

旱地不同施肥对冬油菜产量及土壤水分状况的影响

罗照霞¹, 杨志奇¹, 俄胜哲², 袁金华², 车宗贤², 郭永杰²

(1. 天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000;

2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 研究了不同施肥处理下黄绵土区冬油菜产量、土壤水分状况及其水分利用效率的变化。结果表明: 有机肥与化肥配施明显提高了冬油菜籽粒产量和水分利用效率, 较不施有机肥平均提高了 12.95% 和 10.74%; 冬油菜产量以有机肥配施氮磷钾处理最高, 为 1 180.05 kg·hm⁻², 较对照(不施肥料)提高了 369.32%, 耗水量和水分利用效率也最高, 分别为 489.73 mm 和 2.41 kg·hm⁻²·mm⁻¹, 较对照分别提高了 6.40% 和 338.18%; 冬油菜收获后不同处理不同土层土壤含水量较播前大幅度下降, 0~20 cm 土层土壤含水量较播前下降了 8 个百分点左右, 0~100 cm 土层土壤储水量以不施肥处理最大, 为 244.36 mm。肥料配施提高了作物产量, 但也增加了土壤耗水量, 土壤干燥化程度也将加剧。

关键词: 施肥; 旱地; 冬油菜; 产量; 土壤水分; 水分利用效率

中图分类号: S365.4 文献标志码: A

Effects of different fertilization on winter rapeseed yield and soil water in dry land

LUO Zhao-xia¹, YANG Zhi-qi¹, E Sheng-zhe², YUAN Jin-hua², CHE Zong-xian², GUO Yong-jie²

(1. Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741000, China;

2. Institute of Soil Fertilizer and Water Saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: A study on the effects of different fertilization conditions on the yield of winter rapeseed, soil water and water use efficiency was carried out in dry land of Loess Plateau. The results showed that the yield of winter rapeseed and water use efficiency were extremely increased in manure combined with chemical fertilizer, it was increased by 12.95% and 10.74% respectively compared to that without manure. The highest yield and soil water consumption and water use efficiency were 1 180.05 kg·hm⁻² and 489.73 mm and 2.41 kg·hm⁻²·mm⁻¹ under the MNPK treatment, compared to CK treatment, it was enhanced by 369.32% and 6.40% and 338.18% respectively. Of all the treatments, compared to that before sowing, soil water content decreased quickly under different treatments in different soil layers, soil water content decreased by about 8% in 0~20 cm soil layer after harvest, the soil water storage of 0~100 cm soil layer of CK treatment was highest which was 244.36 mm. Combined fertilizer could enhanced crop yield, but it also could increase water consumption at the same time, the soil appeared a dry trend.

Keywords: fertilization; dry-land; rapeseed; yield; soil water; water use efficiency

黄土高原地区是我国典型的传统旱作农业区, 该地区降雨量稀少, 水源不足, 成为限制该地区农业生产力提高的主要因素, 水分不足也带来了一系列的环境问题。对于作物水分关系的研究一直是农业生态系统研究的重要问题^[1]。冬油菜是该区最主要的油料作物之一, 但是降水时空分布不均与冬油菜需水规律不吻合严重制约该区冬油菜生产, 因此, 寻求有效增加冬油菜产量并提高水分利用效率的措施

是该区农业生产中亟待解决的关键问题。生产实践证明, 肥料的大量投入极大地促进了作物产量和经济效益的提高, 提高了作物水分利用效率, 成为实现增产和土壤水分有效利用的主要措施^[2-3]。水分也会提高作物产量, 但它们对作物的影响不是孤立的, 即水肥之间存在着耦合效应^[4-5], 尤其在旱地农业研究中。如何在水分限制的条件下, 通过合理施肥提高作物产量和水分利用效率一直是国内外研究的

