

长期保护性耕作对豌豆水分利用的影响

杜彦文

(甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了解决陇中黄土高原地区长期传统耕作引起的耕地质量下降问题, 在黄土高原半干旱区研究了不同耕作措施下豌豆的出苗情况、不同生育时期土壤水分的垂直分布、耗水量及水分利用效率和产量效应。结果表明, 保护性耕作能够显著改善 0~200 cm 土层土壤的贮水量及含水量, 随着降水量的增多土壤对降水的保蓄能力增强。2015 年试验区降水充沛, 免耕地膜覆盖更具优势, 免耕覆膜处理的小麦产量较传统耕作提高了 11.64%。耕层土壤水分因受降水等因素的影响而变化剧烈, 0~30 cm 土层豌豆全生育期内免耕覆膜处理、覆草免耕处理的含水量分别较传统耕作有所增加, 耕层以下土壤水分变幅相对较小。播种期、5 叶期及收获期土壤具有较高含水量, 而开花期土壤含水量则较低。与传统耕作相比, 保护性耕作中的传统耕作覆盖地膜处理、免耕覆膜处理、覆草免耕处理使土壤水分利用效率明显提高, 分别较传统耕作不覆盖处理提高了 7.1%、5.8%、3.6%。说明在 2015 年降水条件下, 实施地膜覆盖或者免耕秸秆覆盖有利于豌豆高效利用水分及高产。

关键词: 保护性耕作; 豌豆; 土壤; 水分动态; 水分利用效率

中图分类号: S643.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)01-0003-05

[doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.01.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.01.002)

Effect of Long-term Conservation Tillage Effects on Pea Water Use

DU Yanwen

(College of Agronomy, Agricultural Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to solve cultivated land quality problems caused by the traditional farming for a long time in the loess plateau area, this experiment mainly studied the pea under different cultivation measures of seedling emergence, the vertical distribution of soil moisture at different development stages, water consumption and water use efficiency and yield effect in the loess plateau. The result shows that conservation tillage can significantly improve the 0 ~ 200 cm soil layer soil water storage and water content, along with the increase in precipitation in soil cover of precipitation increase storage capacity in 2015. Arable layer soil moisture due to precipitation change, Zero till membrane covering the NTP yield than traditional farming T increased by 11.64%. the influence of such factors as top layer soil moisture under variable amplitude is relatively small. 0 ~ 30 cm water content of soil peas full reproductive period the NTP, NTS, respectively, much more than traditional farming T, Seeding time, five leaf stage and harvest the soil with high water content, while flowering period of soil water content is low. Compared with conventional tillage, conservation tillage in the NTP, NTS, TP deal with soil water use efficiency increased significantly, T increased by 7.1%、5.8%、3.6%, respectively. The result indicates that the implementation of the plastic film mulch or zero tillage straw for peas, efficient use of water and high yield under the condition of precipitation in 2015.

Key words: Conservation tillage; Peas; Soil; Moisture dynamic; Water use efficiency

黄土高原西部干旱半干旱区是我国水土流失最严重的地区。黄土质地疏松, 抗蚀能力差, 雨量少而集中, 是造成该区水土流失严重和土地生产力水平低下的主要原因。传统农业的精耕细作更加剧了水土流失和生产力水平的降低^[1-2]。因此, 采取适

宜的保护性农业技术措施, 尽量减少农田水分的非生产性水分消耗, 提高水分的生产效率, 既可以提高生产力水平, 又可以减少水土流失, 改善生态环境^[3-4]。少耕、秸秆覆盖及少耕结合秸秆覆盖可以蓄水保墒, 提高作物产量^[5-11]。研究发现, 免耕或

收稿日期: 2016-09-06

作者简介: 杜彦文(1989—), 男, 甘肃永昌人, 硕士研究生, 主要从事旱作农业理论与技术研究。联系电话: (0)18298939977。E-mail: 571823946@qq.com。

