

不同土壤水分条件下施肥方式 对甘薯叶片气体交换的调节作用

许育彬¹, 陈 越¹, 齐向英²

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 榆林市农业科研所, 陕西 榆林 719000)

摘 要: 采用盆栽试验, 以甘薯品种秦薯 4 号和 619 为材料, 研究了不同土壤水分条件下施肥方式对甘薯叶片气体交换的影响。结果表明, 土壤水分和施肥方式对甘薯叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、水分利用效率(WUE)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)以及气孔限制值(L_s)有显著或极显著的影响, 水肥之间存在明显的互作效应。与土壤湿润(田间持水量 70%~75%)相比, 土壤轻旱(田间持水量 40%~45%)对甘薯叶片 P_n 、 T_r 、 WUE 、 G_s 、 C_i 以及 L_s 的影响较小, 而重旱(田间持水量 30%~35%)下, P_n 、 T_r 、 WUE 、 G_s 和 G_s 大幅下降, C_i 明显上升。施肥有助于促进提高 P_n 、 T_r 、 G_s 以及 L_s , 降低 C_i , 而且氮磷施肥的效果优于氮肥单施。 C_i 和 L_s 的变化说明在土壤轻旱(40%~45%)条件下, 甘薯叶片气体交换主要受气孔因素限制, 而重旱(30%~35%)主要受非气孔因素限制。施肥通过改善气孔因素对甘薯叶片气体交换产生促进效应。

关键词: 甘薯; 土壤水分; 施肥方式; 气体交换; 调节作用

中图分类号: S531.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0105-06

甘薯是我国第四大作物, 是发展粮食、畜牧业、医药、能源等产业的重要原料。甘薯耐旱、耐瘠薄, 高产优质, 在农业种植结构调整中占有十分重要的地位^[1]。研究表明, 水分胁迫对甘薯的光合特性、茎叶产生影响^[3-7], 减缓植株生长发育^[3,4], 导致产量下降^[8]。李扬研究发现, 渗透胁迫下, 甘薯叶片净光合速率、蒸腾速率和气孔导度下降, 并随胁迫时间的延长而加剧^[6]。周忠对甘薯的干旱胁迫研究也得出与此一致的结论^[7]。由于甘薯多种植于瘠薄、旱、丘陵地上, 管理也比较粗放, 高产栽培技术被淡化。随着社会经济的发展, 在食品、医药、生物能源等方面甘薯市场开发的巨大潜力逐渐被认识和重视, 因而加强甘薯栽培技术应用和研究十分必要。施肥是增加甘薯产量的重要措施, 尤其是在旱薄地。盛锦寿研究表明, 氮、磷、钾配方施肥比当地常规施肥可显著增加甘薯产量, 增产效果 $N > K > P$, 旱地明显高出水旱轮作地^[9]。戴树荣在沿海丘陵旱地三种不同类型土壤上进行 NPK 肥料田间试验, 甘薯均获得一定幅度的增产增值效果, 并指出低产田土壤适当增施 N 肥, 降低 P、K 比例, 中高产田土壤 P、K 比例要高些^[10]。目前, 在甘薯上对施肥增产机理的研究尚显不足, 尤其是施肥对甘薯光合特性调控效应的研究更少。本试验在前人研究^[3,4]的基础上, 对不同

土壤干旱条件下施肥方式对甘薯生长叶片气体交换的调控效应进行了研究, 旨在为甘薯抗旱高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用甘薯品种“秦薯 4 号”和“619”作为供试材料。土壤取自大田耕层, 质地为垆土, 土壤有机质 12.8 g/kg, 碱解 N 75.2 mg/kg, 速效 P 19.8 mg/kg, 速效 K 351 mg/kg。试验采用塑料盆, 盆高 35 cm, 上口直径 42 cm(包括 2 cm 外沿), 盆底直径 25 cm, 底部有通气口。

1.2 试验设计

试验于 2005 年 5~9 月在西北农林科技大学玻璃温室中进行。采用盆栽试验, 将土风干后, 与沙子以 12:1 的比例混和, 再与肥料混匀装入盆中, 每盆含 6 kg 风干土和 0.5 kg 沙, 混合土壤的饱和持水量为 31.5%。

