

不同耕作方式对北疆夏大豆荚粒空间分布及产量的影响

唐江华, 苏丽丽, 张永强, 李亚杰, 徐文修, 赵有来, 胡春辉
(新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 采用大区试验设计, 研究滴灌条件下翻耕覆膜(TP)、翻耕(T)、旋耕(RT)、免耕(NT)四种耕作方式对北疆复播大豆的农艺性状、单株荚数、粒数的空间垂直分布、每荚粒数及产量的影响。结果表明, 夏大豆的主要农艺性状基本表现为土壤实施耕作处理均优于免耕, 其中以翻耕覆膜的效果最好, 翻耕次之; 单株荚数和粒数的空间垂直分布因耕作方式而异, 翻耕覆膜、翻耕、旋耕的主要分布于主茎的中层和上层, 免耕的主要分布于主茎中层和下层; 不同荚粒的数量均与单株产量呈正相关, 其中 2 粒荚和 3 粒荚的数量是构成不同耕作方式单株产量的主体, 相关系数分别为 $r=0.99^{**}$ 和 $r=0.98^{**}$; 各类荚的数量均以翻耕覆膜的最多, 使得其单株荚数和单株粒数的数量均最多, 与其它各处理均达极显著差异水平 ($P<0.01$), 其产量分别比翻耕、旋耕、免耕的增产 7.43%、10.85% 和 16.05%。

关键词: 夏大豆; 滴灌; 耕作方式; 农艺性状; 荚粒空间分布; 荚粒数量; 产量
中图分类号: S341.1; S565.1 **文献标志码:** A

Effects of tillage patterns on spatial distribution of seeds and yield of summer soybean in North Xinjiang

TANG Jiang-hua, SU Li-li, ZHANG Yong-qiang, LI Ya-jie, XU Wen-xiu, ZHAO You-lai, HU Chun-hui
(Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: In order to explore the effects of different tillage patterns on agronomic traits, seeds per plant, space vertical distribution of seeds, seeds per pod, and yield of summer soybean under drip irrigation in North Xinjiang, four tillage treatments including tillage of plus (TP), tillage (T), rotary-till (RT) and no-till (NT) were adopted in large plot areas of the field. The results demonstrated that the agronomic traits of TP, T and RT were better than those of NT, among which TP was the best and T was second. Space vertical distribution of pod number and seed number per plant varied due to tillage methods. The space vertical distribution of TP, T and RT were mainly distributed in the middle and upper portions of the main stem, but NT was mainly distributed in the middle and lower parts of the main stem. The number of different seed pods was positively correlated to yield per plant. Two-seed and three-seed pods were the main compositions of the yield per plant under different tillage methods, with correlation coefficients of 0.99 and 0.98, respectively. TP resulted in the most number of various types of pods, and made the number of pod number and seed number of per plant the most, reaching a significant difference level from other treatments ($P<0.01$). As a result, the yield became increased 7.43%, 10.85% and 16.05% more than that of T, RT and NT respectively.

Keywords: summer soybean; drip irrigation; tillage pattern; agronomic trait; spatial distribution of pod and seed; number of pod and seed; yield

大豆各个节位叶片和荚都构成一个“源—库”系统, 单株荚数和粒数是影响大豆产量的主要因素, 豆荚在植株上的分布与产量形成密切相关。有关荚粒分布与产量的关系, 前人已做了大量的研究工作, 游

收稿日期: 2015-02-24
基金项目: 新疆科技特派员项目; 农业部公益性行业专项(201103001); 新疆研究生科研创新项目(XJGR12014078)
作者简介: 唐江华(1987—), 男(土家族), 重庆酉阳人, 硕士, 研究方向为绿洲高效农作制度。E-mail: yisyls@sina.com。
通信作者: 徐文修(1962—), 女, 河北蠡县人, 教授, 博士生导师, 主要从事农作制度与农业生态研究。E-mail: xjwx@sina.com。