免耕秸秆覆盖可增加土壤含水量、减少水土流失及提高产量的效果优于传统耕作和少耕^[12-17]。等高沟垄耕作、带状耕作也是旱作农区可持续发展的有效措施^[18-19]。为了解决陇中黄土高原地区长期传统耕作引起的耕地质量下降问题,我们在黄土高原半干旱区的定西市李家堡镇进行长期田间定位试验,通过对黄土高原西部半干旱区传统耕作措施和 5 种保护性耕作措施下土壤水分的变化、作物耗水量、水分利用效率及作物产量进行比较研究,旨在探索适合该区的蓄水保墒保护性耕作体系,为该区保护性耕作技术的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

指示豌豆品种为绿豌豆。覆盖物为小麦秸秆。地膜为幅宽 40 cm、厚 0.008 mm 的普通无色地膜。

1.2 试验区概况

试验设在陇中黄土高原半干旱丘陵沟壑区的定西市李家堡镇。该区属中温带偏旱区,平均海拔 2 000 m 左右,年均太阳辐射 594.7 kJ/cm²,日照时数 2476.6 h,年平均气温 6.4 ℃,≥0 ℃积温 2 933.5 ℃,≥10 ℃积温 2 239.1 ℃。无霜期 140 d。多年平均降水量 390.9 mm,年蒸发量 1 531 mm,干燥度 2.53;80%保证率的降水量为 365 mm,变异系数为 24.3%,为典型的雨养农业区。2015 年全年降水量见图 1。试验区农田土壤为典型的黄绵土,土质绵软,土层深厚,质地均匀,贮水性良好。0~200 cm 土壤容重平均为 1.17 g/cm³,凋萎含水率 7.3%,饱和含水率 21.9%。

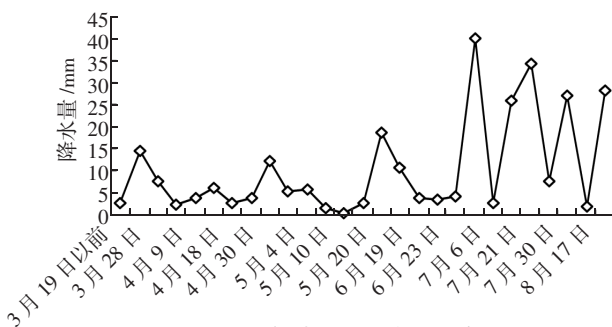


图 1 2015 年试验区降水量分布

1.3 试验方法

试验采用单因素随机区组设计,共设 6 个处理,3 次重复,小区面积为 22.4 m²。传统耕作不覆盖处理(T):试验地在前茬收获后三耕两耱,8 月份收获后进行第 1 次耕作,8 月底和 9 月分别进

行第 2、3 次耕作,耕深依次为 20 cm、10 cm 和 5 cm,于 9 月份第 3 次耕后耱 1 次,10 月份冻结前再耱 1 次。该处理是定西地区典型的传统耕作方式。覆草免耕处理(NTS):全试验期免耕,从 8 月至翌年 3 月地面覆盖前茬作物秸秆,前茬作物收获的所有秸秆脱粒后立即还原小区。免耕不覆草处理(NT):同 NTS 处理,但不覆草。整个试验阶段免耕。传统耕作并将秸秆翻入处理(TS):试验地耕耱同 T 处理(三耕两耱),但在第 1 次耕作的同时将秸秆翻入,前茬作物收获的所有秸秆脱粒后立即还原小区,并随耕作翻入土壤。传统耕作覆盖地膜处理(TP):试验地耕耱同传统耕作先不覆盖,但在 10 月份最后 1 次耱后覆幅宽 40 cm 的塑料薄膜。膜侧宽窄行种植豌豆,宽行 40 cm,窄行 10 cm。免耕覆膜(NTP):整个试验阶段免耕或少耕,10 月份用覆膜机(同 TP 处理)覆膜。为避免前茬秸秆挂损薄膜,前茬收获后用剪草机剪平或耱平残茬。各处理均采用豌豆小麦间作方式种植,春小麦 3 月中旬播种,播量 187.5 kg/hm²;豌豆 3 月底播种,播量 100.0 kg/hm²。T 处理、NTS 处理、NT 处理、TS 处理的小麦和豌豆都用免耕播种机播种。TP 处理的作物用当地的一种小播种机播种,这种播种机同时具有播种、施肥和覆膜的功能。该播种机在 10 月份用来覆膜,3 月份用来播种施肥。春小麦施尿素(含 N 46%)105 kg/hm²、普通过磷酸钙(含 P₂O₅ 14%)105 kg/hm²。豌豆施尿素(含 N 46%)20 kg/hm²、普通过磷酸钙(含 P₂O₅ 14%)105 kg/hm²。在播种前和收获后用 41%草甘膦异丙胺盐水剂 800 倍液清除杂草。在作物生长期,记录杂草,并人工除草。

