

文章编号 :1003-8701(2014)04-0001-05

不同耕作方式土壤水分动态变化

刘武仁¹,郑金玉¹,罗 洋¹,郑洪兵¹,李瑞平¹,李伟堂¹,徐建飞²

(1. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所,长春 130033 2. 长春市气象局,长春 130051)

摘 要 本研究在长期定位试验(1983 年开始)条件下,研究了宽窄行、免耕、翻耕和常规耕作 4 种耕作方式土壤水分时空变化规律。结果表明:不同年份 0~60 cm 土壤含水率季节性变化趋势不规律。从平均土壤含水率来看,宽窄行(苗带)> 宽窄行(茬带)> 免耕> 翻耕> 常规耕作,2010~2012 年宽窄行(苗带)较常规耕作高 1.3 个百分点。宽窄行(苗带)或(茬带)播种前 0~20 cm 土壤含水率明显高于其他处理,其次为免耕,土壤含水率最低为翻耕,差异达到显著($p<0.05$)或者极显著($p<0.01$)水平。从播种前至成熟期,不同耕作方式 0~60 cm 土壤含水率基本呈上升趋势,30~50 cm 土壤含水率较高,宽窄行(苗带)50~60 cm 土壤含水率深松后最高,深松后不仅有利于接纳雨水,而且土壤水分有由茬带向苗带侧下方运移的趋势。

关键词 耕作方式; 土壤水分; 动态变化

中图分类号 :S344

文献标识码 :A

Dynamic Changes of Soil Water Content under Different Tillage Methods

LIU Wu-ren¹, ZHENG Jin-yu¹, LUO Yang¹, ZHENG Hong-bing¹, LI Rui-ping¹,
LI Wei-tang¹, XU Jian-fei²

(1. Institute of Agricultural Resource and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China; 2. Changchun Meteorological Bureau, Changchun 1300513)

Abstract: In this study, dynamic changes of soil water content was studied with wide/narrow row alternation planting, no-tillage, plow tillage and conventional tillage under long-term experiment begun in 1983. The results showed that seasonal change of 0~60 cm soil water content with was irregular in different years. From a viewpoint of average soil water content, W/NRAP (seeding band) > W/NRAP (stubble band) > NT > PT > CT, which was 1.3 percentage higher in W/NRAP (seeding band) than CT from 2010 to 2012 years. Soil water content in 0~20 cm of W/NRAP (seeding band) or W/NRAP (stubble band) was significantly higher than other treatments, followed by the NT, PT was minimum, and the difference was significantly ($p<0.05$) or highly significant ($p<0.01$) levels before sowing. From sowing to harvest, soil water content at 0~60 cm appeared rising trend. Soil water content at 30~50 cm was higher than other layer. It was the highest after deep loosen for W/NRAP (seedling band) 50~60 cm, because of deep loosen not only stored rainfall, but also transported water from stubble band to the bottom of seeding band.

Keywords: Tillage methods; Soil water content; Dynamic changes

土壤水分是土壤的重要组成部分,也是植物的生命之源^[1]。土壤含水量的高低不仅直接影响到作物产量,其数量和运动变化不仅直接影响土

壤的形成和气、热状况,还深刻地影响着土壤物理、化学和生物过程^[2-3]。吉林省中部属于东北平原中部的雨养农业区,因此,农田土壤含水量的高低对作物生长发育、产量及土壤特性尤为重要,大量研究表明,少耕、免耕等保护性耕作提高土壤含水率或者保墒效果好^[4-7]。本研究在长期定位试验条件下(1983 年开始),研究不同耕作方式下土壤

收稿日期 :2014-02-20

基金项目 :国家科技支撑计划项目(2011BAD16B10 ;2012BAD04 B02)

作者简介 :刘武仁(1957-),男,研究员,主要从事耕作栽培研究。

水分的时间和空间变化规律,旨在吉林中部雨养农业区有效地保蓄土壤水分,提高东北黑土区旱田自然降水利用率和土壤水分利用效率,为提高我省粮食产量和可持续农业发展具有重要的理论和现实意义。