明安等^[1-2]研究认为,豆荚分布为“均匀—主茎型”或“均匀—并重型”是相对高产的空间分布类型。陶丹等^[3]指出,豆荚集中于上中部的品种往往产量较高,其次是均匀型,产量最低为中下层型。王连铮等^[4]、章建新等^[5]、李金霞等^[6]认为,高产超高产豆荚主要分布在植株的中上部,顶部较多。而大豆豆荚空间分布又与许多栽培措施有关。张永强等^[7]、王程等^[8]认为,密度过大下层豆荚比例减少,密度过小上层豆荚比例减少。刘庆华等^[9]认为,花荚期不同田间持水量能够影响大豆荚粒分布密度、分布重心,田间持水量过高或过低都会抑制荚、粒分布密度,降低分布重心,而适宜的田间持水量不仅能增加荚粒的分布密度,还能提高分布重心。章建新等^[10]认为,合理施氮能增加主茎各节的荚数和粒数,尤其是提高群体上部的荚粒数。以上这些研究多集中于春大豆,而不同耕作方式对夏大豆荚粒空间垂直分布的影响研究鲜有报道。近年,随着新疆气候朝着暖湿变化^[11],伊犁河谷气温也上升明显^[12-13],作物生长季延长,麦后种植复种大豆呈扩大趋势。为此,本试验通过对不同耕作方式下复播大豆荚粒空间垂直分布、各粒豆荚组成比例及产量变化规律的研究,旨在为北疆复播大豆高产栽培选择适宜的耕作方式提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年 7 月—10 月在伊犁哈萨克自治州伊宁县农业科技示范园进行。该区位于天山西段、伊犁河谷中部,有喀什河、博尔博松河、布力开河、吉尔格朗河等河流。地理坐标在东经 81°、北纬 44°之间,气候属温带大陆性半干旱气候,冬春温暖湿润,夏秋干燥较热,昼夜温差明显,日照时数年平均可达 2 800 ~ 3 000 h,年均降水量 257 mm,全年无霜期 169 ~ 175 d。试验地基本肥力:有机质含量 2.35 g·kg⁻¹,碱解氮 85.2 mg·kg⁻¹,速效磷 21.8 mg·kg⁻¹,速效钾 116 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验采用耕作方式为单因子试验设计,共设置翻耕(T)、翻耕覆膜(TP)、旋耕(RT)、免耕(NT)4 种处理,均于冬小麦收获后进行。翻耕深度均为 30 cm,其中翻耕处理为犁翻整地后直接播种;翻耕覆膜处理则在翻耕处理的基础上铺膜,膜宽 70 cm;旋耕处理则使用旋耕机旋深 15 cm 后播种;免耕则是在留茬 25 cm 的麦茬地上直接播种。每个处理总面积为 100 m²(4 m×25 m),每个处理划分为同等面积

的 3 个小区为 3 次重复。供试品种为黑河 43 号,各处理均于 7 月 12 日人工播种,种植方式为 30 cm 等行距;灌溉方式为滴灌,滴灌带采用 1 管 2 行(一条滴灌带管两行大豆)的铺设方式。免耕随播种开沟施肥,其它各处理均在播前结合整地施肥,各处理均施尿素 225 kg·hm⁻²,磷酸二胺 150 kg·hm⁻²,开花期各处理均结合灌水滴施尿素 150 kg·hm⁻²,全生育期共滴水 8 次,总耗水量为 4 200 m³·hm⁻²。其它田间管理措施同当地。

1.3 测定项目与方法

自苗期开始,每个重复选取长势均匀一致的大豆 5 株挂牌,每隔 10 d 测定其株高、茎粗和主茎复叶数。大豆成熟后,在各处理每个重复内,选取长势均匀一致的 3 个点,每个点的面积为 9.75 m²进行实收,计算出每个处理的产量;另在每个点上选取具有代表性的大豆 20 株,其中 10 株进行室内考种,另 10 株用来测定植株各层次的豆荚数以及各层次的粒数。层次以夏大豆主茎的茎节数来划分,具体从下往上分为 3 层,1~4 节为下层,5~9 节为中层,10 节及以上为上层,同时根据大豆豆荚子粒数量的多少将豆荚分为 1 粒荚、2 粒荚、3 粒荚、4 粒荚^[14-15],并分别测定各层次各粒荚的数量以及各层次的总粒数。

1.4 数据处理

所有数据用 Excel 2010 和 DPS 7.05 软件进行处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 耕作方式对夏大豆植株性状的影响

