

黄淮海麦茬大豆免耕覆秸精量播种栽培技术研究

徐彩龙, 韩天富, 吴存祥

(中国农业科学院 作物科学研究所/国家大豆产业技术研发中心, 北京 100081)

**摘要:**黄淮海地区是我国重要的大豆生产区之一,该地区大豆的前茬作物为小麦,小麦收获后,田间麦秸量大,麦茬较高,大豆播种质量难以保证,进而影响大豆生长和产量形成。为破解上述生产难题,国家大豆产业技术体系经过多年协同攻关研发了麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术。该技术可一次性完成秸秆侧向抛秸、分层施肥(药)、精量播种、覆土镇压、封闭除草等核心作业环节,同步实现了小麦秸秆全量还田、大豆精量播种和田间病虫草害的防治。本文结合多年来试验示范数据对麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术进行了详细介绍,结果表明:免耕覆秸精量播种技术有效地解决了长期困扰黄淮海地区大豆生产的麦秸处理、大豆保苗和土壤培肥难题,增产增效显著。免耕覆秸精量播种技术在大豆生产过程中降低了生产成本,提高了大豆的种植效益,该技术在黄淮海地区具有广阔的应用前景。

**关键词:**夏大豆;麦秸还田;精播保苗;覆秸保墒;增产增效

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2018.02.0197

No-tillage Plus Straw Mulching and Precise Sowing Cultivation Technology Research for Soybean after Winter Wheat in Huang-Huai-Hai Region

XU Cai-long, HAN Tian-fu, WU Cun-xiang

(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National soybean Industrial Technology R & D center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Huang-Huai-Hai region is one of the important soybean productivity regions in China. In this plain, the soybean plant was sowed after winter wheat. Because of the large amounts of wheat straw and higher stubble, the sowing quality of soybean was very poor (non-uniform seed depth or spacing), which had negative effect on soybean growth and yield formation. In order to solve the above problems, a new cultivation technology, including straw total turnover, precise sowing and pest management, was developed by the national soybean industrial technology system through collaborative research for many years. In this paper, the cultivation technology was introduced in detail combining with the experimental data. The results showed that this new cultivation technology was powerful to synchronously resolve the sticky questions of wheat residue management, soybean seedlings protection, and soil fertility improvement, and the stimulation effect was remarkable. The new cultivation technology can reduce the production cost and improve economic benefit in the process of soybean productivity, which has broad application prospects in Huang-Huai-Hai region.

**Keywords:** Summer soybean; Straw turnover; Precise sowing for saving seedlings; Mulching for moisture conservation; Increasing yield and income

大豆是我国第四大粮食作物,同时为重要的饲料作物和油料作物<sup>[1-2]</sup>。随着人民生活水平的不断提高,膳食结构发生改变,我国对大豆的需求量急剧增加<sup>[3-4]</sup>。近年来,由于我国大豆生产总体效益低,国际竞争力差,我国大豆种植面积、总产占世界大豆生产比重越来越低。为满足巨大的需求缺口,我国大豆进口量逐年增加。因此,在种植面积不能扩大的前提下,提高大豆单产、降低成本投入成为提高我国大豆国际竞争力的必要措施。

播种是作物生产过程中最重要的环节之一,播种质量不仅直接影响作物出苗质量、作物生长发育、群体建成和产量的形成,而且关系到生产效率和最终效益<sup>[5-6]</sup>。因此,深入研究和完善特定生态

区域和种植制度下作物的播种技术,对提高区域生产水平和效益至关重要<sup>[7]</sup>。冬小麦-夏大豆是黄淮海农业生产中重要的轮作方式之一。近年来,随着农田生产能力的提高,麦收后留田秸秆量越来越大,给后茬大豆的播种带来诸多不便;当地生产上普遍采用的浅旋人工撒播和常规免耕机械条播也在实践中暴露出较多的问题<sup>[8]</sup>。因此,在黄淮海地区迫切需要一种新的适应当前生产需求的大豆免耕播种技术。国家大豆产业技术体系成立以来,针对黄淮海麦茬大豆生产所面临的诸多问题,研发了麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术。本文结合近年来的试验示范数据对麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术的核心作业环节进行介绍,旨在为麦茬大豆免

