

李伟, 丁启朔, 何瑞银, 等. 不同耕作和播种模式下稻茬麦种子区微气候特征及出苗效应[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(1): 45-50.

不同耕作和播种模式下稻茬麦种子区微气候特征及出苗效应

李 伟, 丁启朔, 何瑞银, 李海康, 芮超杰

(南京农业大学 工学院/江苏省智能化农业装备重点实验室, 江苏 南京 210031)

摘要:【目的】评价不同耕作、播种模式的区域适应性, 为稻麦轮作区耕作、播种技术的优化及相关精密播种机具的设计提供理论依据, 确保稻茬麦的优质高产。【方法】利用种子区微气候测试仪监测免耕露播覆草 (NT1), 免耕条播 (NT2) 和常规旋耕盖籽 (CK) 3 种模式的稻茬麦种子区微气候条件及其对种子萌发及立苗的影响。【结果】田间试验表明, 3 种模式的种子区微气候差异显著。NT1 条件下种子区微气候相对稳定, CK 条件下由于旋耕形成大土块, 大土块垒结后形成的大尺度孔隙空间使种子区微气候变化较大, 不利于保墒。NT2 条件下的种子区微气候比 NT1 和 CK 相对稳定且温湿度条件更适合种子的萌发。NT1、NT2 和 CK 条件下出苗率分别为 58.39%、71.81% 和 61.80%。【结论】不同耕作和播种模式的种子区微气候条件及种子萌发立苗效果差异显著, 使用种子区微气候测试仪能够快速准确评价稻茬麦耕作、播种模式的区域适应性。良好的耕种措施、种床环境以及种土接触是保证小麦出苗生长的关键。

关键词: 稻茬麦; 播种模式; 种子区; 微气候; 种子萌发; 立苗
中图分类号: S352.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-411X(2018)01-0045-06

Micro-climate characteristics and seedling qualities in seed-zone of post-paddy wheat field under different tillage and seeding modes

LI Wei, DING Qishuo, HE Ruiyin, LI Haikang, RUI Chaojie

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University / Key Laboratory of Intelligent Agricultural Equipment of Jiangsu Province, Nanjing 210031, China)

Abstract: 【Objective】 To evaluate the regional applicability of different tillage and seeding modes, provide a theoretical basis for cultivating in rice-wheat rotation area, optimizing sowing technique and designing related precision seeders, and guarantee high quality and yield of post-paddy wheat. 【Method】 A seed-zone micro-climate tester was applied to continuously monitor the micro-climate conditions, seed germination and seedling establishment under three seeding modes, including no-till mulching (NT1), no-till drill (NT2) and rotary-tilling broadcasting (CK). 【Result】 The field experiment showed that the seed-zone micro-climates under three seeding modes varied significantly. Seed-zone micro-climate under NT1 mode remained relatively stable. Large soil clods formed under CK mode, and led to a large change of micro-climate in seed-zone and made it difficult to conserve soil moisture. NT2 created the most stable seed-zone micro-climate, providing the most suitable

temperature and humidity for seed germination. The germination rates under NT1, NT2 and CK modes were 58.39%, 71.81% and 61.80% respectively. 【Conclusion】 Different tillage and seeding modes significantly influence seed-zone micro-climate, seed germination and seedling establishment. The proposed seed-zone micro-climate tester is suitable for quickly and accurately evaluating the regional applicability of tillage and seeding modes for past-paddy wheat. Excellent tillage procedures, good seedbed environment and large contact area between seed and soil are the key factors of wheat growth.

Key words: post-paddy wheat; seeding mode; seed-zone; micro-climate; seed germination; seedling establishment

稻麦轮作制是我国主要的作物生产制度之一，主要集中在长江流域。中国南方稻茬麦区降雨丰富，地下水位高，生长季受水资源限制作用小，是我国小麦增产潜力最大的区域^[1-3]。因稻麦轮作周年干湿交替，土壤黏闭性强，耕作性差，造成稻茬田难耕难种和稻茬麦低产的现实^[4-6]。为了提高播种质量，科研工作者相继开展了少耕、免耕播种技术研究，并取得了良好的增产增收效果^[7-8]。不同区域的生态条件不同，同一作物在不同区域的耕作、播种方式存在差异^[9]。耕作能够改善耕层土壤结构、调节土壤三相比例、协调土壤的水、肥、气、热关系并为作物生长发育创造良好的环境条件^[10-12]，播种不仅直接影响立苗质量和作物生长发育与产量建成，而且关系到生产效率和效益^[13-15]。因此，深入研究适应特定生态条件下的耕作、播种方式，不仅有利于提高区域生产水平，而且也可以为研发相应精密播种机械提供理论依据。