热点。目前有关氮、磷、钾单施及配施、有机肥单施及与化肥配施对作物产量和水分利用效率的研究大多集中在小麦、马铃薯、玉米等作物上^[6-14],但长期不同肥料施用对冬油菜水分利用效率及产量影响却鲜有报道。为此,本试验在长期肥料定位试验条件下研究不同施肥对冬油菜产量和土壤水分变化及水分利用效率的影响,以期对旱地农业水肥管理以及科学施肥提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验开始于1981年,试验地位于天水市农业科学研究所中梁试验站试验示范基地(34°05'N, 104°5'E),该区属半干旱山区,海拔1650 m,年降雨量500~600 mm,年平均气温为11.5℃,无霜期185 d。试验地土壤属中壤黄绵土,1981年试验初期土壤0~20 cm基础理化性状如下:pH 8.54,有机质含量11.87 g·kg⁻¹,全氮0.82 g·kg⁻¹,全磷0.66 g·kg⁻¹,全钾16.60 g·kg⁻¹,速效氮73 mg·kg⁻¹,速效磷8.6 mg·kg⁻¹,速效钾190 mg·kg⁻¹,有机碳9.14 g·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计,主处理为施有机肥(M)和不施有机肥处理,副处理设4个施肥水平,分别为不施肥、N肥、NP肥和NPK肥。试验共8个处理:CK(不施肥)、N、NP、NPK、M(纯有机肥)、MN、MNP、MNPk。1981—1992年每年施用N 90 kg·hm⁻², P₂O₅ 45 kg·hm⁻², K₂O 45 kg·hm⁻²,而1993—2014年施用N 150 kg·hm⁻², P₂O₅ 75 kg·hm⁻², K₂O 75 kg·hm⁻²。1981年施用有机肥60 000 kg·hm⁻²,1983、1984和1985年施用有机肥15 000 kg·hm⁻²,1986—2014年施用有机肥30 000 kg·hm⁻²。有机肥中有机碳、全氮、全磷、全钾的平均含量分别为20.1、3.0、1.16 g·kg⁻¹和11.1 g·kg⁻¹,碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为274.0、189 g·kg⁻¹和190 g·kg⁻¹。氮肥为尿素(含N≥46.4%),磷肥为过磷酸钙(含P₂O₅ 12%),钾肥为硫酸钾(K₂O≥50%)。

1981—2014年小麦、油菜、胡麻均为人工开沟播种,种植密度与当地大田生产相同。化肥和有机肥均做基肥播前一次施入。历年小麦与油菜、胡麻不规律轮作。33 a中1987、2000、2003、2011年和2014年供试作物为冬油菜,1991年为胡麻,其余年份均为冬小麦。田间杂草人工拔除,人工小区收获,作物收获时残茬高度低于10 cm,籽粒和秸秆及茎叶全部移出。其它栽培管理措施与当地大田生产相同。

2014年指示冬油菜品种为天油8号(由天水市

农业科学研究所中梁试验站提供),小区面积33.32 m²(8.33 m×4 m),每个处理重复3次,随机区组排列。冬油菜于2013年8月28日播种,2014年6月10日收获。冬油菜行距33.33 cm,株距8~10 cm,2.8万株·667hm⁻²。冬油菜种植年限生育期(2013年8月至2014年6月)降雨量为407.4 mm,盛花期一场大雪导致大部分花脱落,较往年减产在50%以上。前茬作物为冬小麦,施肥情况与本年度施肥一致。

1.3 测定项目与计算方法

冬油菜成熟后按小区收获计产。

于作物播种前(施肥前)及收获后,用土钻法测定试验小区0~100 cm土壤含水量,以20 cm为一分层单位,每个小区均匀布5个点取样然后取平均值。取样方法:将新鲜土样取出后盛于大型铝盒在分析天平上称重,准确值0.01 g。揭开盒盖放于盒底下,置于已预热至105℃的烘箱中烘烤12 h,取出,盖好,移入干燥器内冷却至室温,立即称重。降水量采用当地气象站监测数据。

土壤水分含量(%) = $(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0) \times 100$,式中, m_0 为烘干空铝盒质量(g), m_1 为烘干前铝盒及土样质量(g), m_2 为烘干后铝盒及土样质量(g)。