收稿日期:2017-10-30  
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-04);公益性行业(农业)科研专项(201303011);国家重点研究发展计划(2017YFD0101406)。

第一作者简介:徐彩龙(1986-),男,博士,助理研究员,主要从事作物高产与资源高效利用研究。E-mail: xucailong@caas.cn。  
通讯作者:吴存祥(1969-),男,博士,研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培研究。E-mail: wucunxiang@caas.cn。  
韩天富(1963-),男,博士,研究员,主要从事大豆遗传育种和产业技术研发工作。E-mail: hantianfu@caas.cn。

耕覆秸精量播种技术推广和应用提供理论借鉴。

### 1 黄淮海麦茬大豆生产面临的问题

黄淮海地区是我国重要的粮食主产区,其大豆种植面积和总产均占全国大豆种植总面积和总产的30%左右<sup>[9]</sup>。该地区大豆产量稳定且品质优良,据测定,当地主栽大豆品种籽粒粗蛋白含量平均在41%以上,且属于全价蛋白,适宜于生产食用豆制品和大豆蛋白产品,为豆制品加工企业提供了优质的大豆原料,具有很好的市场前景<sup>[10-11]</sup>。黄淮海地区大豆的前茬作物为小麦,小麦收获后,田间麦秸量大且薄厚分布不均,麦茬较高,传统播种方式播种过程易出现堵塞、下种量不均匀、种子深浅不一等问题,从而大豆出苗率和均匀度低,进而影响大豆生长和产量形成<sup>[8]</sup>。长期以来,为保证大豆播种质量,农户以焚烧方式处理大田麦秸,造成了严重的环境污染和巨大的资源浪费<sup>[12-13]</sup>。此外,秸秆焚烧后,土地裸露,一方面地表散墒严重,土壤保水性差;另一方面,由于黄淮海耕地以砂浆黑土为主,降雨后裸露的地表土壤易板结,此等均不利于大豆出苗和后期生长<sup>[14]</sup>。近年来,随着政府环境治理力度的加大和农业机械化的普及,越来越多的农户选择机械灭茬方式处理秸秆,然后旋耕后播种或直接播种。旋耕后播种不仅费工费时,增加种植成本,而且麦秸混入耕层,易造成播后种子露风和吸水困难,不利于大豆出苗<sup>[8,15]</sup>。同时,机械操作程序的增

多显著增加了犁底层厚度,不利于大豆根系的下扎和根瘤的形成<sup>[16-17]</sup>,造成大豆根系水肥吸收受阻且植株易发生倒伏,影响产量<sup>[18-19]</sup>。巨大的环境代价和大量生产成本的投入,使黄淮海地区的大豆生产效益连年下降,对该地区大豆产业的发展产生了巨大威胁<sup>[3,4]</sup>。因此,黄淮海地区迫切需要一种轻简、高效、机械化的麦茬大豆生产技术,来提高本地区大豆播种质量,降低大豆生产成本,进而实现本地区农业的绿色高产高效可持续发展。

### 2 麦茬大豆免耕覆秸播种技术的研发

由于麦秸量大处理困难、播种机堵塞播种不匀、种子与土壤结合不紧密、土壤散墒板结严重等问题,黄淮海夏大豆一直未能实现真正的精量播种。此外,长期以来黄淮海地区的大豆播种和后期管理程序多,生产投入多,收益少。在深入基层广泛调研的基础上,国家大豆产业技术体系把“精播保苗蓄墒”作为黄淮海麦茬夏大豆区技术研发的重点,同时希望把田间病虫害的管理内容结合到播种程序中来,以此降低生产成本和劳动力投入。经过多年协同攻关,产业体系研发出免耕覆秸精量播种技术和配套机具,利用免耕覆秸精量播种机播种,可一次完成侧向抛秸(秸秆覆盖)、分层施肥(药)、精量播种、覆土镇压、封闭除草等核心作业环节(图1),同步实现小麦秸秆全量还田、大豆精量播种和田间病虫害的防治<sup>[20-21]</sup>。