近年来，针对稻茬麦耕作、播种方式的适应性评价多集中于耕作、播种方式对麦苗素质及产量的影响等宏观层面^[9, 16-18]，鲜少涉及播种后种子微区环境对种子萌发立苗的影响这一阶段，且这些评价所需田间试验周期长、工作量大、费时费力。种子能否成功萌发立苗决定着作物群体的合理构建^[19]，也直接影响作物的产量^[20]，种子萌发具有重要的经济和生态意义。因此，可用种子的萌发立苗情况来评判耕作、播种方式的合理性。种子萌发立苗与种子区微气候息息相关^[21]。本文利用芮超杰等^[21]构建的种子区微气候测试仪及评价方法（种子微区温度和湿度），快速测试评价几种不同耕作、播种模式的微气候特征，并结合小麦种子萌发立苗情况对不同耕作、播种模式的区域适应性进行评价，同时为稻茬麦专用播种机具的设计及配套农艺提供理论与技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点为南京农业大学六合农场，六合区地处北纬 32°11′~32°27′，东经 118°34′~119°03′，属亚热带季风气候，气候温和，四季分明，雨水适量，年平均气温 15.8℃，年平均日照 2 008 h，年降水量 1 048.6 mm，其中 63.9% 降水集中在 5—9 月。

试验地以稻麦轮作为主，小麦种植季节在 10—12 月。土壤为壤质黏土，pH 7.6，播前土壤含水量 (*w*) 为 34.65%。土壤理化性质如下：有机质、全氮、全磷、全钾质量分数分别为 22.73、1.29、0.58、11.53 g·kg⁻¹，碱解氮、速效磷、速效钾质量分数分别为 99.96、8.79、139.33 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

本试验对南方稻麦轮作区常用的稻茬麦耕作、播种模式进行比较。所用品种为宁麦 13 号，种子经包衣处理。于 2015 年水稻收获后种植小麦，小区面积为 3 m×5 m，随机区组排列，3 次重复。试验设免耕露播覆草^[22](NT1)、免耕条播覆土^[23](NT2) 和传统耕作^[24](旋耕播种盖籽)(CK) 3 个处理。NT1 与 NT2 处理前清除稻季留茬，CK 处理遵照当地传统不作清茬处理。NT1 采用等间距精密播种，即株距和行距都为 50 mm 的免耕均匀布种，播后将收集并堆积在小区地头的全量秸秆均匀洒落在小区上，覆盖厚度 4~6 cm，NT2 采用免耕开沟播种方式，人工开种沟，种沟深度 3~5 cm，行距 20 cm，以每 3 m 长度播量 200 粒进行精准布种，播后使用开沟生成的碎土回填覆盖，覆土厚度 3~5 cm，该处理模拟机械化免耕条播机作业方式，但准确的人工布种有利于后续查苗。CK 沿用当地普遍采用的旋耕盖籽模式，即旋耕后人工小区定量布种并浅旋盖籽，旋耕深度 15~20 cm，覆盖层高 3~6 cm，播法与 NT1 一致。3 种处理的播量相同。小麦播种后 20 d 内日天气状况分布动态如图 1 所示。