土壤贮水量 $W = h \times a \times b \times 10 / 100$,式中, W 为土壤贮水量(mm); h 为土层厚度(cm); a 为土壤容重(g·cm⁻³); b 为土壤重量含水量(%)。

耗水量(mm) = 生育期降水量(mm) + (播前1 m土层贮水量 - 收后1 m土层贮水量)

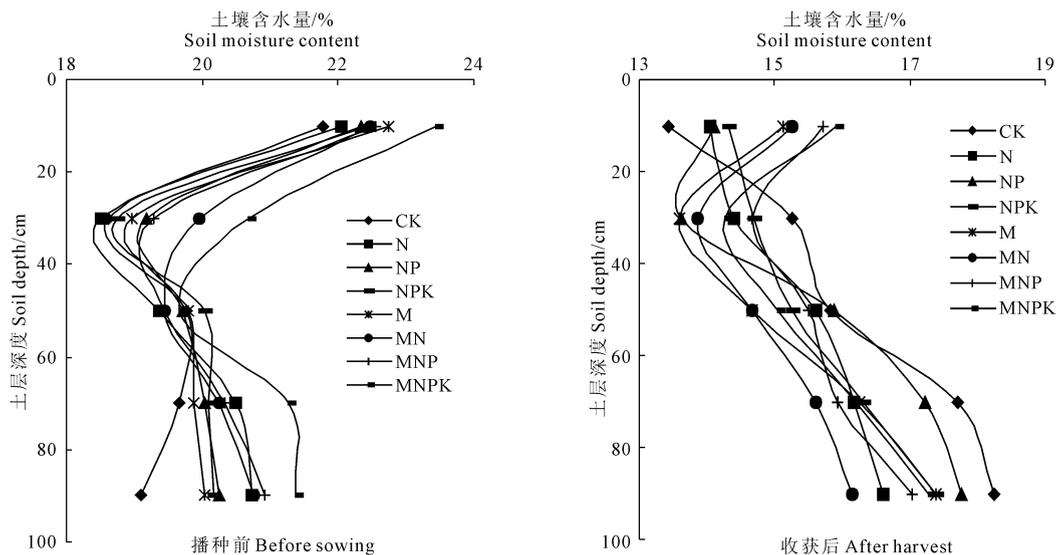
水分利用效率(kg·hm⁻²·mm⁻¹) = 作物产量(kg·hm⁻²) / 生育期耗水量(mm)

数据采用软件Excel作图,DPS3.01进行显著性分析,LSD法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对冬油菜土壤剖面水分分布的影响

作物播前土壤剩余含水量对作物的生长发育有重要作用。图1结果显示,2013年冬油菜播种前,不同施肥处理下0~20 cm土层土壤含水量均最大,维持在21.7%~23.4%之间,随着土层深度的增加,20~40 cm土层土壤含水量迅速减小,除了CK处理外,其余处理40~100 cm土层土壤含水量又呈现缓慢回升趋势。不施有机肥条件下60~100 cm土层土壤含水量肥料配施处理低于肥料单施(单施N肥)处理,施有机肥条件下,肥料配施处理0~60 cm土层土壤含水量低于肥料单施(单施M),60~100 cm土层土壤含水量却高于单施有机肥处理。



注:CK、N、NP、NPK、M、MN、MNP、MNPK 分别表示不施肥对照、单施氮肥、氮磷肥配施、氮磷钾肥配施、单施有机肥、有机肥和氮肥配施、有机肥和氮磷肥配施、有机肥和氮磷钾肥配施。

Note: CK, N, NP, NPK, M, MN, MNP, MNPK represent no-fertilization, only application of nitrogen, nitrogen + phosphorus, nitrogen + phosphorus + potassium, manure, manure + nitrogen, manure + nitrogen + phosphorus, manure + nitrogen + phosphorus + potassium, respectively.