1 材料与方方法

1.1 试验材料

玉米品种 2010 年为良玉 8,2011 年和 2012 年为郑单 958。

1.2 试验设计

1.2.1 试验地概况

试验田位于吉林省公主岭市 (43°45'N,125°01'E)吉林省农科院长期定位试验田(1983 年开始定位)。年均太阳有效辐射 4800 MJ/m²,年均气温 4~6℃,日照时数为 2800 h,≥10℃有效积温为 2860℃·d,无霜期 140 d,多年平均降水 567 mm,为典型的雨养农业区。该区属于黏质黑土,土层深厚,质地均匀,储水性能良好。作物为一年熟玉米。

1.2.2 试验设计

①免耕 播种时采用免耕播种机窄开沟播种,种肥侧深施,种、肥隔离。秋季收获后留茬 35 cm 左右,不进行整地。

②翻耕:春季播种机播种,在拔节期进行追肥。秋季玉米收获后,用翻转犁翻地,茬子翻入土壤中,翻地深度为 35~40 cm。

③宽窄行:宽窄行留高茬休闲交替种植。春季播种机播种,结合播种施入种肥,种肥侧深施,种、肥隔离,在拔节期,用“V”型深松铲深松茬带(上一年苗带),深度为 30~40 cm,结合深松进行追肥。玉米收获后,留茬 35~40 cm,用旋耕机对当年茬带进行旋耕。

④传统耕作:春季用播种机播种,结合播种进

行侧深施种肥,拔节期追肥。秋季玉米收获后用灭茬机灭茬整地,以备翌年春季播种。

小区面积 667 m²,3 次重复。施 N 220 kg/hm²、P₂O₅ 100 kg/hm²、K₂O 100 kg/hm²,1/4 氮肥及磷肥、钾肥作口肥施用,其余氮肥作追肥施用,田间管理同生产田一致。

1.3 测定方法与时期

1.3.1 测定方法

土壤含水率测定采用烘干法,每 10 cm 为一层,测定土壤深度为 60 cm,每个处理 3 次重复,宽窄行处理分茬带和苗带测定,土壤含水率计算采用重量百分数,计算公式为 $W = [(M_1 - M_2) / (M_2 - M_3)] \times 100\%$

式中:W-土壤含水率(%);M₁-土壤湿重+铝盒重(g);M₂-土壤干重+铝盒重(g);M₃-烘后空铝盒重(g)。

1.3.2 测定时期

2010 年、2011 年和 2012 年在玉米播种前、苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期测量,一共测量 6 次。

1.3.3 数据分析

采用 Excel 2010 处理数据和作图,显著性检验采用 DPS 7.05。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式土壤含水率季节性变化

由图 1 可以看出,受降雨量的影响,不同年度播种前至成熟 0~60 cm 深土壤含水率季节性变化不同,2010 年呈“M”型,4 月 20 日至 5 月 21 日土壤含水率呈上升趋势,5 月 21 日至 6 月 20 日呈下降趋势,并且达到低谷,6 月 20 日至 7 月 20 日进入雨季,土壤含水率迅速上升,达到最高,从 7 月 20 日至 9 月 19 日土壤含水率开始下降。