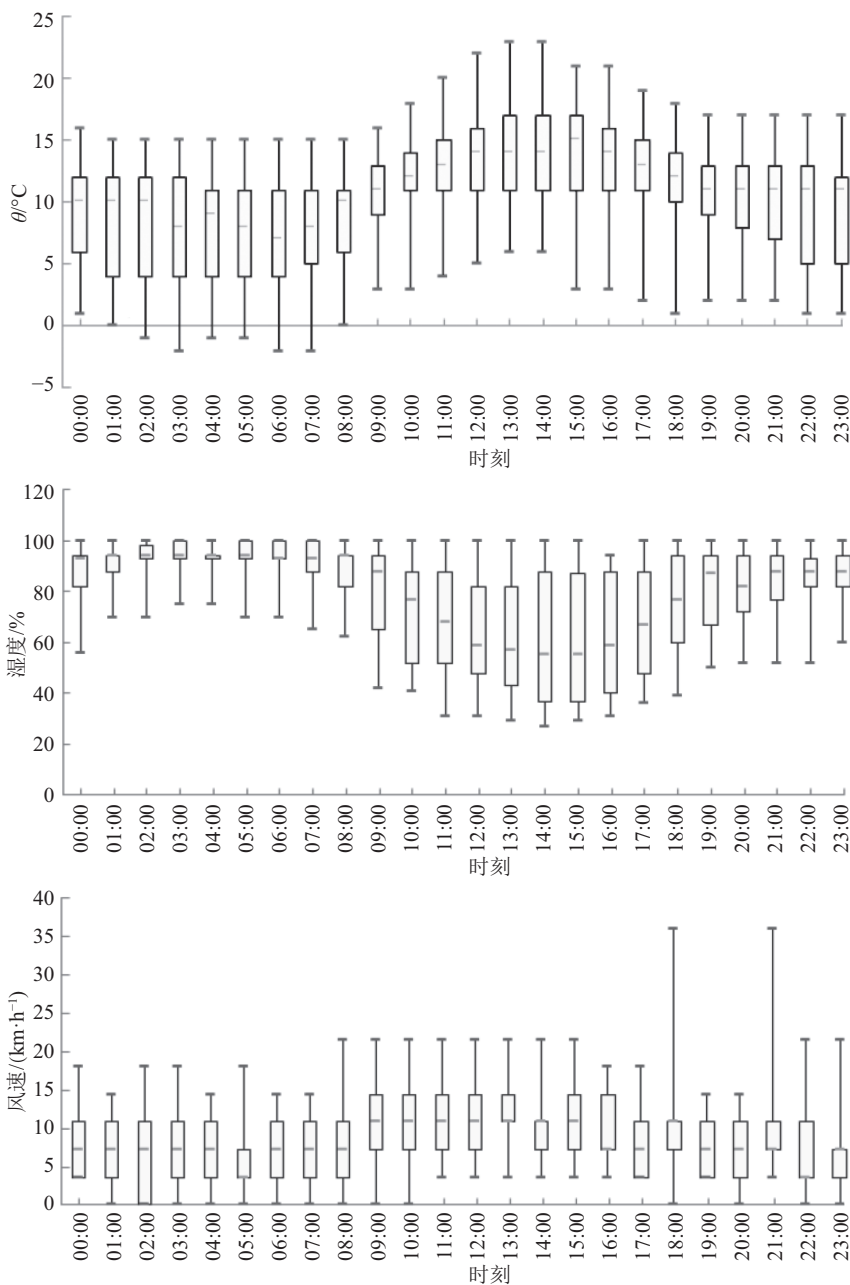


图 1 播种后 20 d 内日天气动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of climate within 20 days after sowing

1.3 测试项目与方法

1.3.1 种子区微气候测试 根据芮超杰等^[21]的方法使用种子区微气候测试仪测试得到种子区微气候数据,该测试仪专为种子所处微区的温湿度测试开发,由数据采集系统、SHT10 温湿度传感器 (精度:湿度 $\pm 4.5\%$ 、温度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$)、数据存储记录单元以及供电模块构成,以 STC89C52RC 单片机 (工作频率范围:0~40 MHz,实际工作频率可达 48 MHz) 为控制核心,对温湿度传感器实时读取内部参数,测量结果存储在 AT24C256 存储芯片。