图 1 不同施肥处理对冬油菜土壤剖面水分含量分布的影响

Fig.1 Effect of fertilizer on the distribution of soil moisture (profile) of winter rapeseed

2014 年冬油菜收获后不同处理不同土层土壤含水量较播前大幅度下降,且随着土层深度的增加土壤含水量逐渐增加。0~20 cm 土层土壤含水量在 13.4%~15.7% 之间,较播前下降了 8 个百分点左右,且不施肥处理土壤含水量低于所有施肥处理,而 20~100 cm 土层不施肥处理土壤含水量高于所有施肥处理。冬油菜 0~10 cm 土层的侧根密度最大,且侧根密度随着土层深度加深而大幅度降低。随着生育进程的推进,冬油菜根系生长加快,冬油菜的总根长、根表面积等逐渐增加,不同肥料施用明显影响了冬油菜根系形态构型,说明施肥促进了根系的进一步繁殖,增加根系对养分、水分的吸收能力。

2.2 不同施肥处理对冬油菜土壤贮水量的影响

耕层土壤由于受降雨及气候因素的影响,播前耕层土壤贮水量较收获后差异明显(见表 1),冬油菜收获后不同土层不同处理土壤贮水量均小于播前土壤贮水量。播前 0~40 cm 土层土壤贮水量差异不大,40~100 cm 土层除 CK 处理外,其它处理土壤贮水量随着土层深度的增加均升高,60~80 cm 土层土壤贮水量单施氮肥处理大于氮磷和氮磷钾处理配施,配施有机肥后结果刚好相反,有机肥配施氮磷钾和有机肥配施氮磷处理土壤贮水量大于有机肥配施氮肥处理。冬油菜播前所有施肥处理土壤贮水量均大于不施肥处理,0~100 cm 土层土壤贮水量较不施肥处理多 7.0~22.6 mm。不同肥料配施可向作物提供较多的营养物质,但肥料施用的同时也会对土

壤水分产生明显影响。冬油菜收获后不同处理随土层深度的增加土壤贮水量均不同程度增加,不同土层不施有机肥处理均大于施有机肥处理。0~100 cm 土层土壤贮水量以不施肥处理最大,为 244.36 mm,其次为单施氮肥处理,为 238.32 mm,以有机肥配施氮肥处理最小,为 227.92 mm。氮磷肥配施与氮磷钾肥配施、有机肥配施氮磷肥与有机肥配施氮磷钾肥处理之间差异不明显。可见,不同施肥处理冬油菜产量受土壤剩余含水量的影响,不施肥处理冬油菜产量最低,吸收利用的土壤水分最少,故土壤剩余含水量较高,反之,冬油菜产量较高的处理,对土壤水分利用较多,土壤剩余含水量则相对较少。

2.3 不同施肥处理对冬油菜产量与土壤水分利用效率的影响

冬油菜生育年限由于盛花期的强降雪使冬油菜大部分花脱落,雪后又加上低温冷冻使花期缩短,严重影响了冬油菜产量。施有机肥处理冬油菜植株长势较不施有机肥处理旺盛,受灾程度远大于不施有机肥处理。不施肥处理和单施氮肥处理由于还没有达到盛花期,故产量与以往年限差异不大。由表 2 可知,MNPK 处理产量最高,达 $1\ 180.05\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较对照(不施任何肥料,CK)增产 369.32%;MNP 处理产量为 $1\ 132.28\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较对照增产 350.32%;NPK 处理产量为 $1\ 096.72\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较对照增产 336.18%,与对照差异均达显著性水平。NPK 和 MNPK 处理较 NP 和 MNP 处理分别增产 66.29 kg·

hm^{-2} 和 $47.77 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 钾肥的增产作用不明显。由试验结果可以看出,施有机肥处理的产量高于不施有机肥处理的产量,施有机肥处理的平均产量较不施有机肥处理提高了 12.95%,化肥和有机肥混合施用可有效提高肥料的肥效。

