

内陆石羊河灌区灌溉和施氮 对夏玉米苗期生长及生理特性的影响

田育丰, 张富仓, 刘小刚

(西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以夏玉米为材料, 设 4 个灌水水平: 337.5、675、1 012.5、1 350 m³/hm²; 4 个施氮水平: 75、150、225、300 kg N/hm², 研究限量灌溉和施氮对夏玉米苗期生长及生理指标的影响。结果表明: 严重干旱会抑制玉米的生长。在玉米苗期, 充分供水和高氮对玉米的生长不利, 轻度亏缺与中氮组合使玉米苗期处于最佳生长状态, 水氮共同作用对玉米的光合速率有促进作用; 玉米苗期适度经受水分亏缺, 有利于根系的生长; 在同一施氮水平下, 不同程度水分亏缺处理的根冠比(R/S)大于充分供水的处理。玉米苗期叶水势随灌水量的增大而增大, 在灌水量相同时, 叶水势随施氮量的增加而逐渐变大; 干旱会使玉米光合速率下降, 但适量增施氮肥可增加玉米的光合速率。

关键词: 限量灌溉; 夏玉米; 根冠比; 叶水势; 光合速率

中图分类号: S513.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0125-06

水分是困扰旱区农业生产的主要限制因子, 全球有 1/3 的土地面积属于干旱或半干旱地区, 我国干旱或半干旱地区面积占国土面积的近 1/2, 水分胁迫对农作物造成的损失在所有非生物胁迫中占首位^[1]。大量研究表明, 适当减少灌水次数和灌溉定额, 可以达到节水不减产甚至增产的目的^[2,3]。土壤水分状况是影响作物生长发育及水分利用效率最主要的环境因子, 土壤水分胁迫造成作物的蒸腾速率、光合速率、气孔导度、叶水势降低^[4]。氮素对作物叶绿素、光合速率、以及光呼吸等都有明显的影响。土壤水分正常供应条件下, 缺氮会造成植物光合速率、光合量子效率和有关碳代谢酶类活性降低^[5]。施肥可提高土壤肥力, 提高作物产量, 能改善作物水分利用效率^[6]。目前研究表明氮素营养可提高作物叶片水势, 提高叶片渗透调节能力, 抑制作物蒸腾。作物发育前期, 整株总光合速率随土壤干旱程度的加重而急剧下降^[7]。本文对石羊河流域大田玉米作物进行了研究, 旨在了解限量灌溉和施氮对夏玉米苗期生长和生理指标的影响, 为石羊河流域夏玉米节水灌溉和合理使用氮肥提供理论技术和依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2007 年 5~10 月在甘肃省石羊河流域

武威市沙漠公园试验站进行, 夏玉米为该地区大量种植的金穗 2 号。土壤质地为灰钙质轻砂壤土, 土壤比重 2.713 g/cm³, 土壤干容重 1.22 g/cm³, 土壤空隙率 52%, 田间持水率 36.5% (体积含水率), 地下水埋深 25~30 m。土壤肥力水平较低, 有效磷含量 5~8 mg/kg, 有机质含量 4~8 g/kg, 土壤 pH 值约为 8.2, 矿化度 0.71 g/L, 土壤速效性盐离子含量 0.12%~0.56%, 灌溉水源为地下水。试验站位于甘肃省河西地区东部, 处于乌稍岭以西, 祁连山北麓, 东经 101°41'~104°16', 北纬 36°29'~39°27', 属大陆性温带干旱气候, 太阳辐射强、日照充足, 夏季短而炎热、冬季长而寒冷、温差大、降水少、蒸发强烈、空气干燥。海拔 1 300~1 500 m, 年平均气温 8℃, 大于 0℃积温 3 550℃以上, 年降水量小于 150 mm。

1.2 试验设计

试验设 4 个供水水平: 337.5、675、1012.5、1350 m³/hm² (其中 1 350 m³/hm² 为当地一般灌水量)。4 个施氮水平: 75、150、225、300 kg N/hm² (300 kg N/hm² 为当地一般施氮量); 完全随机设计, 重复 2 次; 播前一次性施入氮肥, 每小区按 560 kg/hm² 施入磷肥 (普通过磷酸钙), 小区面积为 5 m×4 m, 共 32 个小区, 每小区间设有 40 cm 宽的隔离带, 种植密度为 72 000 株/hm², 行距为 20 cm。于 2007 年 5 月 5 日播种, 2007 年 9 月 24 日收获。待苗长至三