1.4 测定项目与计算方法

1.4.1 土壤水分测定 试验期间每月测定 2 次土壤水分含量,测定层次分布如下:0~5 cm,5~10 cm,10~30 cm,30~50 cm,50~80 cm,80~110 cm,110~140 cm,140~170 cm,170~200 cm。其中 0~10 cm 用烘干法测定,10~200 cm 用中子水分仪测定。冬季冻结期间停止测定。

1.4.2 计算方法 水分利用效率(WUE)=经济产量/ET。

作物生长期间的蒸散量(ET)=P-ΔS,其中 P 是作物生长期间的降水量,ΔS 是收获期与播种期土壤剖面水分含量之差。

1.5 数据分析

烘干法水分数据、中子仪水分数据、出苗率数据应用 Microsoft、Excel 2003 软件进行统计分析，产量、水分利用效率数据应用 DPS11.50 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作措施对豌豆出苗数的影响

从表 1 可以看出，不同耕作措施下的豌豆出

表 1 2015 年不同耕作措施下豌豆的出苗数

处理	出苗数/(株/m ²)
T	48.33 b
NTS	43.67 c
NT	41.00 c
TS	54.00 ab
TP	59.67 a
NTP	63.67 a

苗数从多到少依次为 NTP、TP、TS、T、NTS、NT。NTP 处理的出苗数最多，为 63.67 株 /m²，与 TP 处理、TS 处理差异不显著，与其他处理差异显著。主要是由于 2015 年播种前降水不多，而 NTP 处理蓄水保墒能力强、增温保温好。NT 处理的出苗数最少，可能是由于免耕使得表层土壤比较紧实、通气状况不太好，影响种子的发芽出苗。其次是 TS 处理和 TP 处理，分别为 54.00、59.67 株 /m²，出苗均较多，说明覆盖这种保护性措施对豌豆种子的发芽出苗具有良好的促进作用。NTS 处理和 NT 处理下的出苗情况不太好，分别为 43.67、41.00 株 /m²，说明免耕对出苗有一定的影响。