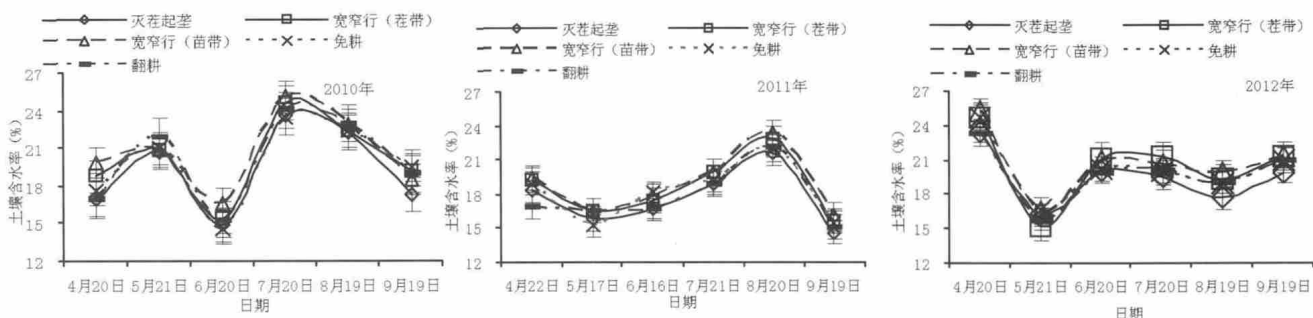


图 1 不同耕作方式 2010~2012 年土壤含水率变化

2011 年呈倒“N”型,4 月 22 日至 5 月 17 日土壤含水率呈下降趋势,出现干旱现象,从 5 月

17 日土壤含水率开始缓慢上升,8 月 20 日达到最高,之后土壤含水率开始下降。

2012 年呈“W”型,4 月 20 日土壤含水率最高,由于 2011 年冬季和 2012 年春季降雪、降雨较多,土壤存储了大量的水分,土壤含水率高,达到 24%左右。4 月 20 日至 5 月 21 日土壤含水率迅速下降,季节性干旱明显,5 月 21 日至 6 月 20 日降雨量逐渐增多,土壤含水率开始上升,6 月 20 日至 8 月 19 日缓慢下降趋势,之后又开始上升。

从 6 次取样平均土壤含水率来看,2010 年常规耕作、宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率为 19.2%、20.6%、20.2%、20.0% 和 19.8%,不同处理土壤含水率在 19.2%~20.6%。宽窄行(苗带)分别较常规耕作、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率增加 1.4、0.4、0.6、0.8 个百分点。

2011 年常规耕作、宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率为 17.6%、18.9%、18.6%、17.7%和 18.1%,不同处理土壤含水率在 17.6%~18.9%。宽窄行(苗带)分别较常规耕作、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率增加 1.3、0.3、0.9、0.8 个百分点。

2012 年常规耕作、宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率为 19.5%、20.7%、20.5%、19.8%和 20.2%,不同处理土壤含水率在 19.5%~20.7%。宽窄行(苗带)分别较常规耕作、宽窄行(荏带)、翻耕和免耕土壤含水率增加 1.2、0.2、0.9、0.5 个百分点。

2.2 不同时期土壤含水率垂直变化

2.2.1 播种前土壤含水率垂直变化

从 3 年的试验结果来看,播种前土壤含水率随着土壤深度的增加而增加,2010 年宽窄行(苗带)和宽窄行(荏带)明显高于其他处理,宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)和免耕分别较常规耕作(ck)和翻耕高 15.4%、10.9%和 4.6%,常规耕作和翻耕土壤含水率均为 16.9%。2011 年不同处理间 0~40 cm 土壤含水率差异较大,翻耕处理 0~40 cm 土壤含水率明显低于其他处理,其原因为翻耕土壤疏松,春季风大跑墒严重,土壤含水率低。2012 年 0~30 cm 不同处理土壤含水率差异较大,30~60 cm 差异较小。

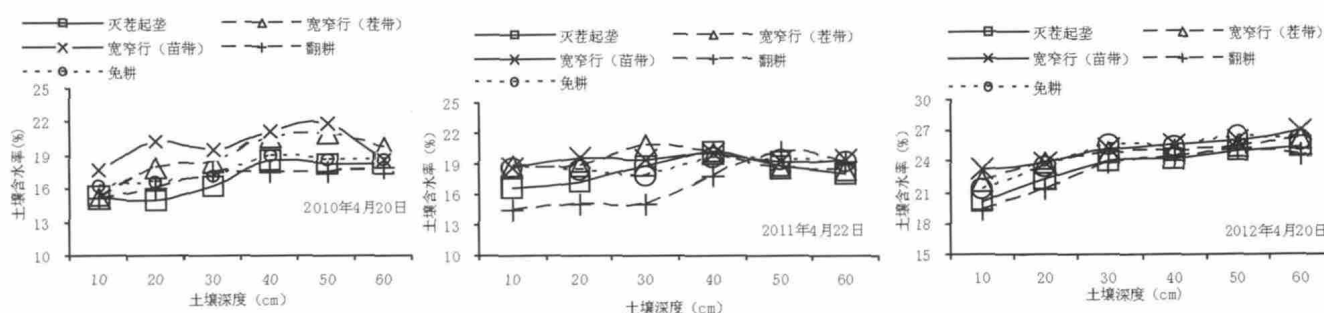


图 2 不同耕作方式播种前土壤含水率垂直变化

经方差分析表明(表 1),2010 年播种前宽窄行(苗带)0~10 cm 土壤含水率差异除了与免耕差异不显著外,与其他处理之间差异均达到显著水平($p < 0.05$);宽窄行(苗带)10~20 cm 最高,与其他处理差异达到极显著水平($p < 0.01$),土壤含水率高低顺序依次为:宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)、免耕、翻耕、常规耕作。2011 年播种前 0~10 cm 土壤含水率高低顺序依次为:宽窄行(荏带)、宽窄行(苗带)、免耕、