叶期(2007 年 5 月 25 日)开始进行灌水水平的不同处理。

1.3 观测项目及方法

在灌水处理后 15 天,对玉米各生长性状及生理指标进行测定,于晴朗天选各处理生长良好的植株 3 株,每株上选 3~4 片功能叶,采用便携式光合作用测定系统(LCI Portable Photosynthesis System)测定光合速率、蒸腾速率等指标。选取各小区生长良好的植株 3 株上部第 2 片完全展开叶,用 PSYPRO 露点水势仪测定叶水势。用游标卡尺测量茎粗,用米尺测量玉米株高、叶面积。每小区取 3 株长势基本一致的玉米,用铁铲从株、行距的 1/2 处垂直切下,切入深度根据根系生长而定,尽量取到以肉眼看不见毛细根为止,然后将含有土柱的一株玉米取出,浸泡在水池中,到土柱变得松散,冲洗根系得到完整的根,用吸水纸吸干根表面的水分,称取鲜重,烘干后称取干重。

试验数据用 Microsoft EXCEL 处理,SAS 软件分析,首先对不同处理间指标进行方差分析,若差异显著,再进行 Duncan 比较。

2 结果与分析

2.1 限量灌水和施氮对玉米苗期生长指标的影响

由表 1 可看出玉米各生长指标随灌水水平的变化趋势,灌水水平对玉米苗期各生长指标产生不同程度的影响,且随着水分亏缺的加剧,其影响程度增强;水分亏缺对玉米苗期株高及叶面积的影响达极显著水平,而对茎粗的影响仅达到显著水平,灌水水平与施氮水平之间的交互作用对玉米苗期各生长指标的影响均达到极显著水平。在同一施氮水平下,玉米株高随水分亏缺程度的加重呈下降趋势,重度亏缺处理与其它各亏缺处理的玉米株高差异显著,充分供水处理与其他各亏缺处理之间玉米株高的差异也达到显著水平;在中氮水平下,与重度亏缺处理相比,中度亏缺处理的株高增加了 3%,充分供水处理的株高增加了 7.3%。由表 1 可得出,除充分供水处理外,玉米茎粗随水分的变化趋势为:轻度亏缺处理>中度亏缺处理>重度亏缺处理。在中氮和高氮水平下,充分供水处理的玉米茎粗反而低于其他水分亏缺处理。综合各因素考虑,水分严重亏缺会抑制玉米苗期的生长,主要表现为株高、茎粗等,而适时适度的对玉米进行亏水处理,有助于玉米的生长,从玉米叶片的长相和长势看,重度亏缺处理,植株显得既矮又细,在中午时分,叶子卷曲程度最高,其下部叶片最先出现黄叶。施氮对玉米苗期株高、

叶面积的影响均达到极显著水平,而对茎粗的影响仅达到显著水平;在重度亏缺下,玉米株高随施氮量的增加而增加,且增加幅度较大,而在充分供水下,玉米株高随着施氮量的增加而呈现出下降趋势;玉米苗期茎粗随施氮量的变化和株高有相似的趋势。这说明在玉米苗期大量施氮、充分供水反而对玉米的生长不利。从表中还可看出,轻度亏缺和中氮组合对玉米苗期的生长最为有利。在各个灌水水平下,施氮对玉米苗期叶面积的影响也极为显著。