试验设 3 个土壤水分水平, 分别为田间持水量 70%~75%、40%~45% 和 30%~35%, 分别代表湿润(CW)、轻旱(LW)和重旱(SW)三种土壤水分条件。采用称重法调控土壤水分。试验设高氮磷(HNP)、高氮(HN)、中氮磷(MNP)、中氮(MN)和对照

收稿日期: 2009-01-04

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2006C127)

作者简介: 许育彬(1970—), 男, 陕西武功人, 硕士, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: xuyubin928@163.com。

(CK)5 个施肥方式,分别每盆施入肥料:6 g 尿素 + 32 g 过磷酸钙(0.2 g N/kg 沙土 + 0.3 g P₂O₅/kg 沙土)、6 g 尿素(0.2 g N/kg 沙土)、3 g 尿素 + 16 g 过磷酸钙(0.1 g N/kg 沙土 + 0.15 g P₂O₅/kg 沙土)、3 g 尿素(0.1 g N/kg 沙土)、不施肥。共 15 个处理,每处理重复 6 次。选用大小一致的薯苗于 5 月 15 日栽于盆中,每盆 1 株,浇水后,放在阴凉处 1 周,待缓苗结束后,移入玻璃温室中进行水分处理。温室通风正常,整个试验过程中室内外温度基本一致。

1.3 调查项目

于 6 月 25 日 9:00 ~ 11:00 进行净光合速率(*P_n*)、蒸腾速率(*Tr*)、气孔导度(*G_s*)、胞间 CO₂ 浓度(*C_i*)和大气 CO₂ 浓度(*C_a*)等指标的测定,叶片选取植株顶部第一片成熟的完全展开叶,每株重复测定 3 次,取平均值作为最终结果。仪器选用美国 LI -

COR 公司生产的 Li - 6400 光合作用测定仪。根据以上测定结果计算叶片水分利用效率(*WUE*)和气孔限制值(*L_s*)。 $WUE = P_n / Tr; L_s = 1 - C_i / C_a$ 。

1.4 数据处理

采用 Excel 2000 和 DPS 3.1 软件对试验数据进行整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分、施肥方式对甘薯叶片气体交换的主效及其互作效应

方差分析结果(表 1)表明,土壤水分和施肥方式对甘薯 *P_n*、*Tr*、*WUE*、*G_s*、*C_i* 以及 *L_s* 的主效以及二者的互作效应均达到显著或极显著水平,尤其是土壤水分对这些生理指标的主效显著程度明显高于施肥方式的主效及水肥间的互作效应。

表 1 土壤水分、施肥方式对甘薯叶片气体交换的主效及其互作效应的 *F* 值

Table 1 *F* value of effects of soil water, fertilization and their interaction on gas exchange in sweet potato leaves

品种 Cultivars	变异来源 Variance source	<i>P_n</i>	<i>Tr</i>	<i>WUE</i>	<i>G_s</i>	<i>C_i</i>	<i>L_s</i>
秦薯 4 号 Qinshu 4	土壤水分 Soil water	990.137**	737.357**	292.921**	330.550**	214.648**	253.617**
	施肥 Fertilization	7.040**	17.995**	3.414*	6.168**	67.108**	71.423**
	互作 Interaction	3.298**	8.014**	21.630**	5.876**	36.532**	38.256**
619	土壤水分 Soil water	450.862**	997.837**	69.966**	107.815**	44.749**	49.295**
	施肥 Fertilization	3.483*	106.311**	7.158**	12.168**	14.050**	14.271**
	互作 Interaction	5.284**	30.440**	7.803**	6.542**	4.939**	4.992**

注: * 和 ** 分别表示显著和极显著。

Note: * and ** represent the significance of difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.2 不同土壤水分条件下甘薯叶片的气体交换特性

表 2 表明,与土壤湿润(田间持水量 70% ~ 75%)相比,在土壤轻旱(田间持水量 40% ~ 45%)条件下两个甘薯品种叶片的 *P_n* 均变化不明显(*P* > 0.05),但在土壤重旱(30% ~ 35%)条件下叶片 *P_n* 均极显著下降。随土壤水分的减少,甘薯品种秦薯 4 号叶片 *Tr* 极显著下降,而甘薯品种 619 叶片 *Tr* 只在重旱条件下极显著下降;甘薯叶片 *WUE* 呈先升后降趋势,在不同土壤水分处理间秦薯 4 号均有极显著差异,而 619 只在重旱下有极显著差异。