对旱地农业来说可供作物利用的水分主要来自降水,因此,提高降水的储蓄和利用效率对旱地农业非常重要。冬油菜的水分利用效率受到了施肥管理的影响,肥料的施用增加了冬油菜对降水和土壤水分的利用。冬油菜种植年限由于较低的产量导致水分利用效率也较低,就水分利用效率结果来看,不施

有机肥条件下,N、NP、NPK 处理较对照(CK)分别提高了 240.00%、294.55%、318.18%,差异达显著水平,施用有机肥条件下,M、MN、MNP 和 MNPK 处理水分利用效率显著增加,较对照分别提高了 61.82%、256.36%、330.91%、338.18%。在相同施肥条件下,施有机肥处理水分利用效率平均值较不施有机肥处理提高了 10.74%。王兵^[6]等研究认为,在氮磷配施的基础上施钾由于提高了产量而使水分利用效率比不施钾处理显著提高,本试验施钾后产量增加幅度不大,因而水分利用效率相互间差异也较小。

表 1 不同施肥处理下冬油菜土壤贮水量

Table 1 Soil water storage of winter rapeseed field under different fertilization treatments

项目 Item	处理 Treatment	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	60 ~ 80 cm	80 ~ 100 cm	0 ~ 100 cm
播前 Before sowing	CK	56.15c	56.99cd	61.25a	62.09c	60.76d	297.24c
	N	56.87bc	56.62d	60.02a	64.76ab	65.96abc	304.22b
	NP	57.63bc	58.69cd	61.15a	63.35bc	64.38bc	305.20b
	NPK	57.87bc	57.39cd	62.09a	63.45bc	64.13bc	304.92b
	M	58.69ab	58.04cd	61.34a	62.77bc	63.68c	304.52b
	MN	57.97bc	61.04ab	60.30a	64.03bc	66.05abc	309.39b
	MNP	58.20b	59.02bc	60.32a	64.28bc	66.51ab	308.33b
	MNPK	60.49a	63.29a	60.93a	67.17a	67.95a	319.83a
收后 After harvest	CK	34.65d	46.69a	49.06a	55.97a	57.98a	244.36a
	N	36.22cd	44.06bc	48.39ab	51.09b	52.79de	232.55b
	NP	36.41bcd	44.06bc	49.24a	54.46a	56.51ab	238.32ab
	NPK	36.97bcd	45.00ab	47.28ab	51.57b	55.30bc	236.13ab
	M	39.06abc	41.55d	45.46b	51.33b	55.33bc	232.73ab
	MN	39.38ab	42.39cd	45.48b	49.30b	51.37e	227.92b
	MNP	40.53a	44.92ab	48.08ab	50.32b	54.20cd	238.05ab
	MNPK	41.06a	43.68bcd	46.64ab	51.21b	54.91bc	237.50ab

注:数值后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。

Note: Different small letters mean significant at 5% levels.

表 2 不同施肥处理对冬油菜产量和水分利用率的影响

Table 2 Effects of different fertilizers on winter rapeseed yield and water use efficiency

处理 Treatment	降水量 Rainfall /mm	土壤贮水量 Soil water storage /mm	耗水量 Water consumption /mm	产量 Yield /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	水分利用效率 Water use efficiency /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$)
CK	407.4	52.88c	460.28c	251.44f	0.55g
N	407.4	71.67ab	479.07ab	895.22e	1.87e
NP	407.4	66.88b	474.28b	1030.43c	2.17c
NPK	407.4	68.79b	476.19b	1096.72b	2.30b
M	407.4	71.79ab	479.19ab	426.40f	0.89f
MN	407.4	81.48a	488.88a	959.08d	1.96d
MNP	407.4	70.29ab	477.69ab	1132.28ab	2.37a
MNPK	407.4	82.33a	489.73a	1180.05a	2.41a

注:数值后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。表中土壤贮水量 = 播前 1 m 土层贮水量 - 收后 1 m 土层贮水量。

Note: Different small letters mean significant at 5% levels. Soil water storage in table was the difference value between before sowing and after harvest in 0 ~ 100 cm soil layer.

