颇,等.播期对冬小麦茎蘖幼穗分化及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(2):303-307
- [21] 李素真,周爱莲,王霖,等.不同播期播量对不同类型超级小麦产量构成因子的影响[J].山东农业科学,2005(5):12-15
- [22] 张敏,王岩岩,蔡瑞国,等.播期推迟对冬小麦产量形成和籽粒品质的调控效应[J].麦类作物学报,2013,33(2):325-330
- [23] 王萍,陶丹,宋海星,等.品种、播期和密度对冬小麦生育期和产量的影响[J].沈阳农业大学学报,1999(6):602-605

- [24] 李筠,王龙,任立凯,等.播期、密度和氮肥运筹对冬小麦连麦2号产量与品质的调控[J].麦类作物学报,2010,30(2):303-308
- [25] 朱新开,周君良,封超年,等.不同类型专用小麦籽粒蛋白质及其组分含量变化动态差异分析[J].作物学报,2005,31(3):342-347
- [26] 闫翠萍,张永清,张定一,等.播期和种植密度对强、中筋冬小麦蛋白质组分及品质性状的影响[J].应用生态学报,2008,19(8):1733-1740
- [27] 刘霞,尹燕枰,贺明荣,等.播期对小麦品种藁城8901籽粒淀粉合成相关酶活性及淀粉组分积累的影响[J].作物学报,2006,32(7):1063-1070
- [28] 何丽,尹钧,周苏玲,等.不同筋型小麦籽粒的物质积累特性及其播期调节效应[J].华北农学报,2008,23(2):17-20
- [29] 杨永安,于立河,薛盈文,等.播期与密度对春小麦品质的影响[J].麦类作物学报,2009,29(5):901-905
- [30] 戴凌云.暖冬年型中筋小麦优质高产的适宜播期和密度研究[D].扬州:扬州大学,2010
- [31] 殷毅凡.稻茬迟播小麦春后施氮效应及其高效施氮模式研究[D].扬州:扬州大学,2016
- [32] 任明全,徐向阳.不同小麦品种籽粒灌浆特性的研究[J].华北农学报,1993,8(3):28-32
- [33] Stone P J, Nicolas M E. Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance II fractional protein accumulation[J]. Functional Plant Biology, 1998, 25(25):1-11
- [34] 沈学善,李金才,屈会娟,等.种植密度对晚播冬小麦氮素同化积累分配及利用效率的影响[J].中国农业大学学报,2009,14(4):41-46
- [35] 曹倩,贺明荣,代兴龙,等.密度、氮肥互作对小麦产量及氮素利用效率的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):815-822
- [36] 张杰,胡开明,付鹏,等.播期、密度和施肥量对小麦品种烟农19若干农艺和品质性状的影响[J].安徽农业大学学报,2008,35(1):61-64
- [37] 徐启来,王飞,周娜娜,等.不同氮肥运筹对晚播小麦产量和农艺性状的影响[J].安徽农业科学,2017,45(31):20-22
- [38] 张婧霖.密肥条件对小麦中期群体质量的影响[J].安徽农学通报,2007,13(10):167-168
- [39] 孙和平,魏广彬,段云辉,等.苏南地区迟播小麦丰产高效氮肥定量与运筹技术[J].江苏农业科学,2014,42(11):106-107
- [40] 张睿,刘党校.小麦覆膜增产机理研究(II)——不同品种穗粒重变化规律[J].麦类作物学报,1999(5):61-63

(责任编辑:谭彩霞)