2.2 限量灌水和施氮对玉米苗期生理指标的影响

由表 2 可看出限量灌水和施氮对玉米苗期生理指标的影响。灌水水平对玉米苗期叶水势的影响达到极显著水平,而灌水水平和施氮水平的交互作用对苗期玉米叶水势的影响仅达到显著水平。在各个施氮水平下,叶水势均以重度亏缺下最低;除高氮水平外,玉米苗期叶水势的变化趋势为:充分供水处理>轻度亏缺处理>中度亏缺处理>重度亏缺处理,尤其以施氮 75 kgN/hm^2 水平下变化最为明显;在施氮 75 kgN/hm^2 水平下,充分供水处理较重度亏缺处理叶水势增加了 24.1%,较中度亏缺处理增加了 23.5%,较轻度亏缺处理增加了 4.3%;干旱胁迫可以降低玉米的叶水势,这会使玉米的抗旱能力增强,有利于玉米后期的生长发育。杨鑫光等^[8]对霸王苗期叶水势的研究结果表明,随着土壤含水量的下降,霸王叶水势逐渐下降,本试验与此结论相似;在同一施氮水平下,重度亏缺处理与中度亏缺处理、轻度亏缺处理、充分供水处理的玉米光合速率差异均显著。由此可知,玉米苗期光合速率随着水分胁迫的加剧而降低。玉米苗期蒸腾速率随亏缺程度的变化趋势最为明显,在各施氮水平下,各个水分亏缺处理间的差异都达到显著水平,总的变化趋势是:充分供水处理>轻度亏缺处理>中度亏缺处理>重度亏缺处理。这也说明,水分亏缺严重影响了玉米苗期的蒸腾速率,当没有足够的水分来供给蒸腾,这时玉米只有通过关闭叶片上的气孔,减少蒸腾,以保持自身的水分循环。施氮对玉米苗期叶水势的影响达到极显著水平,玉米苗期发生重度干旱胁迫时,施氮 75 kgN/hm^2 处理的叶水势高于其他处理,且与其他处理的差异达到显著水平,与特低氮处理相比,低氮处理玉米的叶水势降低了 3.8%,中氮处理玉米叶水势降低了 11.5%,高氮处理玉米的叶水势降低了 13.1%。玉米在中度亏缺处理、轻度亏缺处理、以及充分供水条件下,其叶水势随施氮量的变化趋势与重度亏缺处理基本相同,其变化趋势都是特低氮处理>低氮处理>中氮处理>高氮处理;随着干旱胁迫

迫的加剧,中氮、高氮处理玉米的叶片水势下降幅度要大于低氮和特低氮处理,这说明在干旱胁迫下,氮肥增强了植株对水分胁迫的敏感性,其内在原因可能是植株体内累积了大量的脯氨酸等可溶性物质,这对作物抗御水分胁迫有重要的作用^[9]。玉米苗期光合速率及蒸腾速率受氮肥的影响都达到极显著水平,在重度亏缺下,玉米光合速率随着施氮量的增

加而增加,其中,高氮处理和其他处理间差异均显著;在中度亏缺和轻度亏缺时,随着施氮量的增加,玉米光合速率的增加幅度比较缓慢,而在充分供水时,玉米光合速率随施氮量的变化幅度很大,结果说明,在干旱条件下,适量施用氮肥能增加玉米苗期的光合速率。在同一灌水水平下,各处理间玉米的蒸腾速率差异显著。

表 1 限量灌水和施氮对玉米生长指标的影响(2007-06-10)

Table 1 The effect of limited irrigation and nitrogen fertilization on growth indication of maize(Jun. 10, 2007)				
施氮量 N fertilization level (kgN/hm ²)	灌水水平 Water level (m ³ /hm ²)	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem thickness (mm)	叶面积(cm ² /株) Leaf area(cm ² /Plant)
75	337.5	52.8±0.53 _c	22.36±0.29 _b	2352.63±90.29 _b
	675	64.9±0.85 _a	23.90±0.45 _{ab}	2771.23±87.7 _{ab}
	1012.5	66.3±0.88 _a	25.58±0.46 _a	2877.57±55.30 _a
	1350	58.5±0.35 _b	24.06±0.0 _{ab}	2662.12±90.44 _{ab}
150	337.5	57.2±0.35 _c	22.68±0.23 _a	2689.99±84.63 _a
	675	69.8±0.53 _a	25.16±1.29 _a	3082.72±61.08 _a
	1012.5	62.3±0.53 _b	24.86±0.94 _a	2714.32±74.91 _a
	1350	67.6±0.42 _a	25.72±1.21 _a	3266.33±133.11 _a
225	337.5	67.8±0.53 _b	28.38±0.27 _a	2955.12±57.30 _a
	675	69.7±0.35 _b	28.40±0.74 _a	3125.24±31.37 _a
	1012.5	63.1±0.42 _c	27.02±0.64 _a	3341.95±139.77 _a
	1350	73.1±0.64 _a	21.90±0.40 _a	3193.49±96.22 _a
300	337.5	71.9±0.81 _c	29.92±0.49 _a	2492.02±132.37 _b
	675	65.5±0.35 _b	24.12±1.32 _b	2870.71±131.9 _b
	1012.5	71.7±1.06 _a	24.74±0.87 _b	3499.46±61.97 _a
	1350	65.5±1.06 _a	22.96±0.66 _b	2788.75±29.54 _b
显著性检验(F 值) Significance test(F value)				
灌水水平 Water level		22.59 ^{**}	4.34 [*]	8.55 ^{**}
施氮水平 N fertilization level		69.23 ^{**}	1.88 [*]	8.04 ^{**}
灌水水平×施氮水平 Water level × N fertilization level		32.47 ^{**}	3.91 ^{**}	2.68 ^{**}