由表 1 可知,翻耕覆膜、翻耕和旋耕的夏大豆农艺性状基本上均优于免耕处理的,其中以翻耕覆膜、翻耕处理的表现较好,尤其是翻耕覆膜对夏大豆生长发育的促进作用更明显,其株高比翻耕、旋耕和免耕处理的分别增高 9.41%、14.86% 和 13.47%,并均达极显著差异水平;茎粗和单株复叶数除与翻耕差异不显著外,与旋耕和免耕均达极显著差异水平,较二者平均茎粗增加 30.10%、平均复叶数增多 10.24%。

2.2 耕作方式对主茎荚数和粒数垂直分布的影响

图 1 表明,夏大豆的主茎荚数、粒数的空间垂直分布规律因耕作方式不同而相异。实施土壤耕作的 3 种处理的大豆主茎荚数和粒数在空间上的垂直分布均以中层和上层为主,分别占单株总荚数的 73.40% ~ 79.88%、占单株总粒数的 75.75% ~ 80.42%,而免耕处理的则以中层和下层为主,分别占单株总荚数、单株总粒数的 73.26%、74.12%。

表 1 不同耕作方式对植株性状的影响

Table 1 Effects of different tillage managements on plant characteristics of summer soybean

处理 Treatments	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	复叶数 Leaf number /片
TP	69.07aA	0.67aA	10.07aA
T	63.13bB	0.60abAB	9.73abA
RT	60.13cB	0.54bcB	9.60bA
NT	60.87bcB	0.49cB	8.67cB

注:同列小写字母为差异显著,大写字母为差异极显著。

Note: The lowercase letters represented a significance level at $P = 0.05$, and the capital letters denoted a significance level at $P = 0.01$.

进一步分析不同处理夏大豆单株豆荚数和单株粒数在各层的分布状况可知,各处理在植株下层的荚数和粒数均表现为翻耕覆膜 > 翻耕 > 免耕 > 旋耕,其中翻耕覆膜的和翻耕的、旋耕的和免耕的均达

极显著差异水平,尤其是翻耕覆膜的增幅最大,单株荚数和单株粒数分别比免耕的增加 21.05%、16.66%,比旋耕的增加 53.33%和 47.01%。植株中层各处理荚数和粒数仍以翻耕覆膜最多,较其它各处理的均达极显著差异水平;其次是免耕处理的,比翻耕的和旋耕的荚数分别增加 14.55%和 17.63%、粒数分别增加 20.27%和 19.91%,均达极显著差异水平;而翻耕的和旋耕的差异不显著。对于植株上层,翻耕覆膜、翻耕及旋耕处理的夏大豆的荚数和单株粒数均高于免耕,其平均荚数比免耕的增加 118.2%,平均粒数比免耕的增加 116.98%,均达极显著差异水平,使得免耕处理的单株荚数和粒数的总量最低;而翻耕覆膜、翻耕、旋耕处理又以翻耕覆膜的荚数最多,翻耕处理的粒数最多,但均无显著差异。由此可见,夏大豆植株各层的荚数和粒数均在翻耕覆膜后表现最好。

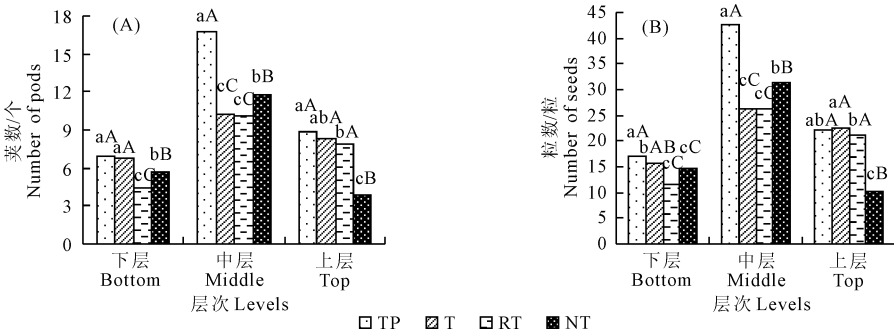


图 1 不同耕作方式对不同层次夏大豆单株荚数(A)、单株粒数(B)的影响

Fig.1 Vertical distributions of pod (A) and seed (B) numbers with different tillage treatments

2.3 耕作方式对不同粒数荚与单株产量的影响

大豆每荚粒数的多少决定着产量的高低,其不仅与品种自身的基因型有关,更受生长环境的影响,而耕作方式作用于土壤直接影响着夏大豆的生长环境,进而影响大豆每荚的豆粒数。对 4 种不同粒荚