2.2 不同耕作措施对豌豆不同生育时期土壤水分的影响

从图 2 可以看出，播前 0~30 cm 土层范围内，NTS 处理和 NTP 处理下的土壤含水量明显高

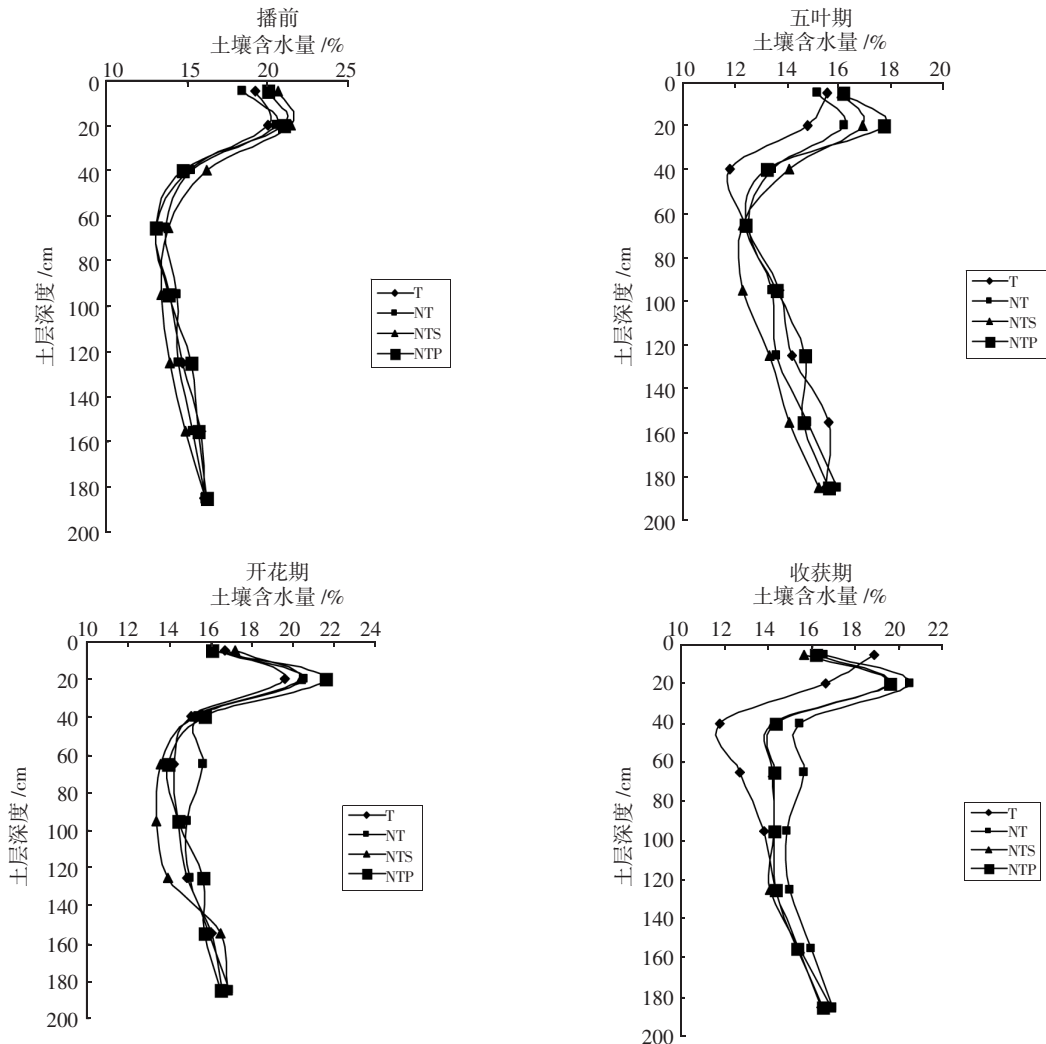


图 2 土壤水分的垂直分布

于其他处理,说明保护性耕作对土壤表层的保墒蓄墒有良好的作用。30 cm以下的土层各处理间则无明显差异。五叶期0~10 cm土层的土壤含水量NTP处理和NTS处理基本一致,均高于T处理,T处理高于NT处理。说明NTP处理和NTS处理土壤水分蒸发损失少,防止了水分无效流失;NT处理最低,说明NT处理下作物吸水能力强,耗水量大,有利于作物的正常生长和对豌豆的开花结荚作了充分的准备。10~30 cm土层的土壤含水量则从高到低依次为NTP、NTS、NT、T,说明保护性耕作有很好的防蒸发、保墒作用。30~60 cm土层的土壤含水量NTP处理高于NTS处理,说明NTP处理的导水性更好。60 cm以下的深层土壤则变化不明显。开花期10~30 cm土层的土壤含水量明显高于其他土层,说明开花期土壤各层梯度变化明显,下层水分不断往上运输且NTP的运输速率最大。收获期0~5 cm土层T处理的土壤含水量最大,而以下土层T处理的含水量则最小。说明T处理的蒸发量大,而保护性耕作的保水性好。

