

不同耕作方式对夏大豆干物质生产及土壤水分的影响

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

摘要: 为探究北疆伊犁河谷滴灌条件下不同耕作方式对复播大豆干物质生产及土壤水分的影响, 于 2013、2014 年连续两年进行了复播大豆翻耕覆膜(TP)、翻耕(T)、旋耕(RT)和免耕(NT)4 种不同耕作方式的田间试验。结果表明: 不同耕作方式对复播大豆土壤含水量、叶面积指数(LAI)和各组织(茎、叶、叶柄、荚、粒)干物质积累量、产量均有显著影响, 且两年各处理平均值基本表现为 TP>T>RT>NT。其中, TP 处理土壤含水量均值达 18.64%, 比 T、RT、NT 处理高出 5.39%、7.67%、12.31%; LAI 及干物质积累量均随生育进程推进表现出先升后降的变化趋势, 且 TP 处理两年的全生育期 LAI 与单株干物质积累量的均值分别高出 NT 处理 55.68% 和 58.67%, 均达显著差异水平($P<0.05$)。此外, TP 处理单株荚数、单株粒数、百粒重两年平均值也分别高于 NT 处理的 50.28%、48.10%、11.77%, 其产量最高达 $2\,082.69\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比产量最低的 NT 处理增产 20.82%。在滴灌条件下, 与 T、RT 和 NT 处理相比, TP 可增大复播大豆群体叶面积指数, 促进植株光合产物的积累, 提高各器官干物质积累量, 进而增大单株干物质积累量, 达到增产。因此, 滴灌条件下翻耕覆膜方式是较为适宜北疆伊犁河谷复播大豆的高产耕作方式。

关键词: 耕作措施; 复播大豆; 土壤水分; 干物质生产; 产量
中图分类号: S565.1 **文献标志码:** A

Effects of different tillage methods on soil moisture and dry matter production of summer soybean

SU Li-li, TANG Jiang-hua, LI Ya-jie, XU Wen-xiu, PENG Jiang-long, ZHANG Yong-qiang
(College of Agricultural, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: In order to provide a theoretical basis of high-yield cultivation mode for summer soybean and investigate the effects of different tillage methods on dry matter production and soil moisture of summer soybean following wheat harvest in northern Yili valley under drip irrigation, field experiments had been conducted for two years (2013 and 2014) with four different treatments including tilling film (TP), tillage (T), rotary (RT) and no-tillage (NT) by use of the macrozone experimental design. In these two years, the resulting effects on soil water content, leaf area index (LAI), dry matter accumulation in various organs (stems, leaves, petioles, pods, and grains) and yield by four treatments followed the order of TP>T>RT>NT. The average soil water content by TP was 18.64%, 5.39%, 7.67%, and 12.31% higher than that by T, RT, and NT, respectively. Both LAI and dry matter became increased first and then went decreased during the whole growth period of summer soybean under different tillage methods, and the averages by TP were 55.68% and 55.68% higher than those by NT, both reaching the significantly different level ($P\leq 0.05$). In addition, the number of pods per plant, grains per plant, and grain weight in two years by TP were also 50.28%, 48.10%, and 11.77%, respectively, than those by NT treatment. The highest yield by TP ($2\,082.69\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) was 20.82% higher than the lowest yield by NT treatment. Due to the fact that TP could increase the population leaf area index, promote the accumulation of plant photosynthetic production, improve dry matter accumulation in various organs and the whole plant, TP could be the suitable tillage method under drip irrigation for summer soybean in local natural conditions.

Keywords: tillage methods; multiple cropping soybean; soil water; dry matter production; yield

收稿日期: 2015-05-21
基金项目: 新疆维吾尔自治区科技特派员项目; 新疆研究生科研创新项目(XJGRI2014078); 国家自然科学基金资助项目(31260312)
作者简介: 苏丽丽(1990—), 女, 河南睢县人, 主要研究方向为耕作制度及农业生态。E-mail: 565125471@qq.com。
通信作者: 徐文修(1962—), 女, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为耕作制度及农业生态。E-mail: xjwx@sina.com。

伊犁河谷地处新疆北疆西部,是典型的绿洲灌溉农业区。在全球气候不断变暖的大背景下,伊犁河谷气候呈现出 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温增大、无霜冻期延长的变暖趋势^[1],热量资源的增加无疑有利于作物生长季节的延长。事实上,自 20 世纪 90 年代以来北疆沿天山一带的部分农区开始利用麦后不断增加的热量资源,复播一些热量要求较少的白菜、绿肥和油菜等作物^[2-3]。进入 21 世纪,热量的持续增加使北疆麦后复播早熟大豆和青贮玉米的种植模式不断涌现,其中伊犁河谷复种大豆面积就占北疆的 60%,并有不断扩大的趋势^[4-5]。随着复播大豆面积的不断扩大,相应的高产栽培技术就成为亟待解决的问题。目前已有学者开始关注复播大豆高产理论及技术的研究,张永强等对北疆复播大豆的种植密度研究表明^[6-7],适宜的种植密度有利于大豆的生长发育和空间荚、粒结构的合理分布,获得较高的产量,但是相对其他的栽培技术却少有报道。土壤耕作是农业生产中的重要环节之一,合理的土壤耕作措施,可以有效调控耕层的水、肥、气、热状态,改善作物的生长环境,能够促进作物生长发育,达到增产目的^[8-14]。目前,许多学者做了大量关于耕作措施对作物干物质积累和产量影响的研究,但研究结果仍然存在较大争议,有研究认为,免耕、秸秆覆盖具有保墒、增温作用,利于作物生长发育,促进干物质质量的积累,提高作物的产量^[15-18];但也有研究认