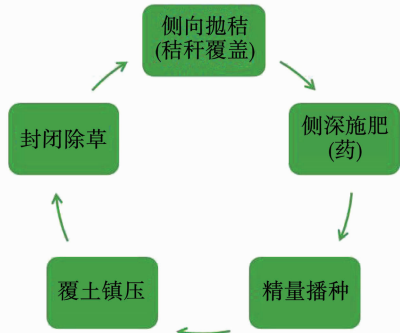


图1 麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术核心环节

Fig. 1 The core of no-tillage plus straw mulching and precise sowing for soybean after winter wheat

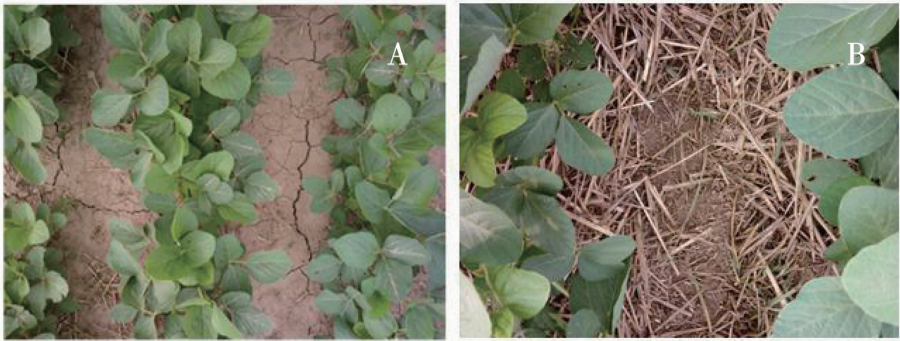
#### 2.1 侧向抛秸(秸秆覆盖)

秸秆侧向抛撒是大豆免耕覆秸精量播种技术的一个突出特点,在横向清理待播种地块麦秸的同时,将横向抛出的麦秸均匀的覆盖到侧面已播种的苗带上。赵俊卿等<sup>[15]</sup>比较了免耕覆秸精量播种、常规机械播种和人工小耢3种植方式对大田土壤的影响,结果表明,与常规机械播种和人工小耢播种技术相比,免耕精量播种技术减轻了田间作业对耕层土壤的破坏,耕层土壤硬度低,同时表层土壤温度较低,湿度较大。王幸等<sup>[8]</sup>对比了大豆免耕覆秸

精量播种、灭茬条播和灭茬浅旋3种植方式对大豆田间土壤物理性状的影响,结果表明,与其它播种方式相比,在大豆播种后至苗期期间,经免耕覆秸技术播种的田间土壤温度显著降低,土壤湿度显著升高。上述研究结果表明,免耕覆秸精量播种技术将麦秸均匀地覆盖在地表上,防止了地表裸露(图2B),减少了太阳对地表土的直射,降低了地表温度,减少了耕层土壤水分散失,充分发挥了秸秆覆盖的保墒作用<sup>[22-23]</sup>,有利于大豆早期的生长发育。此外,王幸等<sup>[8]</sup>在徐州3年的定位试验还得

出,经免耕覆秸播种的大豆出苗率可达 90% 以上,较灭茬条播和灭茬浅旋播种方式的出苗率分别提高了 7.2% 和 36.4%。说明秸秆的均匀覆盖有效缓

解了降雨对土壤的击溅打击和径流淤积压实等不利影响,从而降低了雨后土壤表土结皮现象<sup>[14,24]</sup>,有利于大豆的出苗和生长(图 2)。



A 秸秆清除播种;B 免耕覆秸精量播种。  
A; Soybean planted after straw removing; B; No-tillage plus straw mulching and precise sowing.