注:分别对表中每个施氮水平下同一列数据进行方差分析,不同小写字母(a, b)表示同一列在 P_{0.05}水平下差异显著; * 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

Note: different letter (a, b) are significant difference at P≤0.05. * significant difference (P≤0.05), ** extremely significant difference (P≤0.01).

2.3 限量灌水和施氮对玉米苗期根冠生长的影响

表 3 是限量灌水和施氮对玉米苗期根冠生长的影响,可看出,玉米苗期根冠生长不同程度地受到灌水水平和施氮水平的影响,灌水水平对玉米地下鲜重、干重,地上鲜重、干重以及根冠比的影响均达到极显著水平,施氮对玉米根冠的影响同样也达到极显著水平,而灌水水平和施氮水平的交互作用对玉米根冠生长的影响仍极其显著。在特低氮和低氮水平下,中度亏缺处理的地下鲜重最大,而在高氮水平下,轻度亏缺处理的地下鲜重达到最大。但从总的

趋势来看,在每个施氮水平下,地下鲜重表现出先增大后减小。地下干重受灌水水平和施氮的影响,表现出与地下鲜重类似的趋势。由表可知,幼苗期是玉米根系生长的主要阶段,根系干重占总干物质的比例较大,约为 32%~42%,根冠比约为 0.49~0.73;在各个施氮水平下,不同程度水分亏缺处理 R/S 值大于充分供水处理。表明玉米苗期适当经受水分亏缺,有利根系生长;其原因可能是水分亏缺能使得其水分与营养的供给均向根系倾斜;另外一种原因可能是水分亏缺增加了根系活力,提高了根系

脯氨酸含量,增强了 SOD 活性、CAT 活性与 MDA 含量。同时,也发现根相对大时,冠层干物质也呈现出增加趋势,这说明玉米地上部分的生长也受到地下根系生长的影响,尽管苗期不同水分供应,根系鲜重、干重及冠重出现一些差异,但玉米生育前期仍表现出优先长根的总趋势。

表 2 限量灌水和施氮对玉米生理指标的影响(2007-06-11)

Table 2 The effect of limited irrigation and nitrogen fertilization on physiology indication of maize(Jun. 11, 2007)				
施氮量 N fertilization level (kgN/hm ²)	灌水水平 Water level (m ³ /hm ²)	叶水势 Leaf water potential (-MPa)	光合速率 Photosynthesis rate [μmol/(m ² ·s)]	蒸腾速率 Transpiration rate [mmol/(m ² ·s)]
75	337.5	1.16±0.02 _a	25.07±1.03 _c	4.06±0.01 _d
	675	1.16±0.01 _a	41.28±0.63 _b	7.24±0.04 _b
	1012.5	0.92±0.01 _b	46.87±0.5 _a	5.79±0.01 _c
	1350	0.89±0.01 _b	45.27±0.08 _a	9.39±0.01 _a
150	337.5	1.20±0.04 _a	39.18±0.29 _c	9.08±0.02 _c
	675	1.16±0.02 _a	50.22±0.21 _a	7.96±0.02 _d
	1012.5	1.02±0.04 _a	42.38±0.80 _b	9.66±0.03 _b
	1350	0.93±0.02 _a	49.26±0.37 _a	12.47±0.02 _a
225	337.5	1.31±0.01 _a	34.95±0.07 _c	10.42±0.04 _c
	675	1.13±0.01 _b	45.29±0.49 _b	9.40±0.01 _d
	1012.5	1.07±0.01 _b	44.71±0.36 _b	13.18±0.02 _b
	1350	0.98±0.02 _b	54.93±0.07 _a	14.86±0.03 _a
300	337.5	1.34±0.02 _a	39.94±0.43 _c	13.05±0.02 _c
	675	1.25±0.03 _{ab}	45.93±0.19 _b	14.47±0.02 _b
	1012.5	1.15±0.02 _b	48.73±0.68 _b	15.06±0.03 _a
	1350	1.06±0.01 _b	59.21±0.58 _a	12.05±0.01 _d
显著性检验(F 值) Significance test(F value)				
灌水水平 Water level		43.86 **	358.17 **	6390.74 **
施氮水平 N fertilization level		19.88 **	90.29 **	32764.6 **
灌水水平×施氮水平 Water level × N fertilization level		2.12 *	30.01 **	2882.07 **