为,深松和覆膜翻耕可以打破犁底层,增加土壤的透气性和贮水能力,提高水肥利用效率,能够为作物的生长提供一个良好的物理环境,有利于干物质积累和光合产物向籽粒的分配,提高作物产量^[19-23];高焕文等^[24]认为保护性耕作能增加干物质积累量,可使作物提高产量 10% 左右;刘爽^[25]等则认为传统翻耕促进玉米干物质积累,较免耕增产达 50%,增产效果显著。前人的研究多以北方旱作雨养农业为研究对象,研究的作物也多集中在玉米、春大豆、小麦上^[11,16-17,21,26],但对灌溉农业,尤其是对新疆干旱半干旱地区滴灌条件下的复播大豆的研究鲜有报道。因此本文通过两年设置翻耕覆膜、翻耕、旋耕和免耕 4 种耕作措施的大田试验,探讨不同耕作措施对夏大豆不同生育时期不同器官干物质积累量、产量及土壤含水量的影响,为新疆伊犁河谷复播大豆高产栽培提出合理的耕作方式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设计

1.1.1 试验区概况 试验分别于 2013、2014 年连续两年在新疆伊犁哈萨克自治州伊宁县农业科技示范园($\text{E}81^{\circ}33'$, $\text{N}43^{\circ}56'$)进行。该区年平均日照可达 2 800 ~ 3 000 h,年平均气温 8.9°C ,年均降雨量 257 mm。全年无霜期 169 ~ 175 d。试验地土壤理化性质见表 1。

表 1 试验地土壤理化性状及基本肥力

Table 1 Basic physical and chemical properties of soil fertility in the test field

深度 Depth/cm	土壤容重 Soil bulk density /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	有机质 OM. /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮 Alkali solution N /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷 Available P /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾 Available K /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	平均 pH 值 Mean pH value
0 ~ 20	1.38	16.00	159.90	9.80	73.60	8.40
20 ~ 40	1.41	15.65	142.67	8.33	68.57	8.40

1.1.2 试验设计 试验采用耕作方式为单因子的大区试验设计,共设置翻耕(T)、翻耕覆膜(TP)、旋耕(RT)、免耕(NT)4 种耕作处理。翻耕处理为犁翻整地后直接播种,翻深均为 30 cm;翻耕覆膜处理则在翻耕处理的基础上铺膜,膜宽 70 cm,一膜两行,膜下滴管;旋耕处理则使用旋耕机旋深 15 cm 后播种;免耕则是在麦茬地上直接播种。每个处理总面积均为 100 m^2 (4 m $\times$ 25 m),每个处理划分为同等面积的 3 个小区为 3 次重复。每年冬小麦收获后,进行耕作处理的地块及时整地,之后与免耕处理同时播种。两年的播期分别是 2013 年 7 月 5 日和 2014 年 7 月 15 日。供试大豆品种均为黑河 43。播种方式为 30 cm 等行距人工点播,免耕处理两年的留茬

高度均为 22 cm。

翻耕(覆膜)及旋耕处理均结合整地施尿素 225 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,磷酸二胺 150 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,免耕则在滴头水前沟施等量的肥料。各处理均在开花期结合灌水随水滴追施尿素 150 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,每年复播大豆全生育期共滴水 4 500 $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。其它田间管理措施同当地。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤含水量的测定 自苗期开始,平均每 13 d 用铝盒烘干法测定每个小区不同层次的土壤含水量。各小区取土样时,采用“S”取样法选择 3 个点,每个点用土钻分层取土样,深度分别为 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100 cm,将取得的每一个土样分别放入铝盒封盖带回实验室,称重

后放入 105℃烘箱烘干,计算土壤含水量。

1.2.2 干物质测定 自苗期开始,平均每 13 d 测定一次。每个小区取样 4 株,取样后立即装入塑料袋密封后带回实验室,将带回的样株自子叶节处剪去根系,将地上部分分为叶片、叶柄、主茎、豆荚、豆粒等器官并分装入袋,然后将分装的样品放入 105℃烘箱中杀青 30 min,降至 80℃烘干至恒重,冷却后取出迅速测定各器官的干物质重量。

1.2.3 叶面积指数测定 与干物质测定时间相同,叶面积测定采用打孔称重法,通过折算单位土地面积的叶面积求得叶面积指数。

1.2.4 产量的测定 在大豆成熟期进行各小区实收。实收前在每小区选取有代表性植株 10 株进行考种,调查单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 作图,用 SPSS19.0 软件统计分析试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤含水量的影响

不同耕作措施因对土壤扰动程度不同,影响土壤的紧实程度,进而影响土壤的蓄水保墒能力。由图 1 可知,两年各处理各个生育时期土壤平均含水量均基本表现为 TP>T>RT>NT,由此说明在相同滴灌量条件下,TP 处理因地膜覆盖可有效提高土壤蓄水保墒能力。与少(旋耕)、免耕相比,T 和 TP 处理因土壤深翻,能够疏松土壤、增大土壤的孔隙度,因此在滴灌过程中,更易于水入渗土壤,从而增加土壤中的含水量。另外,TP 处理,因地膜覆盖进一步