图 2 雨后地表状况(新乡,2017)

Fig. 2 Surface condition of soil after rain (Xinxiang, 2017)

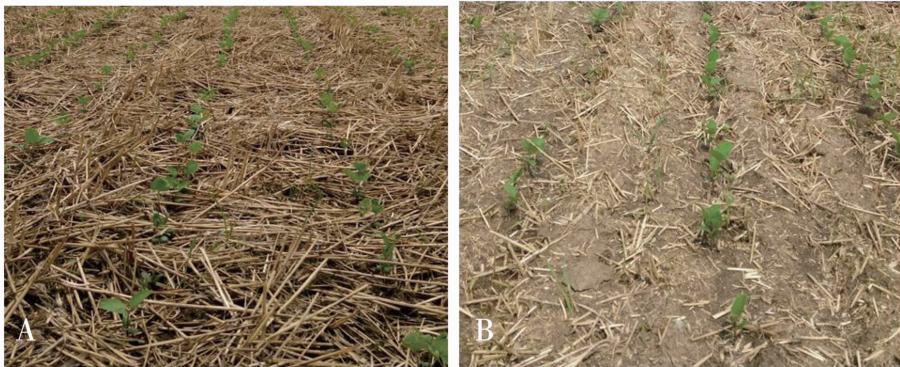
2.2 侧深施肥(药)

与肥料人工田间撒施相比,机械开沟施肥不但节省了劳动力、提高了作业效率,而且显著提高了肥料的利用效率<sup>[25]</sup>。有研究表明,与地表撒施氮肥相比,氮肥侧深 5~10 cm,作物氮肥利用效率可显著提高 9.1%~12.8%<sup>[26]</sup>。此外,在大豆生产中,地下害虫(蛴螬、蝼蛄)对根系的撕咬和病菌(镰刀菌、腐霉菌等)对根系的侵染均可对大豆根系的功能造成损害,进而影响大豆产量形成,而药剂拌种或根际用药对大豆田间根腐病等的防效可达 60% 以上<sup>[27]</sup>。免耕覆秸精量播种技术将施肥和对大豆地下病虫害的防治结合到播种过程中,降低了生产成本,提高了肥效和药效。施肥(药)铲在排种器侧前方,作业过程中施肥(药)铲先对耕层土壤进行松土和施肥(药),保证施肥(药)带与播种带垂直距离和

水平距离分别为 5~7 cm 和 6~10 cm。施肥(药)和播种一体化有效减少了作业程序和作业成本,降低了农业机械对土壤的压实,同时肥和药直接作用于根际,有利于提高肥效和药效。

2.3 精量播种和覆土镇压

精量播种和覆土镇压是免耕覆秸精量播种技术的重要环节。在秸秆被侧向抛撒和侧深施肥(药)工序之后,大豆播种条带基本无秸秆残留,因此便于种子在田间分布,不存在排种器堵塞现象,株距均匀。此外,通过覆土镇压,加大了种子与土壤的接触,便于出苗。通过几道工序的综合作用,大豆的播种匀度和出苗匀度显著提高,减少了大豆生产中普遍存在的缺苗断垄现象(图 3)。研究表明,改灭茬条播为免耕覆秸精量播种,大豆株距变异系数可由 19.75% 降至 10.33%<sup>[8]</sup>。



A: 免耕覆秸精量播种;B: 麦秸灭茬播种。  
A; No-tillage plus straw mulching and precise sowing; B; Soybean planted after straw crushing.

图 3 田间出苗(宿州,2017)

Fig. 3 Seedling stage of soybean (Suzhou, 2017)

2.4 封闭除草

田间杂草可显著影响大豆生长和产量形成。研究表明,通过比较药剂或人工除草的大田与不经除草处理的大田的大豆产量发现前者产量可提

高 8.8%<sup>[28]</sup>。田间除草方式多种多样,而封闭除草是将除草剂均匀地喷洒到土壤上形在一定厚度的药层,当杂草种子的幼芽、幼苗及其根系被接触吸收而起到杀草作用,这种除草技术在造成危害之前