常规耕作、翻耕,前三者与后二者分别存在显著($p < 0.05$)与极显著水平差异($p < 0.01$);10~20 cm 土壤含水率高低顺序与 0~10 cm 保持一致,宽窄行(苗带)与常规耕作和翻耕处理差异达到极显著水平($p < 0.01$)。2012 年播种前 0~10 cm 和 10~20 cm 土壤含水率高低顺序均为:宽窄行(苗带)、宽窄行(荏带)、免耕、常规耕作、翻耕,土壤含水率前四者差异与翻耕处理达到极显著水平($p < 0.01$)。

表 1 不同年份播种前 0~20 cm 土壤含水率差异

处理	2010 年(平均值 ± 标准误)		2011 年(平均值 ± 标准误)		2012 年(平均值 ± 标准误)	
	0~10 cm	10~20 cm	0~10 cm	10~20 cm	0~10 cm	10~20 cm
常规耕作(ck)	15.25 ± 0.96 bA	15.00 ± 0.73 dC	16.60 ± 0.84 bAB	17.29 ± 0.32 bB	21.10 ± 0.20 bAB	23.34 ± 0.67 aAB
宽窄行(苗带)	17.65 ± 0.41 aA	20.23 ± 0.12 aA	18.62 ± 0.65 aA	19.60 ± 0.16 aA	23.20 ± 0.58 abA	24.20 ± 0.16 aA
宽窄行(荏带)	15.13 ± 0.59 bA	17.94 ± 0.12 bB	18.75 ± 0.35 aA	18.74 ± 0.46 aAB	22.18 ± 0.58 bAB	23.81 ± 0.40 aA
翻耕	15.14 ± 0.46 bA	16.01 ± 0.34 cdBC	14.32 ± 1.05 cB	15.10 ± 0.46 cC	19.32 ± 0.84 cB	21.40 ± 0.31 bB
免耕	16.15 ± 0.50 abA	16.67 ± 0.48 bcBC	18.61 ± 0.78 aA	18.40 ± 0.51 abAB	21.31 ± 0.61 bAB	23.50 ± 0.58 aAB

总之,宽窄行(苗带)或(茬带)播种前 0~20 cm 土壤含水率高于其他处理,其次为免耕,土壤含水率最低为翻耕处理。因为宽窄行耕作在玉米拔节期深松能够接纳雨水,起到保墒的作用;另外,留茬能够保留雪水,提高土壤含水率;此外,宽窄行种植在播种前春季不整地,避免土壤水分的散发,从而使宽窄行播种前土壤含水率高于其他耕作方式;免耕土壤含水率高于常规耕作和翻耕是由于春季不整地和留茬有利于保持土壤墒情,但是该耕作方式不

进行深松,所以春季土壤含水率低于宽窄行。由于常规耕作和翻耕都进行整地,特别是翻耕使土壤疏松,春季风大,土壤跑墒严重,土壤水分低。

2.2.2 苗期土壤含水率垂直变化

由图 3 可以看出,玉米苗期 0~60 cm 土壤含水率变化不大,2010 年和 2011 年免耕处理 30~60 cm 土壤含水率明显高于其他处理,2012 年免耕处理在 20~30 cm 土壤含水率达到最高,说明免耕有利于保墒。