相对于土壤湿润条件,甘薯叶片 *G_s* 受土壤轻旱的影响不明显(*P* > 0.05),而受土壤重旱的影响非常明显(*P* < 0.01),气孔开度接近于零。随土壤水分的减少,两个甘薯品种的叶片 *C_i* 均呈增加趋势,而 *L_s* 呈下降趋势。由此说明,在轻旱条件下,甘薯叶片气体交换主要受气孔限制,而在重旱条件下,气孔限制效应下降,而非气孔限制成为主要影响因

素。

2.3 不同土壤水分条件下施肥方式对甘薯叶片气体交换的调节作用

2.3.1 施肥方式对甘薯叶片 *P_n* 的调节作用 从表 3 可以看出,在土壤湿润和轻旱条件下,施肥方式对甘薯叶片 *P_n* 的影响均达到极显著或显著水平;在重旱条件下,施肥方式对甘薯品种秦薯 4 号叶片 *P_n* 影响显著,而对甘薯品种 619 影响不显著。总体来看,甘薯叶片 *P_n* 表现出氮磷配施效应优于单施氮效应。在土壤湿润条件下,在氮磷配施情况下叶片 *P_n* 随施肥量的增加而提高,在氮肥单施下秦薯 4 号以中等施肥量最好,而 619 表现出随施氮量的增加而增加;在土壤轻旱的条件下,秦薯 4 号均以中等施肥量处理较高,619 的氮磷配施随施肥量的增加而增加,单施氮则以中等施肥量较高;在土壤重旱条件下,各施肥处理间差异很小。

表 2 不同土壤水分条件下甘薯叶片气体交换特性
Table 2 Effect of soil water on the gas exchange of sweet potato leaves

品种 Cultivars	土壤水分 Soil water	P_n [$\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$]	Tr [$\text{mmol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	WUE [$\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$]	G_s [$\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\cdot\text{s}$]	C_i [$\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$]	L_s
秦薯 4 号 Qinshu 4	70% ~ 75%	16.750aA	11.486aA	1.455bB	0.558aA	274.433cC	0.274aA
	40% ~ 45%	16.747aA	10.248bB	1.785aA	0.568aA	287.100bB	0.238aA
	30% ~ 35%	0.194bB	1.0216cC	-0.046cC	0.016bB	344.467aA	0.073bB
691	70% ~ 75%	13.700aA	11.577aA	1.244aA	0.463aA	255.567bB	0.312aA
	40% ~ 45%	14.495aA	12.001aA	1.323aA	0.499aA	266.833bB	0.281aA
	30% ~ 35%	0.417bB	1.406bB	0.239bB	0.021bB	323.200aA	0.117bB

注:表中数据为同一水分处理的平均值。同一列数值后的大小写字母分别表示品种内部各土壤水分水平间差异,在 0.01 和 0.05 水平上的显著性。下同。
Note: The value in the table are the averages in a same soil water treatment. The capital and lowercase letters after the values within a same column represent the significance of difference among soil water levels at 0.05 and 0.01 levels, respectively. They are the same below.

表 3 不同水肥条件下甘薯叶片的 P_n [$\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$]
Table 3 Net photosynthetic rate (P_n) of sweet potato under different soil water and fertilization conditions

品种 Cultivars	施肥 Fertilization	土壤水分 Soil water		
		70% ~ 75%	40% ~ 45%	30% ~ 35%
秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	18.350aA	15.833bA	1.625aA
	HN	14.200bB	15.800bA	0.207abA
	MNP	18.617aA	17.933aA	0.002abA
	MN	17.817aA	17.833abA	-0.130abA
	CK	14.767bB	16.333abA	-0.733bA
619	HNP	17.500aA	16.183aA	1.238aA
	HN	16.850aA	12.093cB	0.717aA
	MNP	13.967bB	15.300abA	0.522aA
	MN	10.338cC	15.450abA	-0.142aA
	CK	9.848cC	13.450bcAB	-0.252aA