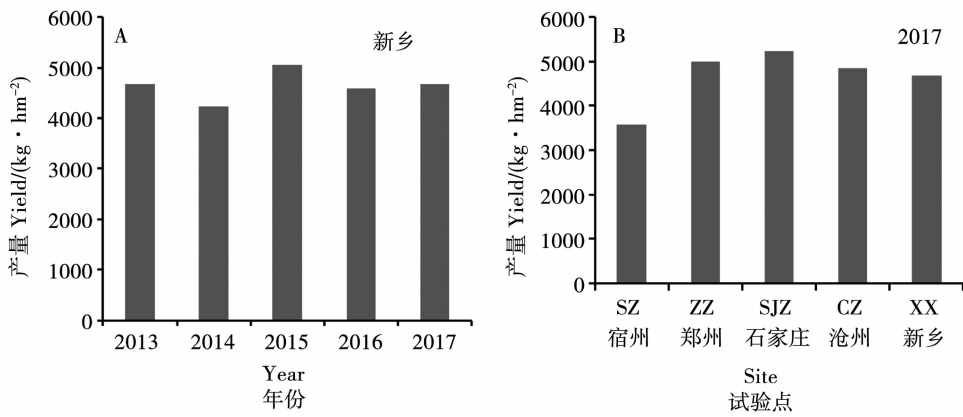
去除杂草,有利于大豆苗期生长,除草效果比较稳定,与苗后除草相比也易操作。免耕覆秸精量播种技术是将播种机上安装药箱和喷雾装置,在播种机播种镇压后直接将封闭除草药剂喷施于土壤表面,秸秆覆盖提高药剂利用率和除草效果,同时减少了作业环节,显著降低了劳动成本<sup>[21-22]</sup>。

3 应用效果

经过国家大豆产业技术体系的协同攻关而逐步形成的麦茬大豆免耕覆秸精量播种技术在黄淮海地区得到大面积的示范、推广和应用,并且增产效果显著。在中国农业科学院新乡试验基地连续5年实收测产中,其中4年大豆产量超过4 500 kg·hm<sup>-2</sup>,5年平均单产达到4 641.1 kg·hm<sup>-2</sup>;2017年,在黄淮海地区5个示范点实收测产中,4个示范点大豆

产量超过4 600 kg·hm<sup>-2</sup>,5点平均单产达到4 663.7 kg·hm<sup>-2</sup>(图4)。

免耕覆秸精量播种技术依托于免耕覆秸精量播种机一次性完成麦茬大豆播种,免去了秸秆清理、秸秆灭茬粉碎、后期追肥和除草剂喷施等环节,劳动成本投入显著降低。同时,秸秆的抛撒覆盖有利于大豆播种的顺利进行和出苗,提高大豆整齐度和均匀度,进而提高产量,增加产值。研究表明,与常规机械条播和人工小耢播种种植方式相比,免耕覆秸精量播种可分别增加收益1 053和2 109元·hm<sup>-2</sup><sup>[15]</sup>。同时,在免耕覆秸精量播种技术的推广下,黄淮海地区秸秆就地焚烧现象得以避免,既保护了环境,秸秆又得到还田利用,促进了农业可持续发展。



A: 新乡示范点连续5年大豆产量; B: 2017年黄淮海生产区5个示范点大豆产量。  
A: Soybean yield in Xinxiang for 5 years; B: Soybean yield of 5 demonstration sits in 2017.  
SZ: Suzhou; ZZ: Zhengzhou; SJZ: Shijiazhuang; CZ: Cangzhou; XX: Xinxiang

图4 免耕覆秸精量播种示范点大豆产量

Fig. 4 The soybean yield using no-tillage plus straw mulching and precise sowing cultivation technology in demonstration sit

4 展望

免耕覆秸精量播种技术集多项作业环节为一体,既减少了人力投入和机械损耗,又解决了小麦秸秆还田难题,保证了大豆播种和出苗质量,有利于大豆生长发育,提高产量。免耕覆秸精量播种技术在大豆生产过程中降低了生产成本,提高了大豆的种植效益,因此该技术在黄淮海大豆生产区具有广阔的应用前景。机械作业次数的减少、长期的免耕和秸秆还田覆盖势必会改变了土壤的理化性状,因此,在冬小麦-夏大豆模式中,免耕覆秸大田的土壤理化性状及大豆根系特性等有待下一步研究。

参考文献

[1] Song W, Yang R, Wu T, et al. Analyzing the effects of climate factors on soybean protein, oil contents and compositions by extensive and high-density [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64: 4121-4130.