播种结束后每个小区放置 7 个传感器探头 (图 2),令每个探头充分靠近种子所在位置,系统每

<http://xuebao.scau.edu.cn>

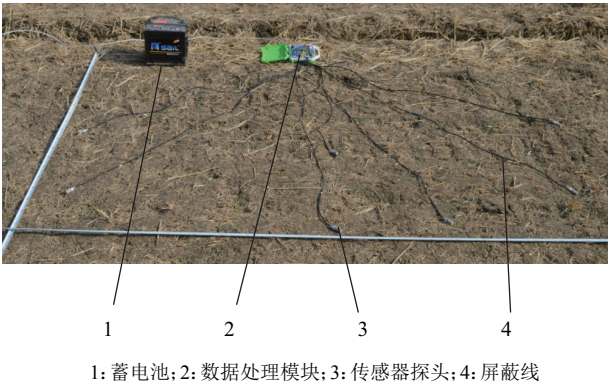


图 2 种子区微气候测试仪的田间应用状况

Fig. 2 Field applications of seed-zone micro-climate tester

隔 9 min 自动读取 1 组数据,7 个传感器探头检测的种子区微气候数据的均值作为该小区的种子区微气候指标。

1.3.2 出苗状况调查 播种 20 d 后调查出苗率、整齐度。NT1、CK 处理采用双对角线法选择有代表性的 5 个样方,每个样方面积为 0.5 m×0.5 m;NT2 处理选择有代表性的 5 行,每行选取 0.5 m 查苗。

2 结果与分析

2.1 不同稻茬麦耕作、播种模式的土壤破碎情况

不同耕作、播种模式的稻茬麦种子区土壤破碎情况见图 3,NT1 为免耕露播,不涉及破碎土壤,从图 3 可以看出 NT2 土壤破碎比较充分,CK 由于旋耕作用形成大土块。

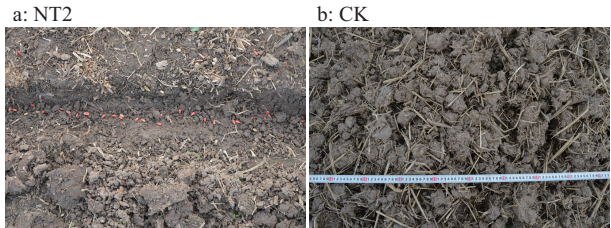


图 3 不同处理下土壤破碎情况

Fig. 3 Soil fragmentation under different treatment

2.2 不同稻茬麦耕作、播种模式的种子区微气候日变化特征

图 4a 显示不同耕作、播种模式的稻茬麦种子区微气候温度日变化动态,结果表明虽然各模式的温度动态相同,但 NT1 种子区微气候的日间最高温度低于 NT2,CK 最低,NT1 的夜间最低温度则高于 NT2 和 CK,NT2 最低。可见,相对于覆土(NT2)而言,秸秆覆盖(NT1)不仅在日间的降温作用更大,而且在夜间的保温作用也更好,使得秸秆覆盖处理的种子区微气候变化日波动幅度相对覆土明显减小,即 NT1 的昼夜温度波动最为平缓。

图 4b 显示不同耕作、播种模式的稻茬麦种子区微气候湿度日变化动态,可以看到不同处理的种子区微气候湿度存在显著差异。其中,NT2 的种子区微气候湿度保持在 90% 以上且维持稳定,不会发生 NT1 和 CK 湿度昼夜波动较大的情况。NT1 和 CK 的种子区微气候湿度日变化趋势基本一致,但 NT1 的种子区微气候湿度整体相对最低,CK 的种子区微气候湿度随着时间的推移逐步下降。结果表明旋耕造成的大土块及苗床的大孔隙失墒严重,不利于保护土壤墒情。