2.3.2 施肥方式对甘薯叶片 Tr 的调节作用 在土壤湿润和轻旱条件下,施肥方式对甘薯叶片 Tr 影响极显著,而在重旱条件下施肥方式对秦薯 4 号影响不显著,而对 619 影响极显著(表 4)。氮磷配施的效应优于单施氮肥效应。随施肥量的增加,在土壤湿润条件下,单施氮肥时甘薯品种秦薯 4 号的 Tr 呈先增加后降低的趋势,而 619 则呈增加趋势;氮磷配施时两个品种均随施肥量增加而增加。在土壤轻旱条件下秦薯 4 号的单施氮肥和氮磷配施均随施肥量的增加表现为先升后降;而 619 的两种施肥方式均随施肥量的增加而增加。在土壤重旱时随施肥量的增加,两个品种的氮磷配施处理均呈增加的趋势,但单施氮肥时秦薯 4 号变化不明显($P > 0.05$),而 619 则以中等施肥量最好。

2.3.3 施肥方式对甘薯叶片 WUE 的调节作用 从叶片 WUE (表 5)来看,在土壤湿润条件下,施肥方式对秦薯 4 号影响不显著,而对 619 影响显著;在土壤轻旱和重旱条件下,对两个品种的影响均达到极显

著水平。在同等施肥量下,氮磷配施与单施氮处理间差异多数情况下差异不显著,差异显著的处理间也变化不大。另外,大多数情况下,不施肥的 CK 表现出相对较高的 WUE 。

表 4 不同水肥条件下甘薯叶片的 Tr [$\text{mmol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]
Table 4 Transpiration rate (Tr) of sweet potato under different soil water and fertilization conditions

品种 Cultivars	施肥 Fertilization	土壤水分 Soil water		
		70% ~ 75%	40% ~ 45%	30% ~ 35%
秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	12.183aAB	9.715bB	1.677aA
	HN	10.028bC	10.117bB	1.123aA
	MNP	12.217aAB	12.450aA	0.839aA
	MN	12.500aA	12.483aA	0.772aA
	CK	10.500bBC	6.475cC	0.696aA
619	HNP	15.500aA	14.517aA	2.327aA
	HN	14.333aA	14.050aA	0.792bcAB
	MNP	14.283aA	13.433aA	1.758abAB
	MN	7.122bB	11.567bB	1.710abAB
	CK	6.647bB	6.437cC	0.444cB

表 5 不同水肥条件下甘薯叶片的 WUE [$\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$]
Table 5 Water use efficiency (WUE) of sweet potato under different soil water and fertilization conditions

品种 Cultivars	施肥 Fertilization	土壤水分 Soil water		
		70% ~ 75%	40% ~ 45%	30% ~ 35%
秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	1.507aA	1.681bB	0.688aA
	HN	1.402aA	1.562bB	0.239bAB
	MNP	1.527aA	1.445bB	0.002bB
	MN	1.431aA	1.440bB	-0.168bB
	CK	1.406aA	2.798aA	-1.079cC
619	HNP	1.129abA	1.115bB	0.554abAB
	HN	0.975bA	0.870bB	0.905aA
	MNP	1.180abA	1.142bB	-0.035bBC
	MN	1.433abA	1.347bB	-0.1474cC
	CK	1.506aA	2.143aA	1.176aA

2.3.3 施肥方式对甘薯 G_s 的调节作用 从测定结果(表 6)看,在土壤湿润和轻旱条件下施肥方式对甘薯叶片 G_s 影响极显著,在重旱条件下影响不明显($P>0.05$)。相比而言,氮磷配施相对于单施氮更有助于气孔开放。但在土壤湿润条件下,随施肥量的增加,氮磷配施和单施氮处理均表现出提高的趋势;在轻旱条件下秦薯 4 号的中等施肥量效果好于不施肥和高施肥量,而 619 氮磷配施处理明显优于不施肥,单施氮处理反而低于不施肥。说明土壤营养的平衡更有利于气孔的开放。

2.3.4 施肥方式对甘薯叶片 C_i 和 L_s 的调节作用 从表 7 可以看出,在三种土壤水分条件下,施肥方式对甘薯叶片 C_i 和 L_s 均有显著或极显著的影响。在土壤湿润条件下,随施肥量的增加,氮磷配施和单施氮肥处理的 C_i 呈下降趋势, L_s 呈升高趋势;在同等施肥量时,氮磷配施的 C_i 略低于单施氮肥,而 L_s 则相反。在土壤轻旱的条件下,施肥处理的 C_i 和 L_s 分别低于和高于不施肥对照,但甘薯品种秦薯 4 号的 C_i 和 L_s 均在中等施肥量下取得最低和最高值,单施氮肥处理随施肥量的增加呈降低趋势,而 619 的 C_i 和 L_s 随施肥量的增加而分别表现出下降和升