阻止土壤水分的无效蒸发,同时将地膜上因土壤水分蒸发产生的水重新返还土壤,改变水分在土壤中纵向分配比例的同时大大提高土壤含水量。进一步分析可知,2013、2014 年试验在整个测量期内,TP 处理的平均土壤含水量分别达 17.06%(2013)和 20.23%(2014),较少(旋耕)、免耕处理的平均值高出 12.61%(2013)、7.78%(2014),且均达显著差异水平($P \leq 0.05$);比 T 处理高出 7.06%(2013)、4.03%(2014),也达显著差异水平($P \leq 0.05$)。这也进一步证实滴灌条件下土壤实施翻耕后,采用膜下滴灌技术土壤的蓄水保墒效果更加显著。

2.2 不同耕作方式对夏大豆叶面积指数动态变化规律的影响

叶面积指数(LAI)是反映植物群体生长状况的一个重要指标,其大小与作物产量的高低密切相关。由图 2 可以看出,2013、2014 年在大豆整个生育时期内,各处理的 LAI 均呈先上升后下降的单峰曲线变化趋势,并均于结荚期达到最大值,且在全生育期不同耕作处理的 LAI 基本均表现为 TP>T>RT>NT。其中,TP 处理全生育期的平均 LAI 为 2.50(2013 年)和 2.75(2014 年),分别比同年的 T、RT、NT 各处理的平均值提高 15.36%、35.49%、40.71%和 21.37%、47.17%、70.64%,均达显著差异水平($P < 0.05$)。说明 TP 处理有利于植株的生长发育,能够促进叶片的发育。在夏大豆生长后期,虽然各处理的 LAI 均呈下降趋势,但 TP 处理依然能够保持较高的 LAI,不仅高于 RT 处理和 NT 处理,更是明显高于 T 处理,进一步说明了 TP 处理能够延缓植株的衰老。这可能是因为翻耕覆膜具有良好的保墒、增温的效果,为夏大豆生长发育提供良好的土壤环境条件。

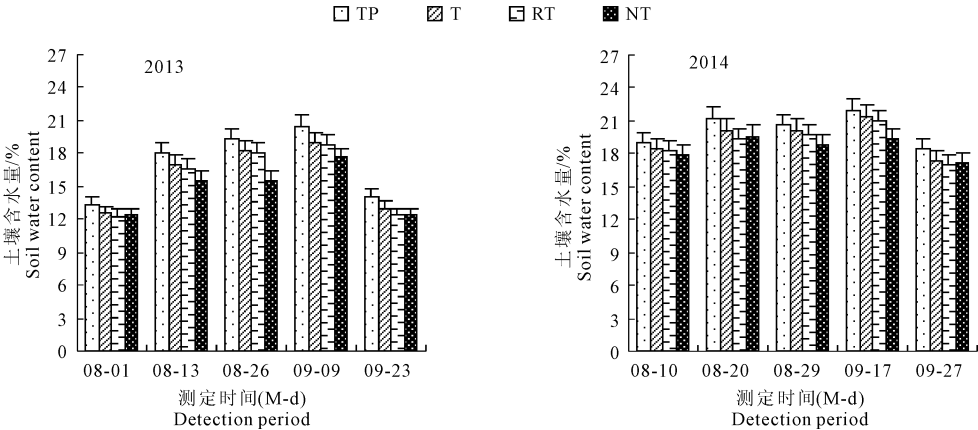


图 1 耕作方式对土壤含水量的影响

Fig.1 Effect of different tillage methods on soil water

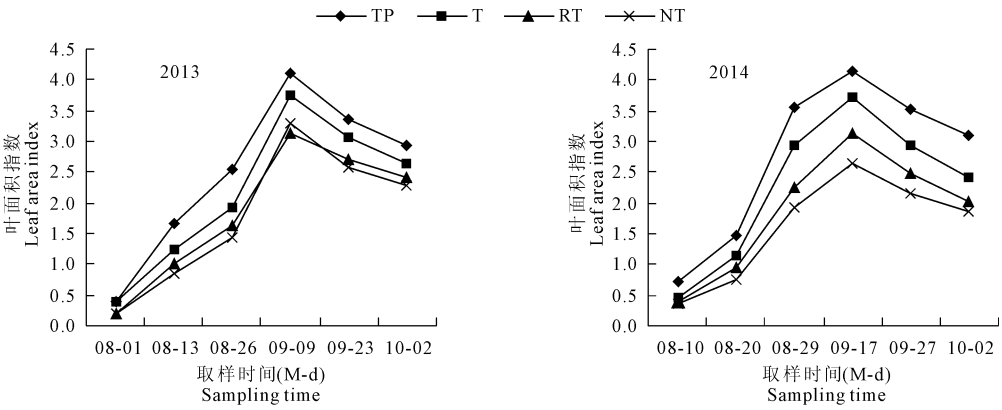


图 2 不同耕作方式对夏大豆叶面积指数动态变化的影响

Fig.2 Effects of different tillage methods on variations of leaf area index for summer soybean

2.3 不同耕作方式对夏大豆单株干物质积累动态的影响

干物质的积累是产量形成的物质基础,干物质的积累状况直接影响着大豆的产量。由图 3 可以看出,全生育期大豆干物质的积累量于 2013、2014 年均呈现“慢-快-慢”的变化趋势,且两年各处理的干物质积累量的大小与叶面积指数的表现一致,即为 TP>T>RT>NT。分别比较两年各处理间干物质积累量发现,在生育前期各处理间差异均较小,但随着生育进程的推进,各处理间干物质积累开始表

现出明显的差异。两年各处理的干物质积累量平均值均以 TP 的最高,平均达 14.86 g,分别比 T、RT、NT 处理的平均值高出 17.52%、37.77%、58.67%。说明土壤实施耕作均能提高大豆的干物质积累量,而且翻耕并且结合地膜覆盖的保温、保水能力更明显,更加有利于植株的生长,从而形成较合理的群体结构,增大叶面积指数,增加光合产物积累和向植株的转运,提高大豆单株干物质积累量,为获得较高的产量奠定基础。