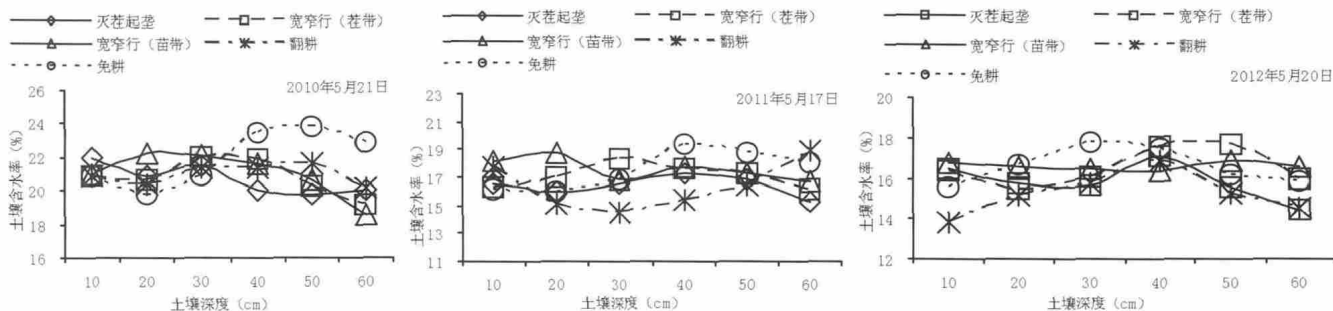


图 3 不同耕作方式苗期土壤含水率垂直变化

2.2.3 拔节期土壤含水率垂直变化

由图 4 可以看出,不同处理在玉米拔节期 0~60 cm 随深度的增加土壤含水率缓慢增加,在 30~40 cm 较高,2010 年宽窄行(苗带)0~40 cm

土壤含水率上升明显,高于其他处理,2011 年免耕 0~30 cm 土壤含水率低于其他处理,可能是由于免耕土壤紧实,此期降雨较少,水分下渗困难,土壤含水率低。

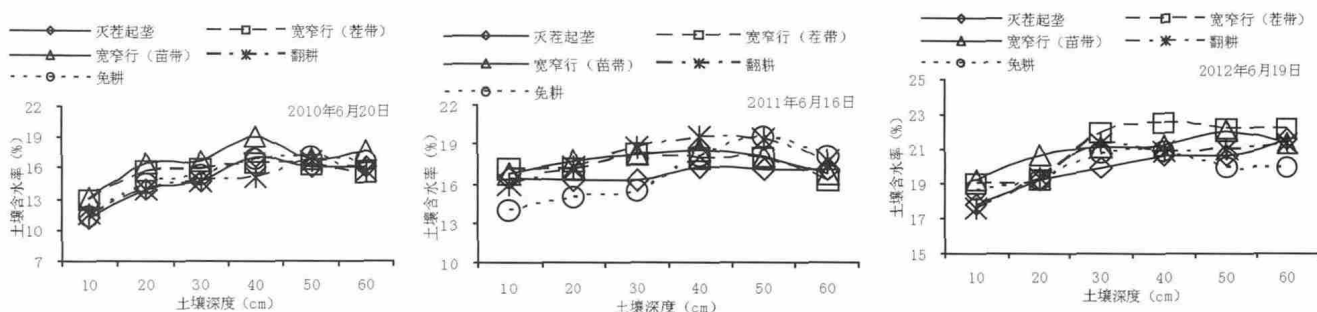


图 4 不同耕作方式拔节期土壤含水率垂直变化

2.2.4 抽雄期土壤含水率垂直变化

由图 5 可以看出,随着雨季的到来,土壤含水率随着深度的增加明显增加,特别是 2010 年

和 2012 年,2012 年宽窄行(茬带)40~60 cm 土壤含水率明显高于其他处理,说明深松后有助于接纳雨水。

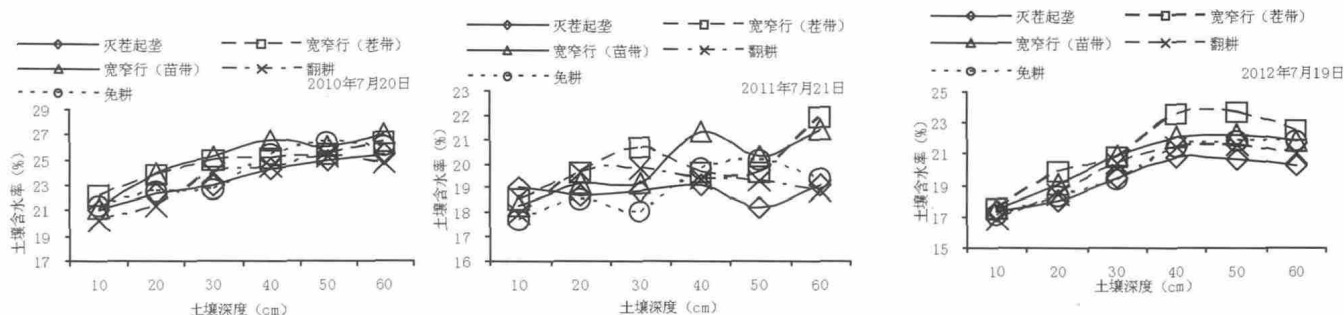