不同处理的日平均微气候温度和湿度的变化

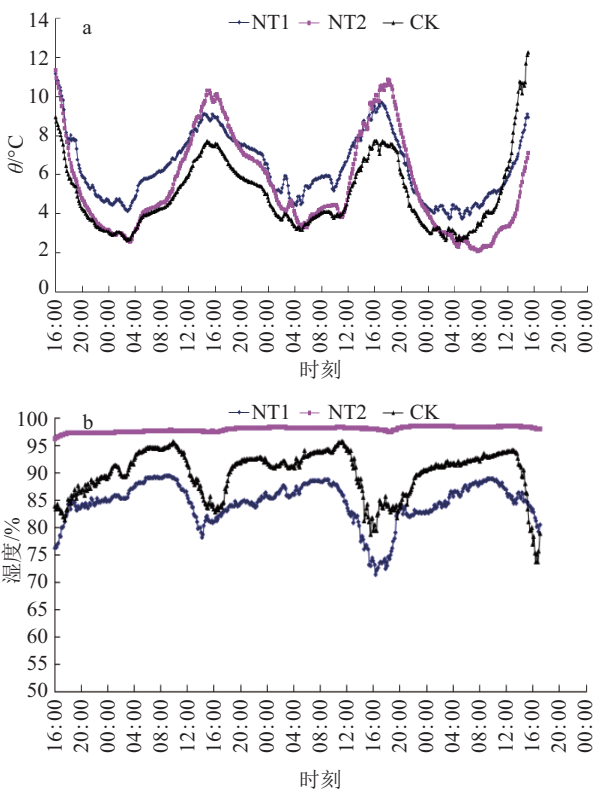


图 4 不同耕作和播种方式对稻茬麦种子区温度和湿度日变化的影响

Fig. 4 Effects of different tillage and seeding modes on diurnal variations of temperature and relative humidity in seed-zone of post-paddy wheat field

情况见表 1,NT1 的日平均微气候温度在三者中最高,相较于 CK 差异显著,但是相对于 NT2 而言,差异不大,未达到显著性水平。而 3 种处理日平均微气候湿度差异明显,NT2 的日平均微气候湿度最高,CK 次之,NT1 最低,三者之间差异均达到了显著性水平。温度与湿度的两因子显著性分析表明,种子区微气候湿度是影响种子成苗差异的主导因子。

表 1 不同耕作和播种模式下的日平均温度和湿度¹⁾
Tab. 1 Daily mean temperature and relative humidity under different tillage and seeding modes

处理	θ/℃	湿度/%
NT1	6.160a	84.459c
NT2	5.516ab	97.922a
CK	5.089b	89.986b

1)同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示处理间差异不显著(P>0.05, Duncan's法)

2.3 不同稻茬麦耕作、播种模式的种子区微气候特征对小麦立苗的影响

变异系数可用来评定试验对象的均匀性^[25],本文用小麦立苗的变异系数来评定不同处理种子区

微气候条件下的小麦立苗均匀性。

由表 2 可知不同耕作、播种模式的稻茬麦出苗变异系数为 CK>NT2>NT1, 由此可见旋耕条件下出苗均匀性差于免耕处理, 且免耕覆草出苗均匀性最好, 免耕条播覆土次之。不同播种方式小麦出苗整齐度和立苗率存在差异, 由表 2 可知, NT2 的立

苗率最高, 较 NT1、CK 高出 13.42% 和 10.01%, 并达到了显著水平。NT1、NT2 苗龄主要集中在“3 叶”和“2 叶 1 心”这 2 个时期; CK 苗龄则主要集中在“2 叶 1 心”和“2 叶”期。由此可见, 旋耕条件下幼苗整齐度最低, 免耕条播覆土幼苗整齐度最高, 免耕露播覆草次之。

表 2 不同耕作和播种方式对小麦出苗整齐度和立苗率的影响
Tab. 2 Effects of different tillage and seeding modes on seedling rates and uniformities of wheat

处理	立苗率 ¹⁾ /%	变异系数	不同苗龄幼苗整齐度/%				
			3叶	2叶1心	2叶	1叶1心	1叶
NT1	58.39b	0.085 6	35.29	35.01	14.51	11.85	3.34
NT2	71.81a	0.109 5	40.38	39.59	13.04	5.29	1.70
CK	61.80b	0.114 2	17.85	28.12	32.04	15.11	6.88

1)同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示处理间差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法)

3 讨论与结论

稻茬麦种子区微气候的变化影响其萌发及立苗, 进而影响个体及群体的生长发育和产量。有关温度、湿度等因子对作物后期的生长效应的影响研究较为普遍^[26-28], 这类研究一般沿用气象站的常规资料代表作物的生长环境^[29], 由于气象数据属于宏观空间尺度的范畴, 不能完全代表种子区微气候的真实情况。本研究借助种子区微气候测试仪动态监测种子区温、湿度的变化, 结合小麦萌发出苗情况定量不同耕作、播种模式的效果, 具有快速、高效、操作简单的特点, 所测指标反映土壤状态、秸秆条件、气候参数等多重因子的综合效应, 能够准确表达立苗期影响种子萌发和成苗的综合环境因子。