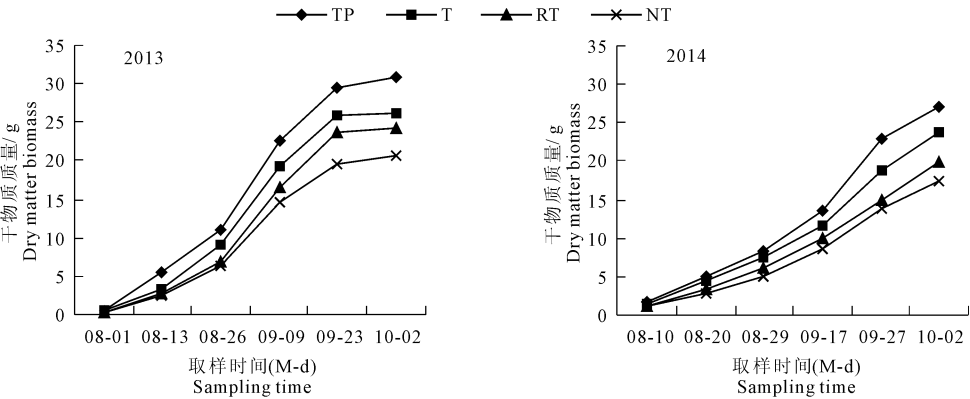


图 3 不同耕作方式对夏大豆单株干物质积累动态的影响

Fig.3 Effects of different tillage methods on dynamics of dry matter accumulation for summer soybean

2.4 不同耕作方式对夏大豆各器官干物质积累动态的影响

2.4.1 不同耕作方式对夏大豆茎、叶、叶柄的干物质动态积累的影响 茎、叶、叶柄构成了夏大豆地上部分的营养器官,而营养器官的生长发育状况直接影响生殖器官的形成,进而影响产量。由表 2 可知,2013、2014 年各处理的夏大豆茎、叶、叶柄干物质积累量随着生育时期的推进,均呈增加趋势,并于鼓粒期(9 月 23 日—9 月 27 日)达到最大值,而后有所下

降。并且不同处理间在各生育时期的茎、叶、叶柄干物质积累量均表现为 TP>T>RT>NT。说明,与免耕相比,土壤实施耕作处理均可以增加各器官干物质的积累量,其中以翻耕处理表现较高,其各生育时期的干物质积累量均基本与 RT 达显著性差异水平,尤其是 TP 处理不仅与 RT 处理在各生育时期达显著性差异水平,更与 T 处理基本达显著差异水平。当各处理均处于鼓粒期时(峰值),与最低的 NT 相比,TP 茎、叶、叶柄干物质积累量两年平均值分别高

出 70.47%、58.79%、29.04%,且均达显著差异水平。这是因为 TP 能够更好地改善植株个体的生育状况,增加群体叶面积指数,进而提高光合效率,提高茎、叶、叶柄等营养器官干物质的积累,为生殖器

官的发育奠定了基础。而后各器官干物质呈现下降的趋势,可能是由于光合产物更多地供给生殖器官的发育所致。

表 2 不同耕作方式对夏大豆叶、叶柄、茎的干物质动态积累的影响

Table 2 Effects of different tillage methods on leaves, petioles, stems and dry matter accumulation dynamics of summer soybean			测定时间(M - d) Detection period					
器官 Organ			08 - 01	08 - 13	08 - 26	09 - 09	09 - 23	10 - 02
2013	茎 Stem	TP	0.163a	1.349a	3.178a	5.433a	6.477a	6.411a
		T	0.138a	0.907b	2.598b	4.452b	5.254b	5.066b
		RT	0.102b	0.653c	1.866c	4.122b	4.358c	4.337c
		NT	0.095b	0.611c	1.737c	3.478c	3.946d	3.930d
	叶 Leaf	TP	0.330a	2.975a	5.121a	6.788a	7.171a	7.209a
		T	0.326a	1.569b	4.416b	6.252b	6.370b	6.331b
		RT	0.182b	1.458b	3.225c	5.318c	5.838c	6.003c
		NT	0.173b	1.284b	3.005c	4.767d	5.422c	5.319d
	叶柄 Petiole	TP	0.161a	1.164a	2.033a	2.678a	2.952a	2.934a
		T	0.125b	0.818b	1.726b	2.400ab	2.596b	2.557b
		RT	0.093c	0.618c	1.438c	2.176bc	2.456b	2.431b
		NT	0.089c	0.534c	1.289c	2.098c	2.321b	2.303b
2014	器官 Organ		测定时间(M - d) Detection period					
			08 - 10	08 - 20	08 - 29	09 - 17	09 - 27	10 - 02
	茎 Stem	TP	0.486a	1.437a	2.307a	3.400a	5.098a	3.994a
		T	0.453a	1.245b	2.190ab	2.790b	3.792b	3.317b
		RT	0.327b	0.807c	2.013b	2.277c	3.028c	2.733c
		NT	0.303b	0.772c	1.403c	2.052c	2.844c	2.670c
	叶 Leaf	TP	1.104a	2.803a	4.231a	4.919a	7.679a	6.749a
		T	0.834b	2.469b	3.858a	4.284b	6.527b	5.216b
		RT	0.669c	1.963c	2.989b	3.463c	4.345c	4.103c
		NT	0.631c	1.614d	2.524b	2.794d	3.930c	3.847c
	叶柄 Petiole	TP	0.158a	0.826a	1.458a	2.138a	2.655a	2.594a
		T	0.127b	0.577b	1.233b	1.846b	2.254b	2.230ab
		RT	0.075c	0.441c	1.054c	1.530c	2.115bc	2.044b
		NT	0.066c	0.395c	0.907d	1.360d	2.024c	1.960b

注:TP、T、RT 和 NT 分别表示翻耕覆膜、翻耕、旋耕和免耕;不同字母表示不同处理间差异达显著 ($P < 0.05$)。下同。
Note: TP, T, RT and NT represent tillage plus film covering, tillage, rotary tillage and no tillage, respectively. Different letters indicate differences among different treatments was at significant ($P < 0.05$) levels, and hereinafter.