2.3 不同耕作措施下豌豆不同生育阶段的耗水量

由图3可以看出,除开花期外,豌豆各生育时期均以免耕秸秆覆盖(NTS处理)的耗水量最多。苗期豌豆耗水量从多到少依次为NTS、NT、T、NTP,说明在豌豆苗期,免耕加覆盖这种保护性耕作方式吸水能力很强,耗水量大。5叶期豌豆耗水量从多到少依次为NTS、T、NTP、NT。开花期豌豆耗水量从多到少依次为NTP、NTS、T、NT,NT处理的作物耗水最少,说明NT处理降低了蒸腾和棵间蒸发的比例。收获期各处理耗水量相差不多。在豌豆总生育期内NTS处理的耗水量分别比NTP、NT、T多0.30、20.71、12.31 mm。因此,与免耕相比,免耕秸秆覆盖显著增加了作物生长期间蒸

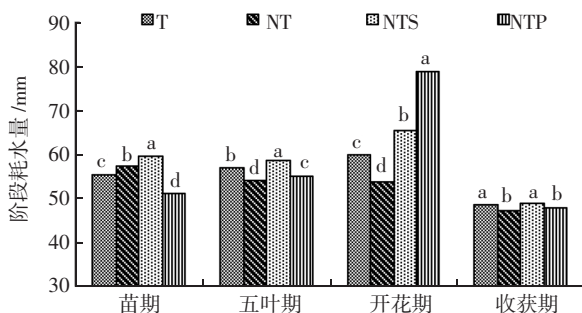


图3 各时期的阶段耗水量

腾和棵间蒸发的总量。

2.4 不同保护性耕作措施下的豌豆产量

由表2可以看出,豌豆产量以传统耕作覆盖地膜(TP)处理最高,为2305.56 kg/hm²,较传统耕作不覆盖处理提高了14.60%,与NTP处理、NTS处理差异不显著,与其他处理的差异均达到显著水平;其次是NTP处理、NTS处理,分别为2246.03、2198.41 kg/hm²,分别较传统耕作不覆盖处理提高了11.64%、9.3%。2015年豌豆播种后出苗前的降水很少,地膜覆盖措施保墒蓄墒能力好,所以地膜覆盖处理的出苗很好,最终使得TP产量最高,NTP处理次之。NT处理和TS处理产量最低,为1797.62 kg/hm²,说明单一应用免耕措施和单一应用覆盖措施都不能提高产量。与NT处理和TS处理相比,NTS的产量较高,说明免耕和覆草这2种保护性措施结合具有增产潜力。

表2 2015年不同耕作措施下豌豆的经济产量

处理	经济产量/(kg/hm ²)
T	2011.91 b
NTS	2198.41 a
NT	1797.62 c
TS	1892.86 c
TP	2305.56 a
NTP	2246.03 a

2.5 不同耕作措施下的水分利用效率

由表3可以看出,不同保护性耕作措施对豌豆水分利用效率的影响与其对产量的影响基本相似,传统耕作覆盖地膜(TP处理)、免耕覆膜(NTP处理)和免耕秸秆覆盖(NTS处理)能够明显提高豌豆的水分利用效率,较传统耕作不覆盖处理提高了7.1%、5.8%和3.6%。以上3个处理之

表3 2015年不同耕作措施下的水分利用效率

处理	水分利用效率/[kg/(hm ² ·mm)]
T	9.12 b
NTS	9.45 a
NT	8.47 c
TS	8.43 c
TP	9.77 a
NTP	9.65 a

间差异不显著,与其他处理均差异显著。TS处理与NT处理的的水分利用效率最低,说明在保护性耕作中即免耕又覆盖的措施水分利用效率最高。

3 结论与讨论

试验结果表明,不同保护性耕作措施对豌豆出苗数影响较大。免耕覆膜耕作措施下豌豆出苗数最高,比传统耕作不覆盖处理提高了31.7%,这种措施保温保墒能力好,苗期作物吸水性强。免耕措施下出苗数少,较传统耕作不覆盖处理降低了15.2%,说明免耕使土壤较紧实、通气性差、吸水较少,从而影响了出苗数。