高的趋势。在土壤重旱条件下,同等施肥量下,氮磷配施比单施氮肥有着较低的 C_i 和较高的 L_s ,而且随施肥量的增加,两种施肥方式 C_i 和 L_s 随施肥量的增加而分别表现出下降和升高的趋势。由此可见,施肥有助于提高甘薯叶片气体交换的气孔限制效应,氮磷配施的调节效果优于单施氮肥。

表 6 不同水肥条件下甘薯叶片的 G_s [mol H₂O/(m²·s)]
Table 6 Stomatal conductance (G_s) of sweet potato under different soil water and fertilization conditions

品种 Cultivars	施肥 Fertilization	土壤水分 Soil water		
		70% ~ 75%	40% ~ 45%	30% ~ 35%
秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	0.694aA	0.499bB	0.029aA
	HN	0.647abAB	0.473bB	0.013aA
	MNP	0.581abAB	0.676aA	0.013aA
	MN	0.538bB	0.620aAB	0.012aA
	CK	0.329cC	0.570abAB	0.015aA
619	HNP	0.634aA	0.690aA	0.034aA
	HN	0.576aA	0.270cB	0.016aA
	MNP	0.518aA	0.698aA	0.024aA
	MN	0.503aA	0.395bcB	0.008aA
	CK	0.085bB	0.444bB	0.023aA

表 7 不同水肥条件下甘薯叶片的 C_i 和 L_s
Table 7 Inter-cellular CO₂ concentration (C_i) and stomatal limitation value (L_s) of sweet potato under different soil water and fertilization conditions

项目 Items	品种 Cultivars	施肥 Fertilization	土壤水分 Soil water		
			70% ~ 75%	40% ~ 45%	30% ~ 35%
C_i ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$)	秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	240.833dB	292.667abA	269.167eE
		HN	258.333cB	282.167bA	307.000dD
		MNP	282.333bA	282.500bA	345.167cC
		MN	287.167bA	278.500bA	368.333bB
		CK	303.500aA	299.667aA	432.667aA
	619	HNP	212.833cB	232.000bB	276.333bB
		HN	244.50bcAB	254.333abAB	292.167bB
		MNP	257.833abAB	270.333aAB	303.333bB
		MN	275.500abA	288.667aA	375.000aA
		CK	287.167aA	288.833aA	369.167aA
L_s	秦薯 4 号 Qinshu 4	HNP	0.365aA	0.227abAB	0.274aA
		HN	0.317bA	0.243aAB	0.180bB
		MNP	0.246cB	0.260aA	0.071cC
		MN	0.244cB	0.266aA	0.007dD
		CK	0.198dB	0.198bB	-0.166cE
	619	HNP	0.437aA	0.383aA	0.239aA
		HN	0.338bAB	0.310abAB	0.200aA
		MNP	0.307bcB	0.267bAB	0.178aA
		MN	0.255bcB	0.229bB	0.001bB
		CK	0.221cB	0.215bB	-0.037bB

3 讨 论

气孔是植物进行内外气体交换的主要通道,气孔运动与植物叶片光合和蒸腾作用密切相关。李扬和周忠试验结果表明,水分胁迫导致甘薯叶片 P_n 、 T_r 和 G_s 下降,并随胁迫时间的延长而加剧^[7,8]。本研究结果表明,相对于土壤湿润处理,轻旱处理的这三个指标变化幅度较小,而在重旱条件下均明显下降。结合 L_s 和 G_i 的变化来看,随土壤水分的减少,两个甘薯品种的叶片 G_i 均呈增加趋势,而 L_s 呈下降趋势,但在轻旱条件下,两个甘薯品种的 L_s 和 G_i 的变化幅度较小,在重旱条件下,变化幅度较大。这表明在轻旱条件下,两个品种的叶片气体交换主要是受气孔因素限制,而在重旱时气孔限制作用下降,非气孔因素限制效应增加,并占主导地位。这在苜蓿等其他植物上的研究结果^[11~13]是一致的。

在本试验中,叶片 WUE 随土壤水分的减少呈先增后减趋势,这说明适度缺水有利于提高甘薯叶片 WUE ,促进植株所吸收的水分向有利于光合作用的方向转变,减少水分无效损失。由于叶片 WUE 的意义不同于土壤 WUE ,它只是反映水分利用瞬时变化,不能代表植株的某个或整个生育期水分利用状况,因而本研究结果还有待于进一步的试验验证。