2.4.2 不同耕作方式对夏大豆荚、粒干物质积累动态的影响 由表 3 可以看出,进入结荚期后,大豆荚干物质积累量呈现先上升后下降的变化趋势,而籽粒干物质积累量迅速增长。并且不同处理间各生育时期荚、粒干物质积累量均表现为 TP > T > RT > NT。说明土壤实施耕作处理通过影响夏大豆营养器官的形成,进而影响生殖器官的生长发育。2013 年豆荚干物重在鼓粒期(9 月 23 日)达到最大,此时 TP 的荚干物质积累量达到 7.15 g,比最低的 NT 高

出 48.90%,TP 与 T 间差异不显著,但均显著高于 RT 和 NT。而后荚干物质向籽粒转移,趋于下降趋势,而籽粒干物质积累量迅速增大。2014 年荚干物质积累量在鼓粒期(10 月 2 日)已经趋于平稳,并有下降的趋势。此时 TP 荚干物质积累量达到 6.68 g,比最低的 NT 高出 49.30%,并达到显著性差异。说明 TP 有利于构建良好的群体环境,可以延缓叶片衰老,延长叶片功能期,使营养器官具有较高的干物质积累并促进光合产物向籽粒的转移,有利于籽粒

的充实,从而提高作物产量。

表 3 不同耕作方式对夏大豆荚、粒干物质积累动态的影响/(g·株⁻¹)

Table 3 Effects of different tillage methods on pods, and dynamics of grain dry matter accumulation for summer soybean/(g·plant ⁻¹)								
器官 Organ		测定时间(M - d) Detection period						
		08 - 26	09 - 09	09 - 17	09 - 23	10 - 02	10 - 19	
2013	荚 Pod	TP	0.642a	2.072a	5.712a	7.150a	6.984a	6.620a
		T	0.461b	1.563b	4.434b	6.880a	6.491b	5.984b
		RT	0.332c	0.989c	3.579c	6.344b	5.756c	5.409c
		NT	0.280d	0.841c	3.080c	4.802c	5.017d	4.533d
	粒 Grain	TP		0.184a	1.891a	5.736a	7.380a	13.241a
		T		0.119b	1.796a	4.815b	5.859ab	9.821b
		RT		0.085c	1.294b	4.771b	5.653b	9.371c
		NT		0.048d	1.145b	3.055c	4.233b	8.682d
器官 Organ		测定时间(M - d) Detection period						
		08 - 29	09 - 07	09 - 17	09 - 27	10 - 02	10 - 07	
2014	荚 Pod	TP	0.157a	0.613a	2.457a	4.665a	6.681a	6.915a
		T	0.137ab	0.586ab	2.282a	3.688b	6.547a	6.456a
		RT	0.130ab	0.528ab	2.285a	3.390c	5.813b	6.052a
		NT	0.112b	0.504b	1.973b	3.052d	4.475c	4.458b
	粒 Grain	TP			0.589a	2.692a	6.976a	8.663a
		T			0.456b	2.420a	6.295b	8.096b
		RT			0.479b	1.917b	5.033c	6.043c
		NT			0.336c	1.880b	4.394d	5.904c

2.5 不同耕作方式对夏大豆产量及产量构成因素的影响

由表 4 可以看出,2013、2014 年不同耕作措施的单株荚数、单株粒数、百粒重和产量均表现为 TP>T>RT>NT。其中,RT 处理不仅单株荚数两年平均值比其他 3 个处理分别多 5.80、8.52、10.72 个,与其他各处理均达显著差异水平,且两年单株粒数的平均值也比其他 3 个处理的分别高出 11.85、17.86、23.53 粒,也均达到显著性差异水平。两年产量均表现为 TP 最高,分别达到 2 795.91 kg·hm⁻²(2013 年)和 1 369.47 kg·hm⁻²(2014 年),分别比同年的 T、RT、NT 各处理高出 7.43%、10.85%、16.05%(2013 年)和 15.21%、30.82%、31.91%(2014 年),由此可以看出,翻耕增产主要在于各产量构成因素的提高,而翻耕覆膜各产量构成因素的增幅更大,相应的其产量也最高。进一步相关性分析表明,2013 年产量与单株荚数、单株粒数及百粒重呈正相关关系,且达到极显著性水平($R^2 = 0.98^{**}$, $R^2 = 0.98^{**}$, $R^2 = 0.97^{**}$),2014 年产量与单株荚数和单株粒数达到显著性水平($R^2 = 0.96^{*}$, $R^2 = 0.94^{*}$),与百粒重之间达到极显著水平($R^2 = 0.98^{**}$)。由此说明,土壤耕作措施可有效地调节夏大豆产量构成因素,促进