图 5 不同耕作方式抽雄期土壤含水率垂直变化

2.2.5 灌浆期土壤含水率垂直变化

由图 6 可以看出,2010 年玉米灌浆期土壤含水率随深度增加略有下降,可能与降雨和取样时间有关,而 2011 年和 2012 年此期土壤含水率随着深度

的增加有缓慢上升的趋势,在 30~50 cm 土壤含水率较高,宽窄行(荏带)和(苗带)土壤含水率高于其他处理,说明宽窄行深松后,在雨季能够增加土壤含水率,同时土壤水分有从荏带向苗带运移的趋势。

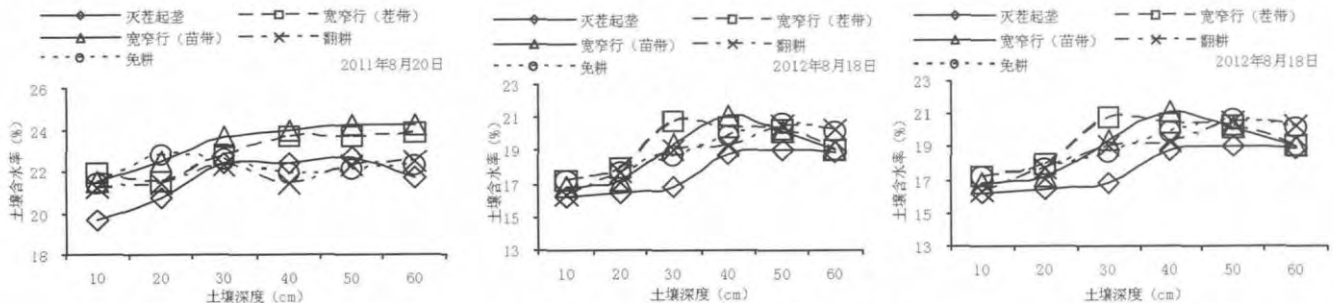


图 6 不同耕作方式灌浆期土壤含水率垂直变化

2.2.6 成熟期土壤含水率垂直变化

由图 7 可以看出,2010 年除翻耕处理外,其他处理土壤含水率随土壤深度的增加有增加趋势,在 30~40 cm 土壤含水率最高;2011 年 0~

10 cm 土壤含水率上升明显,20~60 cm 土壤含水率处于平缓状态;2012 年所有处理 0~40 cm 土壤含水率呈上升趋势,在 40 cm 处达到最高,而宽窄行(苗带)在 50 cm 处土壤含水率最高,高达