光合作用受光合色素含量、叶绿素荧光特性以及光合相关的酶类等非气孔因素的调节^[14,15]。张云华等^[5]研究表明,在水分胁迫条件下,甘薯叶绿素含量、 P_n 、PS II 原初光化学效率 (F_v/F_m) 和光化学猝灭系数 (qP) 下降,非光化学猝灭系数 (qN) 增加。施肥可以改善 CO_2 等气体交换的非气孔调节能力。张国盛等^[16]研究表明,水分亏缺时,水分胁迫使春小麦幼苗叶片游离脯氨酸、可溶性糖含量增加,水分相对含量降低,POD、CAT 活性增强。随着水分亏缺加剧,氮营养相应地提高了幼苗叶片脯氨酸、可溶性糖含量以及 POD、CAT 活性;磷营养仅能提高叶片脯氨酸含量以及 POD 活性,但使其可溶性糖含量以及 CAT 活性维持在较低水平上,施肥使叶片水分相对含量降低。从试验结果看,不同土壤水分条件下,施肥方式对甘薯 P_n 、 T_r 、 WUE 有明显的调节作用。总体来看,氮磷配施的调节作用优于单施氮肥,这种调节作用也受施肥量的影响。这可能因为施肥改善了土壤营养状况,增加了植株体内矿物质的积累,提高了各器官的渗透调节能力,保证了各种新陈代谢的正常进行^[17],进而促进叶片气体交换,提高甘薯光合能力。从 G_s 、 G_i 以及 L_s 的变化来看,施肥主要是提高了气孔对甘薯叶片气体交换的影响。目

前在甘薯上这方面的研究报道很少,尤其是关于营养供应对非气孔因素的影响,因而有待于进一步深入探讨。另外,在同等施肥量下,氮磷配施与单施氮处理间差异多数情况下甘薯叶片 WUE 差异不显著,但大多数情况下不施肥的 CK 表现出相对较高的 WUE ,这说明施肥方式对光合和 T_r 的效应大小接近,而 CK 的表现也说明在营养缺乏的情况下植株将吸收的有限水分尽可能多地分配到光合等代谢过程,这也是植物适应逆境的一种积极反应。

在我国,种植甘薯地多为土壤贫瘠、水分条件较差、不易管理的地块,在施肥上一般不施、或只施氮肥,氮磷配施的较少,氮磷钾更少。因此本试验在设计上也是选择了单施氮肥和氮磷配施两种施肥方式。从本试验结果看,氮磷配施对甘薯叶片气体交换的促进效应由于单施氮肥。但肥效的发挥受土壤水分的限制,尤其是在土壤重旱条件下,施肥处理间的差异很小。目前有关土壤水分和营养供应对甘薯生理生态的研究相对比较少,许多方面还有待进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] 黄咏梅,卢森权,李彦青,等.甘薯的开发利用及发展前景[J].广西农业科学,2008,39(5):696—699.
- [2] 陈年伟,张体刚,余金龙,等.甘薯源与库性状的关系及其在品种选育上的应用[J].杂粮作物,2007,27(2):78—81.
- [3] 许育彬,程雯蔚,陈 越,等.不同施肥条件下干旱对甘薯生长发育和光合作用的影响[J].西北农业学报,2007,16(2):59—64.
- [4] 许育彬,陈 越,付增光.甘薯的抗旱生理及栽培技术研究进展[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):128—131.
- [5] 张云华,王荣富,阮 龙.水分胁迫对甘薯叶绿素荧光和光合特性的影响[J].中国农学通报,2005,21(8):208—210.
- [6] 李 扬,孙存华,贺鸿雁,等.PEG 渗透胁迫对甘薯光合作用的影响[J].河南农业科学,2005,(6):37—39.
- [7] 周 忠,李 杨,马代夫,等.干旱胁迫对甘薯幼苗光合作用的影响[J].安徽农业科学,2008,36(6):2215—2216.
- [8] 张明生,谢 波,戚金亮,等.甘薯植株形态、生长势和产量与品种抗旱性的关系[J].热带作物学报,2006,27(1):39—43.
- [9] 盛锦寿.氮磷钾肥配合施用对甘薯的增产效果[J].土壤肥料,2005,(5):29—31.
- [10] 戴树荣.南安市沿海丘陵旱地甘薯施肥模式初探[J].福建热作科技,2004,29(1):1—4.
- [11] 赵金梅,周 禾,郭继承,等.不同水分胁迫对紫花苜蓿分枝期光合性能的影响[J].中国草地学报,2007,29(2):41—44.
- [12] 柯世省.水分胁迫下夏蜡梅光合作用的气孔和非气孔限制[J].浙江林业科技,2006,26(6):1—5.
- [13] 徐利霞,杨水平,姚小华,等.石漠化地区3个树种幼苗在水分胁迫下的光合特性与抗旱性关系[J].林业科学研究,2006,19(6):785—790.