3 种处理间的主要差别在于作业方式和种子在土壤中的分布, 正是这两方面的差异对小麦萌发出苗产生了重要影响。研究表明, NT1 出苗率最低。NT1 处理的秸秆覆盖具有一定的保温效应, 这与陈素英等^[30]的研究结果一致, 因稻板田紧实光滑, 导致种土接触仅局限于地表的点接触, 造成免耕露播相对恶劣的种子区微气候湿度条件。关法春等^[31]认为稻草覆盖可能因气候条件、植物种类、覆盖高度、覆盖时间的长短等形成不同的水、热影响机制。使用种子区微气候测试仪可以快速而准确地定量稻草覆盖层对种子微气候条件的影响, 而且在微气候温度差异不显著的情况下, 微气候湿度条件是稻茬麦栽培的关键性限制因素。

种床质量是免耕需要解决的关键技术问题之一^[32], 良好的耕作措施是建立优良种床的先决条件。张维城等^[33]研究表明, 小麦植株在田间的空间

http://xuebao.scau.edu.cn

分布状态对其生长发育和产量建成都有明显影响。不同的耕作方式对土壤扰动程度不同, 导致土壤容重有所差异^[34-36], 从而影响农田降水入渗和土壤水分蒸发, 也必然会影响到种子区的微气候。本研究表明, 相较于 CK、NT1 处理, NT2 人工开沟产生的土壤破碎比较均匀, 种沟平整, 利于水分下渗, 回填后种土能够充分接触, 保墒效果好, 种子区微气候湿度维持在较稳定的状态, 出苗率显著高于其他 2 种处理方式。鉴于南方稻茬田普遍质地黏重、耕性差, 旋耕处理后, 土壤破碎不充分, 大土块、大孔隙比较多, 再加上上一季留下的秸秆残茬, 使得种床质量很差, 种子在土壤中的空间分布很不均匀, 从而造成幼苗空间分布的不均匀性, 因此通常会出现 CK 条件下幼苗生长发育条件恶化的情况。

本研究结果表明, 不同耕作、播种模式下种子区微气候变化存在差异, 在传统耕作措施下, 由于水稻土的湿黏造成耕作过后大土块较多, 造成种子区微气候变化较大、出苗率较低并且幼苗生长较其他播种方式慢; 在免耕露播条件下, 裸露在地表种子的种子区微气候变化幅度加大, 且出苗率低; 相比而言, 免耕条播下的种子区微气候环境良好, 出苗率相对较高, 为 3 种模式中的最佳作业模式。由此可以看出, 良好的耕种措施、良好的种床环境以及种土接触是小麦出苗生长的关键。优化耕作、播种技术和研发免耕稻茬麦精密播种机具时, 需要考虑合理创建种子区微气候条件。

参考文献:

[1] 赵俊晔, 于振文. 我国小麦生产现状与发展小麦生产能力的思考[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(5): 344-348.