3 讨 论

1) 水分是植物细胞质的主要成分。当玉米遭受干旱胁迫时,作为冠层结构体现者之一的茎秆也受到抑制。造成此现象的可能原因是:在微观上,由于水分亏缺茎秆内细胞膨压下降,细胞壁的伸张受到限制;在宏观上,可能是由于水分胁迫,冠层光合同化物减少,分配的同化物量下降,使其潜在的遗传特性由于环境的变化而被制约,因此,生长变慢或几乎停止,使整体的株高降低^[10]。在中度和重度亏缺处理下,玉米光合速率明显低于充分供水处理和轻度亏缺处理,其原因可能是中度和重度亏缺处理下,尤其是重度亏缺下,气孔的限制因素占主要地位。轻度亏缺对玉米苗期的光合速率和蒸腾速率的影响较小,因而其变化趋势与正常水分处理相近。水分亏缺时玉米可通过降低叶面积而减少植株蒸腾量。作物光合作用对水分胁迫十分敏感,水分胁迫导致

作物光合速率下降是干旱作物减产的重要原因^[11]。在干旱条件下,氮肥增强了植株对水分胁迫的敏感性。李世清、杜建军等研究得出,与不施 N 肥相比,施用 N 肥能提高干旱条件下作物叶片的光合速率,增强了植株对水分胁迫的敏感性^[12,13]。

2) 氮素作为植物的生命元素,深刻地影响着植物生长发育的各个生理生化过程^[14],在干旱条件下,增加氮素营养的供应能增强其抗旱性,并能改善植物体内的水分状况^[15],其原因可能是增施氮肥能提高植物体细胞酶的活性,减缓植物的氮代谢紊乱^[16];氮是植物体内重要的渗透剂,在水分胁迫等逆境条件下对植物有明显的渗透调节作用^[17];施用氮肥能促进作物地上部的生长,减少干旱胁迫对作物的生长速率、叶面积、株高及产量的抑制效应,表现为增大叶面积、促进生长和干物质积累^[18]。但在重度亏缺下,过量的氮肥可能会对玉米造成烧苗。

3) 根系作为重要的吸收、合成、固定和支持器

官,在作物的生长发育中起着不可忽视的作用。水分因素对玉米根系的生长发育影响最大,是首要的影响因素,适度水分亏缺能促进根系生长,增大根冠比,进而影响到玉米植株的发育;施氮对玉米根系生长发育的影响程度小于水分因素。当氮素供应过多

时,对根系生长的影响可能表现为抑制作用,引起明显的负效应^[19]。本试验中,在同一灌水水平下,随着施氮量的增加,玉米根系表现出逐渐减小的趋势,说明过量的氮素供应,会抑制玉米根系的生长。

表 3 限量灌溉和施氮对玉米苗期根冠生长的影响(2007-06-11)