光合产物向籽粒的转移,从而提高作物产量,尤其是翻耕覆膜处理可以有效提高夏大豆的单株荚数和单株粒数从而提高大豆产量。

2.6 不同耕作方式对经济效益的影响

适宜的耕作措施最终反映在作物的经济效益上。由表 5 可知,两年平均效益以翻耕覆膜处理的纯收益最高,达 1 484.41 元·hm⁻²,较最低的免耕处理高出 154.69%,尤其是在 2013 年增加翻耕覆膜处理后,纯收益更是达到 4 640.73 元·hm⁻²,不仅比同年免耕处理高出 28.85%,更是高出翻耕处理的 12.15%。2014 年纯收益为负值,这是因为在夏大豆鼓粒期,遭遇天气灾害,造成大豆未能正常成熟从而导致大幅减产。进一步分析两年平均收益可知,与免耕处理相比,土壤实施耕作处理虽然增加了机耕(整地、中耕等)费用,提高生产总投入,但因土壤耕作能够抑制和消灭杂草,从而减少了农药的使用量和人工费用,并对保护农业生态环境有积极的作用。另外,土壤实施耕作处理的又以翻耕处理的效果较好,尤其是翻耕覆膜处理,虽然地膜使用产生 630 元·hm⁻²费用,但与翻耕处理相比,其人工费减少 55.10%,中耕费减少 13.79%,同时增产达 9.87%,使得经济效益增加显著,纯收益最高。

表 4 不同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 systems on summer soybean yield and yield indexes

年份 Year	处理 Treatment	单株荚数/个 Pods per plant	单株粒数/粒 Seeds per plant	百粒重/g 100-seed weight	产量/(kg·hm ⁻²) Yield
2013	TP	32.41a	76.69a	16.99a	2795.91a
	T	25.32b	60.17b	16.54ab	2602.58b
	RT	22.37c	55.64c	16.09bc	2522.27b
	NT	21.31c	52.14d	15.45b	2409.24c
2014	TP	31.67a	68.17a	12.64a	1369.47a
	T	27.16b	61.00b	12.07ab	1188.70b
	RT	24.67c	53.50d	11.26bc	1046.80c
	NT	21.33d	45.67e	11.06c	1038.21c
线性相关分析 Significant relationship					
2013	产量 Yield	$R^2 = 0.98^{**}$	$R^2 = 0.98^{**}$	$R^2 = 0.97^{**}$	
2014	产量 Yield	$R^2 = 0.96^*$	$R^2 = 0.94^*$	$R^2 = 0.98^{**}$	

注:同一列数据后的不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。* 和 ** 分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上显著相关。
Note: Values in each column followed by different letters are significantly different at 0.05 probability level. * and ** indicate significant correlation at $P < 0.05$ and $P < 0.01$.

表 5 不同耕作方式经济效益分析/(元·hm⁻²)
Table 5 Effects of different tillages on effectiveness of economy for summer soybean/(Yuan·hm⁻²)

年份 Year	处理 Treatment	生产资料及工序费用 Means of production and process cost											
		种子 Seed	化肥 Fertilizer	地膜 Film	滴灌设备 Drip irrigation equipment	农药 Pesticides	整地+播种 Soil preparation + sow	中耕 Cultivator	人工 Labor	总投入 Total input	大豆产量 Soybean yield	总产值 Total output value	纯收益 Net income
2013	TP	1350	925	630	3090	300	600	300	300	7495	2795.91	11463.2	3968.23
	T	1350	925	—	3090	300	600	300	750	7315	2602.58	10670.6	3355.58
	RT	1350	925	—	3090	300	450	300	750	7165	2522.27	10341.3	3176.31
	NT	1350	925	—	3090	600	—	—	900	6865	2409.24	9877.88	3012.88
2014	TP	1350	925	630	2370	337.5	650	200	360	6822.5	1369.47	5751.77	- 1070.7
	T	1350	925	—	2370	337.5	550	280	720	6532.5	1188.7	4992.54	- 1540
	RT	1350	925	—	2370	337.5	400	280	720	6382.5	1046.8	4396.56	- 1985.9
	NT	1350	925	—	2370	731.25	—	—	900	6276.25	1038.21	4360.48	- 1915.8
平均 Average	TP	1350	925	630	2730	318.75	625	250	330	7158.75	2082.69	8643.16	1484.41
	T	1350	925	—	2730	318.75	575	290	735	6923.75	1895.64	7866.91	943.156
	RT	1350	925	—	2730	318.75	425	290	735	6773.75	1784.535	7405.82	632.07
	NT	1350	925	—	2730	665.625	—	—	900	6570.63	1723.725	7153.46	582.834

注:2013 年新疆大豆均价 4 100 元·t⁻¹;2014 年新疆大豆均价 4 200 元·t⁻¹。
Note: The average price of Xinjiang soybean is 4 100 per Ton in 2013. The average price of Xinjiang soybean is 4 200 per Ton in 2014.

3 讨 论

土壤水分状况对大豆干物质积累与分配有显著影响。研究表明随着土壤含水量的下降,叶片的净光合速率和蒸腾速率也明显下降^[27]。而采用适宜的耕作保墒措施,可有效改善土壤水分环境,从而促进植株生长,使光合面积发展合理并延长光合时间,增加光合产物积累和向籽粒的分配,从而获得较高

的产量^[8],这与本研究的结论相同,充分说明土壤含水量的增加有利于植株叶片净光合速率和蒸腾速率的提高,促进植株干物质的积累,而土壤含水量的变化则与土壤耕作措施有直接的关系。
耕作措施通过影响大豆的土壤含水量、叶面积指数、干物质积累和分配的动态变化,进而影响到大豆的产量构成因子和最终产量的形成。关于不同耕作措施对作物生产影响的问题,前人已经进行了一