与单株产量作相关性分析表明(表 2),各类豆荚与单株产量均呈正相关,其中 2 粒荚、3 粒荚与单株产量的相关系数较高,分别为 $r = 0.99^{**}$ 和 $r = 0.98^{**}$,并均达极显著正相关。这说明不同耕作方式单株产量主要由 2 粒荚、3 粒荚的数量构成。

表 2 夏大豆不同粒数荚的数量与单株产量的相关性分析

Table 2 Correlations between yields and numbers of seed per pod of summer soybean

各因子 Factors	1 粒荚 One-seed pods	2 粒荚 Two-seed pods	3 粒荚 Three-seed pods	4 粒荚 Four-seed pods	单株产量 Yield of per plant
1 粒荚 One-seed pods	1.00				
2 粒荚 Two-seed pods	0.82	1.00			
3 粒荚 Three-seed pods	0.79	1.00 ^{**}	1.00		
4 粒荚 Four-seed pods	0.96 [*]	0.77	0.74	1.00	
单株产量 Yield of per plant	0.90 [*]	0.99 ^{**}	0.98 ^{**}	0.85	1.00

注(Note): * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

进一步分析不同耕作方式间 1 粒荚、2 粒荚、3 粒荚和 4 粒荚的数量关系可知(表 3),各处理间均以翻耕覆膜处理的荚数最高,并与各处理间达极显

著差异。翻耕处理的除 2 粒荚和 3 粒荚与旋耕处理的差异不显著外,均与各处理的各类荚达极显著差异水平。旋耕处理的 1 粒荚和 4 粒荚的数量虽然较

免耕分别低 52.10% 和 30.41%,但其 2 粒荚和 3 粒荚的数量较免耕分别高 15.86%、12.62%,并达极显著差异水平。可见,对土壤实施耕作处理更利于夏大豆 2 粒荚、3 粒荚的形成,尤其是在土壤翻耕覆膜处理后不仅 2 粒荚、3 粒荚的数量增多,其 1 粒荚和 4 粒荚的数量也明显增加。

表 3 耕作方式对夏大豆每荚粒数的影响/个
Table 3 Effects of different tillage managements on numbers of seeds per pod of summer soybean

处理 Treatments	1 粒荚 One-seed pods	2 粒荚 Two-seed pods	3 粒荚 Three-seed pods	4 粒荚 Four-seed pods
TP	4.39aA	10.97aA	13.31aA	3.92aA
T	3.22bB	8.22bB	10.86bB	3.03bB
RT	1.19dC	8.11bB	10.89bB	2.17cC
NT	1.81cC	7.00cC	9.67cC	2.83bBC

注:同列小写字母为差异显著,大写字母为差异极显著。
Note: The lowercase letters represented a significance level at $P=0.05$, and the capital letters denoted a significance level at $P=0.01$.

2.4 耕作方式对产量及产量构成因素的影响

由表 4 可知,不同耕作方式的夏大豆的产量表现为翻耕覆膜>翻耕>旋耕>免耕,其中翻耕的分别比旋耕的、免耕的增产达 3.18%、8.02%,且翻耕覆膜的不仅比翻耕的增产达 7.43%,更是比旋耕的、免耕的分别增产 10.85%、16.05%,均达极显著差异水平。从不同耕作方式的产量构成因素来看,土壤实施耕作处理的夏大豆的单株荚数、单株粒数、百粒重均高于免耕。

表 4 耕作方式对夏大豆产量及产量构成因素的影响
Table 4 Effects of different tillage managements on yield and yield components of summer soybean

处理 Treatments	单株荚数 Pods per plan/个	单株实粒数 Seeds per plant/粒	百粒重 100-seed weight/g	实收产量 Yield/(kg·hm ⁻²)
TP	32.41aA	76.69aA	16.99aA	2795.91aA
T	25.32bB	60.17bB	16.54abAB	2602.58bB
RT	22.37cBC	55.64cC	16.09bcAB	2522.27bBC
NT	21.31cC	52.14dD	15.45bB	2409.24cC

注:同列小写字母为差异显著,大写字母为差异极显著。
Note: The lowercase letters represented a significance level at $P=0.05$, and the capital letters denoted a significance level at $P=0.01$.