Table 3 The effect of limited irrigation and nitrogen fertilization on root and shoot growth development of maize (Jun. 11, 2007)						
施氮量 N fertilization level (kgN/hm ²)	灌水水平 Water level (m ³ /hm ²)	地下鲜重 Underground fresh weight	地下干重 Underground dry weight	地上鲜重 Aboveground fresh weight	地上干重 Aboveground dry weight	根冠比 Rate of root and shoot
75	337.5	51.18±0.08k	34.76±0.07e	218.73±0.131	52.7±0.08jk	0.66±0.0004d
	675	60.36±0.09f	33.94±0.03g	161.76±0.36o	46.48±0.06n	0.73±0.0004b
	1012.5	51.93±0.27j	33.09±0.09h	239.01±0.68j	52.33±0.01k	0.63±0.0018e
	1350	51.40±0.01k	33.79±0.01j	213.80±0.14m	50.19±0.04l	0.67±0.0008c
150	337.5	65.00±0.18e	35.18±0.04cd	193.81±0.78n	47.24±0.14m	0.75±0.0013a
	675	67.79±0.03d	35.33±0.07bc	348.60±0.44d	67.76±0.51c	0.52±0.0029j
	1012.5	59.31±0.02g	33.85±0.1g	262.19±0.78g	55.79±0.33g	0.61±0.0054g
	1350	60.64±0.18f	34.39±0.37f	270.31±0.45f	55.13±0.3h	0.62±0.0102f
225	337.5	72.65±0.02b	36.74±0.06a	238.74±0.54j	54.18±0.3i	0.68±0.005c
	675	60.44±0.3f	33.30±0.15h	251.66±0.66i	56.55±0.28f	0.59±0.0002h
	1012.5	64.84±0.4e	34.9±0.25de	333.85±0.29e	62.20±0.01d	0.56±0.004i
	1350	71.31±0.07c	35.2±0.04cd	381.63±0.01c	68.27±0.05c	0.52±0.001jk
300	337.5	72.72±0.13b	35.65±0.18b	387.51±0.25b	69.54±0.01b	0.51±0.0025k
	675	58.41±0.04h	33.11±0.14h	222.00±0.74k	53.29±0.35j	0.62±0.0015f
	1012.5	87.17±0.05a	36.88±0.34a	438.50±0.04a	74.93±0.27a	0.49±0.0028l
	1350	53.19±0.04i	33.04±0.11h	257.88±0.06h	58.82±0.58e	0.56±0.0036i
显著性检验(F 值) Significance test (F value)						
灌水水平 Water level		2998.23**	161.23**	35077.6**	683.71**	614.3**
施氮水平 N fertilization level		12789.5**	67.72**	91021.5**	3666.99**	1728.95**
灌水水平×施氮水平 Water level × N fertilization level		6503.99**	104.57**	47860.9**	1706.92**	687.05**

4 结 论

- 1) 灌水水平对玉米苗期株高及叶面积的影响达极显著水平,而对茎粗的影响仅达到显著水平,对玉米苗期叶水势的影响达到极显著水平,在各个施氮水平下,玉米叶水势均以重度亏缺下最低;玉米光合速率随灌水量的变化趋势是:充分供水处理>轻度亏缺处理>中度亏缺处理>重度亏缺处理。灌水水平对玉米地下鲜重、干重,地上鲜重、干重以及根冠比的影响均达到极显著水平。
- 2) 施氮对玉米苗期株高、叶面积的影响均达到极显著水平,而对茎粗的影响仅达到显著水平;施氮对玉米苗期叶水势的影响达到极显著水平,玉米苗期发生重度干旱胁迫时,施氮 75 kgN/hm² 处理的叶水势高于其他处理,且与其他处理的差异达到显

- 著水平。玉米苗期光合速率及蒸腾速率受氮肥的影响均达到极显著水平,在重度亏缺下,玉米光合速率随着施氮量的增加而增加。玉米根冠生长受施氮的影响同样也达到极显著水平。
- 3) 灌水水平与施氮水平之间的交互作用对玉米苗期各生长指标的影响均达到极显著水平,对苗期玉米叶水势的影响仅达到显著水平,对光合速率和蒸腾速率的影响均达到极显著水平,对玉米根冠生长的影响达到极其显著水平。玉米苗期大量施氮、充分供水反而对玉米的生长不利。

参 考 文 献:

[1] 孙眉霞, 祖朝龙, 徐经年. 干旱对植物影响的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(2): 365-367.
[2] 许振柱, 于振文, 李 晖, 等. 限量灌水对冬玉米光合性能和水