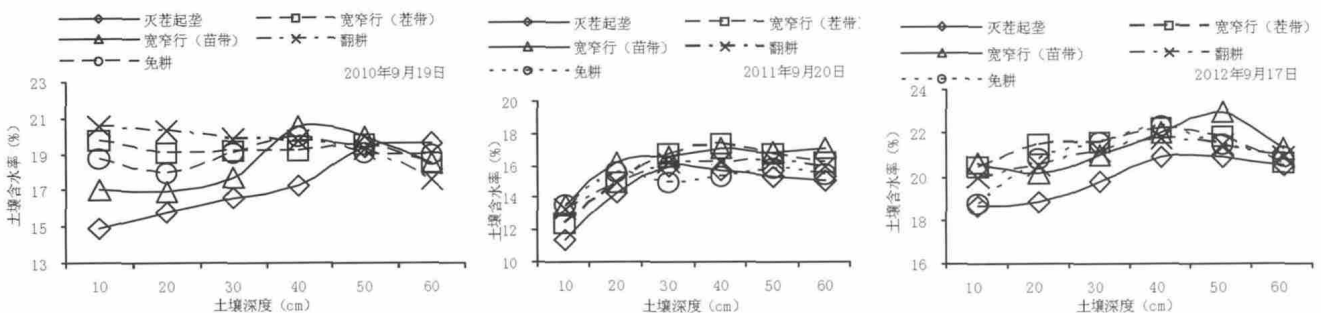


图 7 不同耕作方式成熟期土壤含水率垂直变化

23.0%,说明宽窄行种植在玉米拔节期深松后不仅有利于接纳雨水,而且土壤水分有由荏带向苗带侧下方运移的趋势。

松后也较高,说明深松后不仅有利于接纳雨水,而且土壤水分有由荏带向苗带侧下方运移的趋势。

3 结论与讨论

受降雨量的影响,不同年份 0~60 cm 土壤含水率季节性变化趋势不一致,降雨量多少直接影响到土壤含水率的高低。从平均土壤含水率来看,宽窄行(苗带)>宽窄行(荏带)>免耕>翻耕>常规耕作,2010 年至 2012 年宽窄行(苗带)较常规耕作高 1.3 个百分点,处理之间差异不显著。但是,宽窄行(苗带)或(荏带)播种前 0~20 cm 土壤含水率高于其他处理,差异达到显著($p<0.05$)或者极显著($p<0.01$)水平差异,其次为免耕,土壤含水率最低为翻耕处理。

在本研究中,3 年宽窄行(苗带)平均含水率较常规耕作高 1.3 个百分点,本研究结果与前人研究结果相似,刘武仁^[8]通过宽窄行(留高荏)交替休闲种植与均匀垄比较,春季土壤含水率(4 月份)高 0.5~3.0 个百分点,全生育期高 0.5~2.5 个百分点;杨耿斌^[9]研究得出,宽窄行 0~10 cm 土壤含水量高于常规垄作 2.35 个百分点,10~20 cm 高于常规垄作 6.51 个百分点;王庆杰^[10]研究表明,大垄宽窄行免耕种植模式能够改善土壤结构,增加土壤蓄水保水能力,其中在出苗期提高土壤水分 9.39%~11.03%。播种前耕层土壤墒情对于玉米出苗尤为重要,本研究在播种前 0~20 cm 宽窄行(苗带)或(荏带)土壤含水率高于其他处理,差异达到显著($p<0.05$)或者极显著($p<0.01$)水平差异,其次为免耕、常规耕作,最低为翻耕。这是因为,宽窄行在上一年深松有利于蓄水保墒,(下转第 11 页)

从播种前至成熟期,不同耕作方式 0~60 cm 土壤含水率基本呈上升趋势,30~50 cm 土壤含水率较高,宽窄行(苗带)50~60 cm 土壤含水率深

子萌发特性及生长状况的缓解效果比对中性盐胁迫下的缓解效果更加显著,这可能是外源 Ca^{2+} 可以中和碱性盐胁迫液中的碱含量,使 pH 下降,所以外源施加钙离子缓解碱性盐胁迫的作用明显于缓解中性盐胁迫的作用。同时,试验结果也显示,外源施加钙离子对大豆萌发及生长的缓解效果显著优于玉米,这可能与大豆是盐敏感性植物,在遭遇盐胁迫时,萌发及生长受到的抑制更加显著,因此其缓解作用也敏感有关。本试验研究证实钙离子能有效缓解盐胁迫对植物的伤害,提高种子萌发率及促进幼苗生长,因此合理施用钙肥在农业生产实践及盐碱土壤改良中具有重要的意义。

参考文献:

- [1] Allakhverdiev S I, Sakamoto A, Nishiyama Y, et al. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp.[J]. *Plant Physiol.*, 2000, 123 (3): 1047-1056.
- [2] 戴高兴,彭克勤,皮灿辉. 钙对植物耐盐性的影响[J]. *中国农学报*, 2003, 19(3): 97-101.
- [3] H Greenway, R Munns. Mechanism of salt tolerance in non-hylophytes[J]. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1980(31): 149-190.
- [4] 龚明,李英,曹宗翼. 植物体内的钙信使系统[J]. *植物学通报*, 1990, 7(3): 19-29.
- [5] Leonard R T, Hepler P K. Calcium in plant growth and development[M]. *American Society for Plant Physiologists*, 1990.
- [6] 王志强,王春丽,王同朝,等. 钙离子对盐胁迫小麦幼苗氮代谢的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(8): 4339-4345.
- [7] Gong M, Li Y-J, Chen S-Z. Absciscic acid induced thermo-tolerance in Maize seedlings is mediated by calcium and associated with antioxidant systems [J]. *Plant physiology*, 1998, 153(5): 488-496.
- [8] 谢兆辉. NaCl 胁迫对大豆种子萌发及 α -淀粉酶活性的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(2): 477-479.
- [9] Ouyang X R. The Effects of Seed Vigour and Imbibition Environment on the Activities of Protease and α -Amylase in Maize(*Zea mays* L.)Kernels[J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 2003, 29(1): 22-27.
- [10] 刘凤荣,陈火英,刘杨,等. 盐胁迫下不同基因型番茄可溶性物质含量的变化 [J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2004, 30(1): 99-104.
- [11] Knight H, Trevaas A J, Knight M R. Calcium signalling in *Arabidopsis thaliana* responding to drought and salinity[J]. *The Plant Journal*, 1997, 12(5): 1067-1078.
- [12] 齐明芳,刘玉凤,周龙发,等. 钙对亚高温下番茄幼苗叶片光合作用的调控作用[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(3): 531-537.
- [13] 刘丽云,侯传本,王明友,等. 外源钙离子对盐胁迫下小麦萌发的影响[J]. *山东农业科学*, 2007(5): 60-62.

(上接第 5 页) 留茬有利于接纳冬季和春季雪水,此外,播种前不动土达到很好地保墒效果;免耕效果类似宽窄行,但是夏季不深松,从而土壤含水率低于宽窄行;由于翻耕土壤疏松,形成上虚下实的耕层结构,春季刮风较大,土壤跑墒严重,土壤含水率在所有耕法处于最低;常规耕作方式灭茬打垄也不利于很好的保持土壤墒情,土壤含水率略高于翻耕。

在本研究中,长期连作玉米从播种前至成熟期,不同耕作方式 0~60 cm 土壤含水率基本呈上升趋势,30~50 cm 土壤含水率较高,而刘爽^[11]通过免耕、少耕、旋耕三种耕作方式玉米-大豆轮作研究认为,各时期 20~40 cm 土层含水量均较低,免耕可显著提高 0~90 cm 土层土壤含水量,与本研究结果不同,可能与降雨量、试验地点以及轮作有关。此外,在本研究中宽窄行(苗带)50~60 cm 土壤含水率也较高,土壤水分有由茬带向苗带侧下方运移的趋势,主要表现在 2011 年的灌浆期和成熟期以及 2012 年的成熟期,此研究结果有待于在不同年份(干旱年份、正常年份、雨水多的年份)进行验证。

参考文献:

- [1] Joe T.Ritchie. 土壤水分与植物生产力 [A]. 第 13 届国际土壤学会论文集[C]. 1987, 9.
- [2] 张桃林,王兴祥. 土壤退化研究的进展与趋向[J]. *自然资源学报*, 2000, 15(3): 280-284.
- [3] 钱成,蔡晓布. 秸秆还田对西藏中部退化农田土壤水分的影响[J]. *土壤通报*, 2003, 34(6): 586-588.
- [4] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等. 不同保护性耕作措施对旱作农田土壤水分的影响[J]. *生态学报*, 2005, 25(9): 2326-2332.
- [5] 刘武仁,郑金玉,罗洋,等. 玉米留高茬少、免耕对土壤环境的影响[J]. *玉米科学*, 2008, 16(4): 123-126.
- [6] 杨秀春,徐斌,严平,等. 农牧交错带不同农田耕作模式土壤水分特征对比研究 [J]. *水土保持学报*, 2005, 19(2): 125-129.
- [7] 张艳红. 免耕对土壤水分影响的研究 [J]. *黑龙江农业科学*, 2007(2): 21-23.
- [8] 刘武仁,郑金玉,罗洋,等. 玉米宽窄行种植的土壤水分变化规律研究[J]. *农业与技术*, 2008, 28(3): 40-43.
- [9] 杨耿斌,许东恒,王立春,等. 黑龙江省早熟地区玉米宽窄行种植技术应用研究[J]. *玉米科学*, 2013, 21(3): 100-102, 109.
- [10] 王庆杰,李洪文,何进,等. 大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(8): 39-43.
- [11] 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.