3 讨论与结论

- 1) 与免耕相比,在同期播种条件下,耕作措施处理后夏大豆的株高、茎粗、单株复叶数较好,尤其是翻耕覆膜的,由于地膜覆盖的增温保墒效果,对大豆生长的促进作用明显,各项农艺性状表现最好。
- 2) 大豆荚粒空间分布与高产密切相关^[1,16],提高中、上部的荚数和粒数是提高大豆产量的重要途径^[3,6]。本研究认为,土壤实施耕作措施处理后,因对土壤的扰动,夏大豆的植株长势较好,形成较适宜的群体空间,利于中层和上层的荚、粒的形成,并促进多粒荚的形成。翻耕覆膜后,进一步抑制了土壤水分蒸发,保墒、提墒作用明显,不仅中层和上层的荚数和粒数最多,其下层也均优于各处理,相应的产量也相对较高;免耕的则以中层和下层的为主,其产量最低,与前人研究结果一致。
- 3) 关于耕作措施对作物产量的影响已有研究,

但结论不尽一致^[17-22]。有的研究表明免耕能够提高作物的产量,其原因则主要归咎于免耕的土壤在作物苗期的蓄水保墒能力较强;也有研究表明免耕、少耕导致土壤紧实,不利于出苗和作物生长发育,导致作物的产量降低。本试验结果表明,采取土壤耕作措施的夏大豆的产量较高,翻耕覆膜处理的达最高。这表明在同期播种条件下,土壤实施耕作处理能够有效地改善耕层土壤的物理条件,有利于作物根系伸展,汲取更多的土壤水分和养分,尤其是在翻耕覆膜后,既增强了土壤的保墒功能,又减少了田间水分无效蒸发,进一步提高了水资源利用效率,保证了成荚鼓粒时对养分和水分的需求。且促进了多粒荚的形成,提高了单株总粒数,进而达到高产;免耕在同期播种下,农耗期短的优势得不到充分体现,植株长势较差,影响荚、粒的形成,进而影响产量,导致减产。

(下转第 166 页)

AsA – GSH 循环中 APX 活性的影响,对该循环中的谷胱甘肽还原酶 (GR)、脱氢抗坏血酸还原酶 (DHAR)和单脱氢抗坏血酸还原酶 (MDHAR)活性及抗氧化物质抗坏血酸 (AsA)和谷胱甘肽 (GSH)含量尚未进行研究。因此,研究硫化氢对根叶 AsA – GSH 循环的影响,对进一步揭示其提高新单 29 抗旱性的生理机制具有重要意义。

参 考 文 献:

[1] 刘瑞侠,李艳辉,陈绍宁,等.干旱高温协同胁迫对玉米幼苗抗氧化防护系统的影响[J].河南农业大学学报,2008,42(4):363-366.

[2] Zhang H, Hu L, Li P, et al. Hydrogen sulfide alleviated chromium toxicity in wheat[J]. *Biologia Plantarum*, 2010,54(4):743-747.

[3] Zhang H, Jiao H, Jiang C, et al. Hydrogen sulfide protects soybean seedlings against drought-induced oxidative stress[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2010,32(5):849-857.

[4] 单长卷,周 岩.外源硫化氢对水分胁迫下玉米种子萌发和生长的影响[J].广东农业科学,2011,38(20):28-29.

[5] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2009:207-208.

[6] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:72-75.

[7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:267-268.

[8] 沈文彪,徐朗莱,叶茂炳,等.抗坏血酸过氧化物酶活性的测定[J].植物生理学通讯,1996,32(3):203-205.

[9] Kang G Z, Li G Z, Liu G Q, et al. Exogenous salicylic acid enhances wheat drought tolerance by influence on the expression of genes related to ascorbate-glutathione cycle[J]. *Biologia Plantarum*, 2013,57(4):718-724.

[10] 张仁和,郑友军,马国胜,等.干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响[J].生态学报,2011,31(5):1303-1311.

[11] 沈业杰,尹光华,佟 娜,等.玉米抗旱相关生理生化指标研究及品种筛选[J].干旱区资源与环境,2012,26(4):176-180.

[12] 王 芳,赵有军,王汉宁.外源 NO 对干旱胁迫下玉米幼苗膜脂过氧化的调节效应[J].干旱地区农业研究,2015,33(5):75-79. doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2015.05.14

[13] 王 娟,李德全,谷令坤.不同抗旱性玉米幼苗根系抗氧化系统对水分胁迫的反应[J].西北植物学报,2002,22(2):285-290.