[2] Wu T, Yao Y, Sun S, et al. Temporospacial characterization of nutritional and bioactive components of soybean cultivars in China [J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2016, 93: 1-18.

[3] 栾立明, 郭庆海. 中国大豆产业国际竞争力现状与提升途径 [J]. 农业经济问题, 2010, 31(2): 99-103. (Luan L M, Guo Q H. The international competitiveness situation and improve ways in soybean industry of China [J]. Issues in Agricultural Economy, 2010, 31(2): 99-103.)

[4] 何秀荣, 孙宾成, 杨树果, 等. 大豆目标价格政策执行中的主要问题和政策建议 [J]. 大豆科技, 2015(5): 1-5. (He X R, Sun B C, Yang G S, et al. The main problem and policy suggestions in soybean target price [J]. Soybean Science & Technology, 2015(5): 1-5.)

[5] 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 and Environment, 2010, 56 (10): 482-487.

[6] 孙建军, 房全孝, 高煊文, 等. 免耕条件下提高冬小麦播种质量及其产量的研究 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(18): 65-70. (Sun J J, Fang Q X, Gao H W, et al. Improving planting

- quality and crop yield for no tillage winter wheat [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(18): 65-70. )
- [7] 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. (Tang Y L, Li C S, Wu C, et al. Effects of sowing patterns on establishment quality, grain yield and production benefit of intercropping wheat in hilly countries [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(24): 5089-5097. )
- [8] 王幸, 吴存祥, 齐玉军, 等. 麦秸处理和播种方式对夏大豆农艺性状及土壤物理性状的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(8): 1453-1465. (Wang X, Wu C X, Qi Y J, et al. Effects of straw management and sowing methods on soybean agronomic traits and soil physical properties [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(8): 1453-1465. )
- [9] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2014[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014. (National Bureau of Statistic of China. China statistical yearbook 2014 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2014. )
- [10] 韩飞, 刘勇. 中国大豆蛋白产业现状及发展方向[J]. 大豆科技, 2013(3): 13-16. (Han F, Liu Y. Present situation and development direction of soybean protein industry in China [J]. Soybean Science and Technology, 2013(3): 13-16. )
- [11] 宋雯雯, 秦培友, 杨修仕, 等. 中国大豆品质性状的地理分布[J]. 大豆科技, 2013(3): 5. (Song W W, Qin P Y, Yang X S, et al. Geographical distribution of character traits for Chinese soybean [J]. Soybean Technology, 2013(3): 5. )
- [12] 何立明, 王文杰, 王桥, 等. 中国秸秆焚烧的遥感监测与分析[J]. 中国环境监测, 2007, 23(1): 42-50. (He L M, Wang W J, Wang Q, et al. Evaluation of the agricultural residues burning reduction in China using MODIS fire product [J]. Environmental Monitoring in China, 2007, 23(1): 42-50. )
- [13] 李飞跃, 汪建飞. 中国粮食作物秸秆焚烧碳排放量及转化生物炭固碳量的估算[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 1-7. (Li F Y, Wang J F. Estimation of carbon emission from burning and carbon sequestration from biochar producing using crop straw in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(14): 1-7. )
- [14] 武婷婷, 吴存祥. 土壤结皮对大豆出苗的影响及黄淮海地区的关键解决技术[J]. 大豆科学, 2017, 36(5): 813-817. (Wu T T, Wu C X. The influence of soil crusting on emergence of soybean and its key solution in Huang-Huai-Hai River Valley [J]. Soybean Science, 2017, 36(5): 813-817. )
- [15] 赵俊卿, 任建军, 卢为国, 等. 免耕覆秸精量播种技术在麦茬夏大豆中的节本增收效果分析[J]. 大豆科技, 2012(4): 19-21, 25. (Zhao J Q, Ren J J, Lu W G, et al. Cost-reducing and profit-enhancing analysis of no-tillage straw mulching precision sowing in wheat-summer soybean system in Huang-Huai-Hai Region [J]. Soybean Science & Technology, 2012(4): 19-21, 25. )