3 讨 论

3.1 不同施肥对作物产量的影响

本试验研究结论表明,化肥单施、有机肥单施或化肥配施、化肥与有机肥配施均能显著增加冬油菜产量,肥料配施效果优于单施。N、NP、NPK、M、MN、MNP 和 MNPK 处理产量较对照分别提高了 256.04%、309.81%、336.18%、69.58%、281.43%、350.32% 和 369.32%,施有机肥处理平均产量较不施有机肥平均产量提高了 12.95%。俄胜哲^[15]等对本试验 29 年连续监测的结论显示, N、NP、NPK、M、MN、MNP 和 MNPK 处理的产量贡献率分别为 24.8%、42.6%、44.0%、29.7%、42.3%、47.2% 和 47.4%,有机肥的增产作用优于化肥。李芳林^[7]等研究发现,施有机肥或有机肥与化肥配施都能显著提高土壤生产力,化肥配施增产效果优于化肥单施,并且化肥的增产效果好于有机肥,这可能与干旱年有关。宇万太^[16]等在东北潮棕壤上通过 17 年的长期定位肥料试验研究发现,氮、磷、钾肥均能明显提高作物产量,其增产率分别为 32.10%、15.06% 和 10.95%。陈修斌^[17]等对河西走廊旱地油菜水肥化管理指标研究发现,灌水量、氮肥、磷肥均能提高油菜产量,在试验模型下优选得到的灌水量、氮肥、磷肥施用量产量比生产上一般灌水及施肥量高出 0.65 倍。不同肥料在不同试验中对产量的贡献率不同可能与降水量、施肥量及有机肥质量不同有关。干旱半干旱地区作物产量因年降水量的不同波动很大,肥料有明显的调水作用,水分也有显著的调肥作用,因而促进了作物的生长,提高了作物产量。

3.2 不同施肥对土壤水分利用效率的影响

在雨养农业区土壤水库是作物吸收水分的主要来源,合理的肥料施用能促进作物生长发育,根系深扎,增强作物对深层水分的利用。本研究发现,施肥明显提高了冬油菜水分利用效率, N、NP、NPK、M、MN、MNP 和 MNPK 处理土壤水分利用效率较对照分别提高了 240.00%、294.55%、318.18%、61.82%、256.36%、330.91%、338.18%,施有机肥处理平均水分利用效率较不施有机肥处理提高了 10.74%。胡中科^[18]等对紫色土地区水钾耦合对油菜产量及水分利用效率的研究发现,蕾苔、开花期土壤水分分布控制在 0.68%、0.80%,施钾量控制在 $0.57 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,油菜籽粒产量和水分利用效率均较高,且水钾协同作用显著。王淑英^[19]等研究发现,在黄土高原旱作地区,任何气候年份,小麦、玉米的 WUE 大小顺序均为 $\text{MNP} > \text{SNP} > \text{NP} > \text{M} > \text{N} > \text{CK}$ 。长期不施肥引起

的土壤营养缺乏对作物生长的限制胜过水分不足,肥料在提高单位水分的利用效率中作用明显。施肥能显著提高黄土高原地区土壤生产力和土壤水分利用效率,同时也导致黄土高原旱地深层土壤相对干旱的形成。魏孝荣^[9]研究发现,旱地长期施肥对土壤水库有较大影响,即使在播种下季作物时,经过一个相当长的雨季对土壤水分的补充,高肥处理的土壤水分仍处于一个较低的水平。在干旱半干旱的雨养农业区,可通过优化肥料施用量,采取不同的施肥方式,并积极采取夏季休闲期覆盖作物秸秆及能有效储水的其它措施,促进夏季休闲期降水入渗,减少蒸发,促进作物对深层土壤水分的利用,从而提高作物产量和水分利用效率。

4 结 论

施肥在旱地农业生产中具有明显的增产和提高作物水分利用效率的作用,化肥配施或有机肥配施化肥的效果更显著。化肥的增产效果受降雨影响的年际波动性很大,配合施用有机肥后能有效减缓产量的波动,同时也可以实现旱地有限水资源的高效利用。