[14] Shan C, Zhang S, Li D, et al. Effects of exogenous hydrogen sulfide on the ascorbate and glutathione metabolism in wheat seedlings leaves under water stress[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2011,33:2533-2540.

[15] Foyer C H, Noctor G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub[J]. *Plant Physiology*, 2011,155:2-18.

[16] 孙军利,赵宝龙,郁松林.SA 对高温胁迫下葡萄幼苗 AsA – GSH 循环的影响[J].核农学报,2015,29(4):799-804.

(上接第 116 页)

参 考 文 献:

[1] 游明安,盖钧镒,吴晓春,等.大豆产量空间分布特性的初步研究[J].大豆科学,1993,12(1):64-69.

[2] 游明安,邱家驹,盖钧镒,等.大豆产量空间分布形成原因的探讨[J].中国油料,1995,17(3):13-16.

[3] 陶 丹,王 萍,宋海星,等.国外早熟大豆冠层粒重分布与产量的关系[J].大豆科学,2001,20(2):146-148.

[4] 王连铮,王 岚,赵荣娟,等.优质、高产大豆育种的研究[J].大豆科学,2006,25(3):205-211.

[5] 章建新,贾珂珂,艾红玉.中熟超高产大豆品种的花荚形成及时空分布[J].大豆科学,2013,32(3):316-320.

[6] 李金霞,章建新,邢勇峰,等.高产春大豆结实性垂直分布规律初步研究[J].新疆农业科学,2009,46(3):493-497.

[7] 张永强,张 娜,唐江华,等.密度对北疆复播大豆荚粒时空分布及产量形成的影响[J].大豆科学,2014,33(2):179-183.

[8] 王 程,刘 兵,金 剑,等.密度对大豆农艺性状及产量构成因素空间分布特征的影响[J].大豆科学,2008,27(6):936-942,948.

[9] 刘庆华,杨庆凯,罗凤莲,等.花荚期灌溉对主茎型大豆籽实空间分布影响的初步研究[J].大豆科学,1995,14(3):221-225.

[10] 章建新,沈 融,李宏琪,等.施氮对高产大豆结实性垂直分布的影响[J].大豆科学,2011,30(3):424-427.

[11] 张山清,普宗朝,伏晓慧,等.气候变化对新疆自然植被净第一性生产力的影响[J].干旱区研究,2010,27(6):905-914.

[12] 李 聪,曹占洲,丁 林,等.新疆伊犁河谷地区 50a 来气候变化特征分析[J].山西农业科学,2012,40(5):508-514.

[13] 徐娇媚,徐文修,李大平.近 51a 伊犁河谷热量资源时空变化[J].干旱区研究,2014,31(3):472-480.

[14] 薛丽华,章建新,闫晓红,等.大豆荚生长与粒数和粒重的关系研究[J].新疆农业大学学报,2008,31(4):16-19.

[15] 周新安,王贤智,蔡淑平,等.大豆重组自交系群体三、四粒荚变异及其与产量的关系[J].中国油料作物学报,2005,27(4):22-25.

[16] 孙卓韬,董 钻.大豆株型、群体结构与产量关系的研究Ⅱ:大豆群体冠层的荚粒分布[J].大豆科学,1986,5(2):91-102.

[17] 张保民,徐晓丽,王 锋,等.前茬小麦免耕和耕作对夏大豆田土壤含水量和产量的影响[J].大豆科学,2010,29(6):967-970.

[18] 许 迪,Schmid R, Mermoud A. 耕作方式对土壤水动态变化及夏玉米产量的影响[J].农业工程学报,1999,15(3):101-106.

[19] 崔 凯,高志强,孙 敏,等.休闲期深翻覆盖对旱地小麦土壤水分运行及产量与品质形成的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):78-84. doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2014.02.013

[20] Hammel J E. Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in northern idaho[J]. *Agron J*, 1995,87:16-22.

[21] Dustin L, Pendell, Jeffry R, et al. Economic feasibility of no-tillage and manure for soil carbon sequestration in corn production in north-eastern kansas environ qual[J]. *Environ Qual*, 2006,35:1364-1374.

[22] 王 维,韩清芳,吕丽霞,等.不同耕作模式对旱地小麦旗叶光合特性及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):20-26.