- [2] 卢布, 丁斌, 吕修涛, 等. 中国小麦优势区域布局规划研究[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(2): 6-12.
- [3] 赵广才. 中国小麦种植区域的生态特点[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(4): 100-102.
- [4] 王小燕, 高春保, 熊勤学, 等. 江汉平原小麦生产面临的挑战及对策[J]. 作物杂志, 2013(3): 17-20.
- [5] 杨四军, 顾克军, 张恒敢, 等. 影响稻茬麦出苗的关键因子与应对措施[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 89-91.
- [6] 李文阳, 时侠清, 徐建军, 等. 种子催芽对晚播小麦幼苗特性及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(4): 1488.
- [7] 汤永禄, 程少兰, 李朝苏, 等. 稻茬麦半旋高效播种技术[J]. 四川农业科技, 2010(9): 20-21.
- [8] 汤永禄, 黄钢, 袁礼勋. 稻茬麦精量露播稻草覆盖高效栽培技术[J]. 作物杂志, 2000(3): 22-24.
- [9] 汤永禄, 李朝苏, 吴春, 等. 播种方式对丘陵旱地套作小麦立苗质量、产量及效益的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(24): 5089-5097.
- [10] 张银平, 杜瑞成, 刁培松, 等. 机械化生态沃土耕作模式提高土壤质量及作物产量[J]. 农业工程学报, 2015, 31(7): 33-38.
- [11] 聂良鹏, 郭利伟, 牛海燕, 等. 轮耕对小麦-玉米两熟农田耕层构造及作物产量与品质的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(3): 468-478.
- [12] 王玉玲, 李军, 柏炜霞. 轮耕体系对黄土台塬麦玉轮作土壤生产性能的影响[J]. 农业工程学报, 2015(1): 107-116.
- [13] 王树林, 祁虹, 王燕, 等. 麦棉套作模式下播种方式与播量对小麦灌浆特性及产量性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(3): 355-361.
- [14] LI Q Q, ZHOU X B, CHEN Y H, et al. Grain yield and quality of winter wheat in different planting patterns under deficit irrigation regimes[J]. Plant Soil Environ, 2010, 56(10): 482-487.
- [15] 陈留根, 刘红江, 沈明星, 等. 不同播种方式对小麦产量形成的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 33(4): 786-791.
- [16] 赵红梅, 杨艳君, 李洪燕, 等. 不同保墒耕作与播种方式对旱地小麦农艺性状及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(5): 74-78.
- [17] 郑亨, 樊高琼, 王秀芳, 等. 耕作方式、播深及覆土对机播套作小麦麦苗素质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 164-168.
- [18] 樊高琼, 郑亨, 陈溢, 等. 耕作方式、播深及覆土对机播套作小麦群体质量和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(S2): 20-25.
- [19] FORCELLA F, ARNOLD R L B, SANCHEZ R, et al. Modeling seedling emergence[J]. Field Crop Res, 2000, 67(2): 123-139.
- [20] WEITBRECHT K, MÜLLER K, LEUBNERMETZGER G. First off the mark: Early seed germination[J]. J Exp Bot, 2011, 62(10): 3289-3309.
- [21] 芮超杰, 丁启朔, 李毅念, 等. 基于单片机技术的露播种子区微气候评价[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(6): 1055-1061.
- [22] 陈信信, 丁启朔, 丁为民, 等. 基于虚拟植物技术的冬小麦根系3D构型测试与分析[J]. 中国农业科学, 2014, 47(8): 1481-1488.
- [23] 何井瑞, 陈之政, 韩必荣, 等. 播种方式和播量对小麦发育进程及产量构成的影响[J]. 上海农业科技, 2013(4): 47-49.
- [24] 程玉龙, 张礼钢, 翟步顺, 等. 稻茬田小麦种植不同耕作方式的比较与分析[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(4): 69-72.
- [25] 李波, 魏亚凤, 季桦, 等. 稻草还田与不同耕作方式对小麦出苗以及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(24): 122-126.
- [26] 宋伟, 赵长星, 王月福, 等. 不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7188-7195.
- [27] 韩笑, 李永秀. 冬小麦冠层微气象特征及能量平衡的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 17097-17100.
- [28] 许华森, 毕华兴, 高路博, 等. 晋西黄土区苹果+大豆间作系统小气候及其对作物生产力的影响[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(2): 9-15.
- [29] 李翠娜, 张雪芬, 李肖霞, 等. 农田小气候自动观测系统温度梯度观测设计[J]. 气象科技, 2015, 43(1): 8-14.
- [30] 陈素英, 张喜英, 裴冬, 等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171-173.
- [31] 关法春, 梁正伟. 稻草覆盖对羊草育苗床土水热条件及其出苗的影响[J]. 中国草地学报, 2008, 30(5): 47-53.
- [32] 韩宾, 李增嘉, 王芸, 等. 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 48-53.
- [33] 张维城, 王绍中, 李春喜. 小麦植株分布状况对干物质积累和产量的影响[J]. 河南农业科学, 1995, 24(6): 1-6.
- [34] 雷金银, 吴发启, 王健, 等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 40-45.
- [35] 程科, 李军, 毛红玲. 不同轮耕模式对黄土高原旱作麦田土壤物理性状的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(18): 3800-3808.
- [36] 陈学文, 张晓平, 梁爱珍, 等. 耕作方式对黑土硬度和容重的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 439-444.

【责任编辑 霍 欢】