- 分利用的影响[J]. 华北农学报, 1997, 12(2): 65—70.
- [3] Srivali B, Renu K C. Drought induced enhancement of protease activity during monocarpic senescence in wheat [J]. *Current Science*, 1998, 75(11): 1174—1176.
- [4] 张永强, 姜杰. 水分胁迫对冬小麦叶片水分生理生态过程的影响[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 57—61.
- [5] Evans R J. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Plant Physiol*, 1983, 72(2): 297—302.
- [6] 赵立新, 荆家海, 王韶唐. 施肥对水分胁迫下冬小麦光合和水分利用的影响[J]. 西北农业大学学报, 1991, 19(1): 102—105.
- [7] 盛宏达, 悉雷, 王韶唐. 小麦籽粒发育初期土壤水分亏缺对植株各部位光合作用的影响[J]. 植物生理学报, 1986, 12(2): 109—115.
- [8] 杨鑫光, 傅华, 张洪荣, 等. 水分胁迫对霸王苗期叶水势和生物量的影响[J]. 草业学报, 2006, 15(2): 37—41.
- [9] 王清泉, 陈云, 谢虹, 等. 干旱和氮素交互作用对玉米叶片水势、气孔导度及根部 ABA 与 CTK 合成的影响[J]. 农业生物技术科学, 2004, 20(3): 21—22.
- [10] 杨贵羽, 罗远培, 李保国. 不同土壤水分处理对冬玉米根冠生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 104—109.
- [11] 裴云, 别之龙, 杨小峰, 等. 不同灌水量对生菜生长和光合作用的影响[J]. 华中农业大学学报, 2007, 25(1): 98—101.
- [12] 李世清, 田霄鸿, 李生秀. 养分对旱地玉米水分胁迫的生理补偿效应[J]. 西北植物学报, 2000, 20(1): 22—28.
- [13] 杜建军, 李生秀, 高亚军, 等. 氮肥对冬玉米抗旱适应性及水分利用的影响[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(5): 1—5.
- [14] 张继澍. 植物生理学[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1999. 395—400.
- [15] 张殿忠, 汪沛洪. 水分胁迫与植物氮代谢的关系. 水分胁迫时氮素对玉米叶片氮代谢的影响[J]. 西北农业大学学报, 1988, 16(4): 15—21.
- [16] 李宪利, 高东升, 顾曼如, 等. 铵态氮和硝态氮对苹果植株 SOD 和 POD 活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 245—255.
- [17] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 农业大学出版社, 1993. 127—138.
- [18] 薛青武, 陈培元. 土壤干旱条件下氮素营养对玉米水分状况和光合作用的影响[J]. 植物生理学报, 1990, 16(1): 49—56.
- [19] Bettina Seith Eckhard George, Horst Marschner, et al. Effect of varied soil nitrogen supply on Norway spruce[J]. *Plant Soil*, 1996, 184: 291—298.

Effect of irrigation and nitrogen fertilization on growth and physiological characteristics of summer maize in inner Shiyanghe River areas

TIAN Yu-feng, ZHANG Fu-cang, LIU Xiao-gang

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The effects of limited irrigation and nitrogen fertilization on the growth and development and physiological characteristics of maize were tested. Take summer maize as the experimental material, water was supplied by four levels: 337.5, 675, 1 012.5 and 1 350 m³/hm²; and nitrogen also by four levels: 75, 150, 225, 300 kgN/hm². The result showed that serious water stress restrains maize growth. During maize seedling, sufficient water and high nitrogen make against growth of maize crop. However, mild water stress and moderate nitrogen made an optimum growth state of maize, and water and nitrogen can enhance photosynthesis rate of maize; During maize seedling, water stress is advantage of root growth, under the same nitrogen level, the root shoot ratio (R/S) of different water stress is bigger than that of sufficient water. The leaf water potential increases with the increase of irrigation water amount. Under the same irrigation water amount, with the increase of nitrogen fertilization, leaf water potential of maize during seeding is increased. While under drought condition, the photosynthesis rate is decreased, and increasing of nitrogen can increase the photosynthesis rate.

Key words: limited irrigation; summer maize; root shoot ratio; leaf water potential; photosynthesis rate