- [16] Rosolem C A, Foloni J S, Tiritan C S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction [J]. Soil & Tillage Research, 2002, 65(1): 109-115.
- [17] 林蔚刚, 吴俊江, 刘丽君, 等. 保护性耕作对土壤部分物理特性及大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(2): 238-243. (Lin W G, Wu J J, Liu L J, et al. Impact of conservation tillage on soil water and some physical properties and soybean yields (*Glycine max* (L.) Merrill) [J]. Soybean Science, 2010, 29(2): 238-243. )
- [18] Cooper R L. Influence of early lodging on yield of soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.] [J]. Agronomy Journal, 1971, 63(3): 449-450.
- [19] 杨光, 谢甫绶, 丁国华, 等. 磷酸二铵对超高产和普通大豆品种根系形态的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(2): 65-70. (Yang G, Xie F D, Ding G H, et al. Effect of different diammonium phosphate levels on root morphology and yield of super-high yield soybean [J]. Soybean Science, 2015, 34(2): 65-70. )
- [20] 赵俊卿. 麦茬夏大豆免耕覆秸精量播种技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012. (Zhao J Q. Study on technological for no-tillage with straw mulching precise sowing of directly-seeded summer soybean after winter wheat [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012. )
- [21] 赵云. 冬小麦茬口特性对黄淮海夏大豆免耕覆秸播种效果的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013. (Zhao Y. Effects of winter wheat stubble status on sowing quality of summer-grown soybean under direct seeding and straw covering conditions[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013. )
- [22] 姚宝林, 施炯林. 秸秆覆盖免耕条件下土壤温度动态变化研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1128-1129, 1132. (Yao B L, Shi J L. Study on the dynamic change of soil temperature under the condition of no-tillage with straw cover [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(3): 1128-1129, 1132. )
- [23] Fernández U O, Virto I, Bescansa P, et al. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils [J]. Soil and Tillage Research, 2009, 106: 29-35.
- [24] Morin J, van W J. The effect of raindrop impact and sheet erosion on infiltration rate and crust formation [J]. Soil Science, 1996, 60: 1223-1227.
- [25] 王火焰, 周健民. 根区施肥—提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施[J]. 土壤, 2013, 45(5): 785-790. (Wang H Y, Zhou J M. Root-zone fertilization—A key and necessary approach to improve fertilizer use efficiency and reduce non-point source pollution from the cropland [J]. Soils, 2013, 45(5): 785-790. )
- [26] 高凤菊, 吕金岭. 尿素深施对小麦产量及氮肥利用率的影响[J]. 山东农业科学, 2006, 3: 48-49. (Gao F J, Lyu J L. Effect of urea deep application on grain yield and nitrogen use efficiency for wheat [J]. Shandong Agricultural Science, 2006, 3: 48-49. )
- [27] 张淑梅, 王玉霞, 赵晓宇, 等. 生物拌种剂防治大豆根腐病效果和机制[J]. 大豆科学, 2009, 28(5): 863-868, 874. (Zhang S M, Wang Y X, Zhao X Y, et al. Efficacy and mechanism of biological seed coating agent against soybean root rot disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vedolens* [J]. Soybean Science, 2009, 28(5): 863-868, 874. )
- [28] 任建军. 黄淮海麦茬夏大豆杂草防效研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012. (Ren J J. Study on weed management of summer-sowing soybean after winter wheat in Huang-Huai-Hai region of China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012. )