些研究,但研究结果不尽一致。孙继颖等^[28]认为覆膜能够提高大豆叶面积指数,使大豆叶片增厚、光合能力增强,显著提高大豆单株荚数、百粒重及产量。刘爽^[25]研究表明,传统耕作和少耕可延缓叶片衰老,延长叶片功能期,有利于光合产物的形成积累和向库的输送,从而有利于籽粒的充实。但也有研究表明,与传统耕作相比,免耕对作物有增产的效应^[15,29]。本研究结果表明,翻耕与翻耕覆膜处理两年的平均产量比少(旋耕)、免耕处理两年的平均产量增产 8.10%,尤其是翻耕覆膜处理,其增产幅度更大,比旋耕和免耕平均产量增产 18.77%,差异显著。一方面这可能是因翻耕直接将土壤翻转,有效地打破犁底层并增加耕层厚度,较好地改善土壤的通透性,提高土壤蓄水能力^[25],比旋耕和免耕的平均含水量提高 7.13%,这就利于根系生长并增大对土壤养分、水分的吸收面积^[15],从而保证植株生长对水分和养分的需求;另一方面由于各处理均为同期播种,免耕能够缩短农耗期的作用未能发挥,加之免耕土壤相对紧实,不利于根系的生长,限制植株生长发育,这也可能是导致免耕条件下植株生长矮小,叶面积指数减小,干物质积累下降,从而减产的原因之一。另外,地膜覆盖技术已广泛应用于棉花、玉米等各种春播作物,并取得良好的增产效果。主要原因在于农田土壤增加地膜覆盖并采用膜下滴灌后,由于地膜的阻碍作用,进一步阻止了土壤水分的蒸发,提高土壤含水量,同时将附着于地膜上的水分进行重新分配,大大提高了土壤水分的利用效率,促进作物增产。

4 结 论

两年试验结果表明,耕作方式对土壤含水量以及大豆叶面积指数和干物质积累量均有影响,其中翻耕覆膜表现出明显的优越性,其两年土壤平均含水量达 18.64%,分别比 T、RT、NT 处理高出 5.39%、7.67%、12.31%;干物质积累量的平均值达 14.86 g,分别比 T、RT、NT 处理两年平均值高出 17.52%、37.77%、58.67%;产量最高达 2 795.91 kg·hm⁻² (2013 年)、1 369.47 kg·hm⁻² (2014 年),其平均产量也分别比 T、RT、NT 处理两年平均产量高出 11.32%、24.84%、23.99%,并均达显著差异水平。充分说明采用翻耕覆膜耕作方式能更好地为大豆生长创造良好的土壤环境条件,从而增强植株光合的能力,促进产量的提高。

在本研究中由于小麦收获后未能及时进行免耕提早播种,使得免耕能够缩短农耗期的作用未能体

现出来,而对于热量紧张的北疆来说,复播作物播期越早越有利于产量的提高,所以,有必要对免耕早播处理与翻耕覆膜等其它耕作方式进行研究,以更好地揭示保护性耕作方式对夏大豆生长发育及产量的影响机理。

参 考 文 献:

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

[2] 苗福红,烟 彬,方 波,等.北疆冬小麦复种油菜研究[J].新疆农业科学,2000,37(3):135-137.

[3] 赖先齐,刘建国,李鲁华,等.发展绿洲多熟种植是新疆农业结构调整的切入点[J].耕作与栽培,2001,(6):5-6,8.

[4] 战 勇,罗庚彤,刘胜利,等.北疆大豆复种现状及高效栽培技术研究[J].新疆农业科学,2006,43(5):426-428.

[5] 牛海生,徐文修,徐娇媚,等.气候突变后伊犁河谷两熟制作物种植区的变化及风险分析[J].中国农业气象,2014,35(5):516-521.

[6] 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.

[7] 张永强,张 娜,唐江华,等.密度对北疆复播大豆生长动态及产量的影响研究[J].新疆农业大学学报,2014,37(1):7-11.

[8] 黄茂林,梁银丽,韦泽秀,等.水土保持耕作及施肥对盛花期大豆光合生理的影响[J].中国生态农业学报,2009,17(3):448-453.

[9] 杨永辉,武继承,李学军,等.耕作和保墒措施对冬小麦生育时期光合特征及水分利用的影响[J].中国生态农业学报,2014,(5):534-542.

[10] 张晓平,李文凤,梁爱珍,等.中层黑土不同耕作方式下玉米和大豆产量及经济效益分析[J].中国生态农业学报,2008,16(4):858-864.

[11] 向新华,魏 巍,张兴义,等.保护性耕作对大豆生长发育及土壤微生物多样性影响[J].大豆科学,2013,32(3):321-327.

[12] 贺 欢,田长彦,王林霞.不同覆盖方式对新疆棉田土壤温度和水分的影 响[J].干旱区研究,2009,26(6):826-831.

[13] 李春杰,许艳丽,陈海山,等.耕作方式对连作大豆生长发育及产量的影响[J].中国油料作物学报,2008,30(4):455-459.

[14] 韩晓增,邹文秀,潘凤娟.不同耕作方式对重迎茬大豆产量影响的机理[J].大豆科技,2012,(5):9-12,16.

[15] 刘武仁,郑金玉,罗 洋,等.不同耕作方式对玉米叶片冠层光合特性的影响[J].玉米科学,2012,20(6):103-106.

[16] 齐尚红,何桂花,孙志勇,等.几种耕作方式对夏玉米干物质积累的影响[J].河南科技学院学报(自然科学版),2010,38(1):18-21.