不同保护性耕作措施对表层土壤水分含量影响较大。免耕覆膜在作物播种期可以减少表层水分蒸发,显著增加表层土壤含水量,免耕覆膜处理的含水量是传统耕作不覆盖处理的1.04倍。但随着生育进程的推进,作物覆盖度增加,蒸腾作用在蒸散量中占据主导地位,覆膜的抑蒸效果逐渐减弱。到开花期,不同保护性措施对土壤含水量影响较小。

由于影响土壤贮水量的因子较多,在同样的降水条件下,尽管不同保护性耕作措施对整个剖面的水分总量影响不大,但作物耗水量却存在显著差异。免耕秸秆覆盖和免耕覆膜显著增加了作物耗水量,其中免耕覆膜处理较传统耕作不覆盖处理耗水量增加了12.01 mm,覆草免耕处理增加了12.31 mm。其作物产量以及水分利用效率也显著提高,免耕覆膜处理和覆草免耕处理的产量分别较传统耕作不覆盖处理提高了11.64%、9.3%,水分利用效率相应提高了5.8%和3.6%。说明免耕秸秆覆盖和免耕覆膜在增加作物耗水量的同时也提高了作物蒸腾耗水与棵间蒸发量的比例。

地膜覆盖处理采用膜侧播种方法,利用地膜覆盖可将有限降水集中到作物根区。这种模式在降水有限的黄土高原西部旱农区有利于土壤水分的高效利用和作物产量大幅度的提高。总之,在2015年降水条件下,从对豌豆水分利用和产量研究的结果看出,实施地膜覆盖或者免耕秸秆覆盖有利于豌豆高效利用水分及高产。

参考文献:

[1] 高旺盛. 粮食安全与农作制度建设[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 2004: 188-200.

- [2] 贾彦宙, 王俊英. 土壤保护性耕作技术应用研究[J]. 内蒙古农业科技, 2002(6): 12-15.
- [3] 江永红, 宇振荣, 马永良. 秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(5): 209-213.
- [4] 亢青选, 王解丑, 孟晓明, 等. 高麦茬覆盖复播效应及技术研究[J]. 华北农学报, 1999, 14(2): 1-5.
- [5] 劳秀荣, 吴子一, 高燕春. 长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 49-52.
- [6] 李贵桐, 赵紫娟, 黄元仿, 等. 秸秆还田对土壤氮素转化的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 162-167.
- [7] 李全胜, 吴建军, 严力蛟, 等. 下垫面性状对农林系统微生态环境的影响[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 329-334.
- [8] 李新举, 张志国. 免耕对土壤生态环境的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 1998, 29(4): 520-526.
- [9] 刘世平, 庄恒扬, 陆建飞, 等. 免耕法对土壤结构影响的研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 33-37.
- [10] 孙海国, 任图生. 直立作物残茬和整株秸秆覆盖对麦田土壤湿度及温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(2): 1-4.
- [11] 沈裕琥, 黄相国, 王海庆. 秸秆覆盖的农田效应[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 45-50.
- [13] 杨学明, 张晓平, 方华军, 等. 北美保护性耕作及对中国的意义[J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 335-340.
- [14] 高云超, 朱文珊, 陈文新. 秸秆覆盖免耕土壤微生物生物量与养分转化的研究[J]. 中国农业科学, 1994, 27(6): 41-49.
- [15] 王小纯, 王化岑, 许新芳, 等. 不同耕种方式对沿黄稻茬麦田土壤因子及小麦生育的影响[J]. 应用生态学报, 1996, 7(S1): 27-32.
- [16] 徐阳春, 沈其荣, 雷宝坤, 等. 水旱轮作下长期免耕和施用有机肥对土壤某些肥力性状的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 849-552.
- [17] 张志国, 徐琪, BLEVINS R L. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 384-391.
- [18] 巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69-73.
- [19] 孙海国, 雷浣群. 植物残体对土壤结构性状的影响[J]. 中国生态农业学报, 1998, 6(3): 39-42.

(本文责编: 杨杰)