参 考 文 献:

- [1] 谢贤群. 我国北方地区农业生态系统水分运行及区域分异规律研究的内涵和研究进展[J]. 地球科学进展, 2003, 18(3): 440-446.
- [2] 党廷辉. 施肥对旱地冬小麦水分利用效率的影响[J]. 生态农业研究, 1999, 7(2): 28-31.
- [3] 张仁陟, 李小刚, 胡恒觉. 施肥对提高旱地农田水分利用效率的机理[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 221-226.
- [4] 金 轲, 汪德水, 蔡典雄, 等. 水肥耦合效应研究 - 不同 N、P 水平配合对旱地冬小麦产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 1-7.
- [5] 王殿武, 刘树庆, 文宏达, 等. 高寒半干旱区春小麦田施肥及水肥耦合效应研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(5): 62-68.
- [6] 王 兵, 刘文兆, 党廷辉, 等. 黄土塬区旱作农田长期定位施肥对冬小麦水分利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 829-834.
- [7] 李芳林, 郝明德, 杨 晓, 等. 黄土旱塬施肥对土壤水分和冬小麦产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(1): 154-157.
- [8] 危 锋, 郝明德. 黄土旱塬长期施肥对小麦连作土壤养分和水分的影响[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(4): 104-109, 116.
- [9] 魏孝荣, 郝明德, 张春霞. 旱地长期施肥对土壤水分的影响[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 95-97.
- [10] 康利允, 李世清. 分层供水施肥对冬小麦生长及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(1): 85-92.
- [11] 张 勉, 孙 敏, 高志强, 等. 施肥对旱地小麦土壤水分、干物质累积和转运的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(1): 98-103.

与前人的研究一致。无论陆地棉还是海岛棉在盛铃期之前氮素分配主要集中在叶片中,之后在生殖器官中氮素分配向叶片中转移,这与干物质分配规律相同。

4 结 论

本试验条件下,陆地棉干物质积累总量在全生育期内均高于海岛棉,根和叶的干物质积累量占积累总量的比例大于海岛棉,茎干物质积累量占积累总量的比例小于于海岛棉,生殖器官干物质所占比例在生育前期小于海岛棉,后期逐渐大于海岛棉。氮素积累总量在全生育期内陆地棉均大于海岛棉,生殖器官氮素积累比例在生育前期为陆地棉小于海岛棉,后期逐渐大于海岛棉。与陆地棉相比海岛棉营养器官干物质以及氮素积累比例过大,不利于生长后期生殖器官干物质的积累与分配,不利于提高棉花的产量。

参 考 文 献:

- [1] 伍维模,董合林,危常洲,等.南疆陆地棉与海岛棉光合一响应及叶绿素荧光特性分析[J].西北农业学报,2006,15(4):141-146.
- [2] 孔庆平.我国海岛棉生产概况及比较优势分析[J].中国棉花,2002,29(12):19-23.
- [3] 胡根海,王志伟,王清连,等.海岛棉与陆地棉叶绿素含量变化的差异研究[J].生物学杂志,2010,27(4):31-34.
- [4] 姚贺盛,张亚黎,易小平,等.海岛棉和陆地棉叶片光合特性、冠层结构及物质生产的差异[J].中国农业科学,2015,48(2):251-261.
- [5] 武路云.海岛棉种质资源遗传多样性及陆地棉与海岛棉杂种优势利用研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [6] 胡根海,张金宝,朱颜平,等.陆地棉与海岛棉几种生理生化指标差异的研究[J].湖北农业科学,2010,49(7):1570-1572.
- [7] 叶欣,王永东,李瑞雪.不同品种棉花干物质积累差异对比研究[J].西南农业大学学报(自然科学版),2004,26(6):750-752,784.
- [8] 日孜旺古力·阿不都热合曼.海岛棉和陆地棉棉铃生长发育规律的比较[J].农产品加工(学刊),2014,(21):20-24.
- [9] 张亚黎,姚贺盛,罗毅,等.海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素[J].生态学报,2011,31(7):1803-1810.
- [10] 罗宏海,李俊华,勾玲,等.膜下滴灌对不同土壤水分棉花花铃期光合生产、分配及籽棉产量的调节[J].中国农业科学,2008,41(7):1955-1962.
- [11] 伍维模,郑德明,董合林,等.南疆棉花干物质和氮磷钾养分积累的模拟分析[J].西北农业学报,2002,11(1):92-96.
- [12] 张祥,张丽,王书红,等.棉花源库调节对铃叶光合产物运输分配的影响[J].作物学报,2007,33(5):843-848.
- [13] 张旺峰,李蒙春.北疆高产棉花干物质积累与分配规律的研究[J].新疆农垦科技,1997,(6):1-2.
- [14] Wu W M, Dong H L, Wei C Z, et al. Analysis of light flux effect curves and chlorophyll fluorescence characteristics[J]. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica, 2006,15(4):141-146.
- [15] 郑顺林,吴永成,李首成.高强力棉花养分吸收特性初步研究[J].四川农业大学学报,2006,24(1):113-117.
- [16] 杨京平,姜宁,陈杰.施氮水平对两种水稻产量影响的动态模拟及施肥优化分析[J].应用生态学报,2003,14(10):1654-1660.
- [17] Watt M S, Clinton P W, Whitehead D, et al. Above-ground biomass accumulation and nitrogenfixation of broom (Cytisus scoparius L) growing with juvenile pinusradiata on a dry land site[J]. Forest Ecology and Management, 2003,184(1-3):93-104.
- [18] 凌启鸿主编.作物群体质量.上海:上海科学技术出版社,2000.
- [19] 柳维扬.膜下滴灌高产棉花 NPK 特性应用研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [20] 王克如,李少昆,宋光杰.新疆棉花高产栽培生理指标研究[J].中国农业科学,2002,35(6):638-644.
- [21] 罗宏海,张亚黎,朱波.南疆超高产杂交棉标杂 a1 的光合生产特性研究[J].新疆农垦科技,2007,(4):7-9.
- [22] 李蕾,娄春恒,文如镜,等.新疆不同密度下棉花干物质积累及其分配规律研究[J].西北农业学报,1996,5(2):10-14.
- [23] 张旺峰,李蒙春,杨新军.氮素水平对初花后棉株生物量、氮素累积特征及氮素利用率动态变化的影响[J].石河子大学学报,1998,2(2):87-92.
- [24] 薛晓萍,郭文琦,王以琳,等.不同施氮水平下棉花生物量动态增长特征研究[J].棉花学报,2006,18(6):323-326.

(上接第 168 页)

- [12] 陈光荣,高世铭,张晓艳,等.补水时期和施钾量对旱作马铃薯产量和水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):41-45.
- [13] 杨文,周涛.氮磷配施对旱地春小麦水分利用效率及水肥交互作用的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):10-16.
- [14] 王晓娟,贾志宽,梁连友,等.旱地有机培肥对玉米产量和水分利用效率的影响[J].西北农业学报,2009,18(2):93-97.
- [15] 俄胜哲,杨志奇,罗照霞,等.长期施肥对黄土高原黄绵土区小麦产量及土壤养分的影响[J].麦类作物学报,2016,36(1):104-110.
- [16] 宇万太,姜子绍,周桦,等.不同施肥制度对作物产量及肥料贡献率的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(6):54-58.
- [17] 陈修斌,张东昱,张文斌,等.河西走廊旱地油菜水肥量化管理指标研究[J].土壤通报,2011,42(5):1175-1178.
- [18] 胡中科,庄文化,刘超,等.紫色土地区水钾耦合对油菜产量及水分利用效率的影响研究[J].水土保持研究,2014,21(4):87-91.
- [19] 王淑英,樊庭录,丁宁平,等.长期定位施肥条件下黄土旱塬农田作物产量、水分利用效率的变化[J].核农学报,2010,24(5):1044-1050.