[17] 孟凡德,马 林,石书兵,等.不同耕作条件下春小麦干物质积累动态及其相关性状的研究[J].麦类作物学报,2007,27(4):693-698.

[18] 远红伟,陆引罡.不同耕作方式对玉米生理特征及产量的影响[J].华北农学报,2007,22(增刊):140-143.

[19] 郑成岩,于振文,张永丽,等.土壤深松和补灌对小麦干物质生产及水分利用率的影响[J].生态学报,2013,33(7):2260-2271.

[9] Godfrey Pachavo, Amon Murwira. Remote sensing net primary productivity (NPP) estimation with the aid of GIS modelled shortwave radiation (SWR) in a Southern African Savanna[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2014,30:217-226.

[10] Robert Crabtreea, Christopher Potterb, Randall Mullena, et al. A modeling and spatio-temporal analysis framework for monitoring environmental change using NPP as an ecosystem indicator[J]. Remote Sensing of Environment, 2009,113(7):1486-1496.

[11] Hongfei Yanga, b, Shaojie Mub, Jianlong Li. Effects of ecological restoration projects on land use and land cover change and its influences on territorial NPP in Xinjiang, China[J]. CATENA, 2014, 115:85-95.

[12] Baoxiong Chena, b, Xianzhou Zhanga, Jian Tao, et al. The impact of climate change and anthropogenic activities on alpine grassland over the Qinghai – Tibet Plateau[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2014,189:11-18.

[13] Juan Gu, Chunlin Huang. Influence of drought on Chinese terrestrial net primary production from 2002—2010[J]. IGARSS, 2013, 13: 1752-1755.

[14] 张懿铨,祁 威,周才平,等.青藏高原高寒草地净初级生产力(NPP)时空分异[J].地理学报,2013, 68(9):1197-1211.

[15] Dobbertin M, Eilmann B, Bleuler P, et al. Effect of irrigation on needle morphology, shoot and stem growth in a drought-exposed Pinus sylvestris forest[J]. Tree Physiology, 2010,30(3):346-360.

[16] Stinson G, Kurz W A, Smyth C E, et al. An inventory based analysis of Canada’s managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008[J]. Global Change Biology, 2011,17(6):2227-2244.

[17] 穆少杰,李建龙,周 伟,等.2001—2010 年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系[J].生态学报,2013,33 (12):3752-3764.

[18] 周 涛,史培军,孙 睿,等.气候变化对净生态系统生产力的影响[J].地理学报,2004,59(3):360-365.

[19] Peter T Doran. Antarctic climate cooling and terrestrial ecosystem response[J]. Nature, 2002,415:517-519.

[20] 陈福军,沈彦俊,李 倩,等.中国陆地生态系统近 30 年 NPP 时空变化研究[J].地理科学,2011,31(11):1409-1414.

[21] 郭廷辅,刘万铨,周录随,等.GB/T15772 – 1995.水土保持综合治理规划通则[S].北京:中国标准出版社,1995.

[22] Potter C S, Randerson J, Field C B, et al. Terrestrial ecosystem production: a process model based on global satellite and surface data [J]. Global Biogeochemical Cycle, 1993,7:811-841.

[23] 朱文泉,潘耀忠,何 浩,等.中国典型植被最大光利用率模拟[J].科学通报,2006,51(6):700-706.

[24] 阳小琼,朱文泉,潘耀忠,等.基于修正的亚像元模型的植被覆盖度估算[J].应用生态学报,2008,19(8):1860-1864.

[25] 朱文泉,陈云浩,徐 丹,等.陆地植被净初级生产力计算模型研究进展[J].生态学杂志,2005,24(3):296-300.

[26] 谢宝妮,秦占飞,王 洋,等.黄土高原植被净初级生产力时空变化及其影响因素[J].农业工程学报,2014,30(11):244-253.

[27] W Jesse Hahm, Clifford S Riebe, Claire E Lukens, et al. Bedrock composition regulates mountain ecosystems and landscape evolution [J]. PNAS, 2014,111(9):3338-3343.

(上接第 204 页)

[20] 孔晓民,韩成卫,曾苏明,等.不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J].玉米科学,2014,22(1):108-113.

[21] 晋鹏宇,任 伟,陶洪斌,等.深松对夏玉米物质生产、光合性能及根系生长的影响[J].玉米科学,2014,22(1):114-120.

[22] 兰印超,申丽霞,李若帆.不同地膜覆盖对土壤温度及水分的影响[J].中国农学通报,2013,(12):120-126.

[23] 李若帆,申丽霞,兰印超.不同覆膜处理对土壤水分温度及春玉米产量的影响[J].中国农学通报,2014,(6):209-214.

[24] 高焕文.我国北方保护性耕作的发展形势、问题与对策[C]//中国农业工程学会.纪念中国农业工程学会成立 30 周年暨中国农业工程学会 2009 年学术年会(CSAE 2009)论文集.北京:中国农业工程学会,2009:51.

[25] 刘 爽,张兴义.不同耕作方式对黑土农田土壤水分及利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):126-131.

[26] 何文铸,李贝弗,刘永红,等.不同耕作方式对小麦花后干物质积累及产量的影响[J].西南农业学报,2005,18(4):397-402.

[27] 张 娜,张永强,李大平,等.滴灌量对冬小麦光合特性及干物质积累过程的影响[J].麦类作物学报,2014,34(6):795-801.

[28] 孙继颖,高聚林,王志刚,等.不同覆膜方式对旱作大豆生理特性及水分利用效率的影响[J].大豆科学,2008,27(2):251-254, 266.

[29] Unger P W. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum yield[J]. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42:486-491.