- [14] 姚庆群, 谢贵水. 干旱胁迫下光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 热带农业科学, 2005, 25(4): 80—85.
- [15] 关义新, 戴俊英, 林 艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(4): 293—297.
- [16] 张国盛, 张仁陟, 黄高宝, 等. 水分亏缺时氮磷营养对春小麦幼苗抗逆性的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(6): 584—587.
- [17] 关军锋, 李广敏. 干旱条件下施肥效应及其作用机理[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 59—61.

Regulating effect of fertilization form on gas exchange in leaves of sweet potato under different soil water conditions

XU Yu-bin¹, CHEN Yue¹, QI Xiang-ying²

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Yulin Institute of Agriculture, Yulin, Shaanxi 719000, China)

Abstract: To understand the regulating effects of soil water and fertilization on gas exchange in sweet potato leaves under different conditions of soil water, with two cultivars of Qinshu 4 and 619 as materials, a pot experiment was conducted to measure and assay photosynthesis rate (P_n), water use efficiency (WUE), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (G_s), intercellular CO_2 concentration (C_i) and stomatal limitation value (L_s). The results showed that soil water and fertilization significantly influence P_n , Tr , WUE , G_s and L_s . An apparent interaction existed between soil water and fertilization. Compared to the soil water content of 70% ~ 75%, the changes of P_n , Tr , WUE , G_s and L_s were smaller under the soil water of 40% ~ 45%, while under the soil water of 30% ~ 35%, P_n , Tr , WUE , G_s and L_s decreased significantly but C_i increased remarkably. Fertilization could enhance P_n , Tr , WUE , G_s and L_s , but reduce C_i . The regulating effect of these indexes with combined application of nitrogen and phosphorus was better than that with single application of nitrogen. The change of C_i and L_s under different treatments showed the gas exchange of sweet potato leaves was mainly limited by stomatal factors under the soil water of 40% ~ 45%, and was mainly limited by non-stomatal factors. Fertilization could promote the gas exchange of sweet potato leaves by enhancing the effect of stomatal factors.

Key words: sweet potato; soil water; fertilization form; gas exchange; regulation

(上接第 98 页)

Genetic correlation analysis between carbon isotope discrimination and relevant traits in spring wheat

WANG Na^{1,2,3}, XU Xing^{1,3}, LI Shu-hua¹, JING Ji-hai⁴, HE Jun¹,
ZHU Lin^{3,5}, YONG Li-hua⁶

(1. Ningxia Agricultural Bio-Technology Laboratory, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 2. Ningxia Teachers University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 3. Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 4. Guyuan Institute of Agricultural Sciences, Guyuan, Ningxia 756000, China; 5. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 6. Ningxia Yucai Middle School, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to provide references to the research of water use efficiency, 17 spring wheat lines were grown in Yinchuan site in 2007. The phenotypic correlation and genetic correlation analysis based on the remarkable generation variance analysis and simple correlation were carried on. The results showed that genotypes are significant different. Relationship between ΔG_m and ΔS_m , WUE , maL , C_i , G_s and C_i/C_a are extremely positively genetic correlated, but with P_n in flowering stage and TI in filling stage are significantly negatively correlated respectively; ΔS_m is extremely positively genetic correlated with WUE , maL , C_i , G_s , C_i/C_a in flowering stage, while negatively genetic correlated with TI and P_n in flowering stage. At last it demonstrates the relationship between Δ and WUE , ash content and so on, and it concludes that a good genetic correlations among relevant traits and Δ .

Key words: wheat; carbon isotope discrimination; water use efficiency; genetic correlation; phenotypic correlation