

不同土壤水分下小麦幼苗出土 幼苗生长及叶片光合作用的变化

刘孟雨 陈培元

提 要

本文研究了不同土壤水分下小麦(小偃6号)幼苗出土及幼苗生长的变化,结果表明,轻微的土壤水分亏缺使根的伸长加快,根量增加;严重的土壤水分亏缺使根和幼苗生长受抑,干旱下根/冠比增大。土壤水势低于 1.80MPa 时,幼苗几乎不能出土。土壤水势在 -0.61MPa 时,形成的苗既小又弱,形成弱小苗的原因是叶片光合能力下降、呼吸增加的结果。根据实验结果本文提出,小偃6号向较旱区推广是一慎重的问题。

作物要获得一定的产量,必须以一定的植株密度作保障。土壤干旱条件下,作物出苗率常常降低,植株密度减小,幼苗的生长发育受到抑制,因而使作物产量大幅度下降。陈培元等的研究表明,播种时的土壤墒情是影响小麦密度、幼苗生长、冬前小麦分蘖及产量的重要因子^[1]。

小偃6号是北方地区广泛推广的小麦品种之一,不仅在土壤水肥较好的水地大面积种植,近几年也扩展到一部分旱地,苗全苗壮成为旱地夺高产的重要环节。本文对不同土壤水分条件下小偃6号幼苗的出土、幼苗生长及叶片光合的变化进行了初步研究,对播种时土壤含水量(土壤水势)的下限进行了探讨,并对土壤干旱下形成弱小苗的原因进行了分析,目的在于为旱作农业提供一些理论依据。

材料和方法

实验所用土壤来自陕西省长武县王东村,土壤为黄绵土, P_2O_5 含量为 0.0710% ,速效磷为 11.17ppm ,全氮含量为 0.0804% ,速效氮为 0.0139% ,K含量中等,土壤最大持水量为 32% (即百克干土含水 32克)土壤含水量—水势曲线见图1。

实验材料用玻璃三角瓶培养,每瓶装入干土 350g ,施入尿素 0.042g ($18\text{kg}/\text{亩}$),三料磷肥及氯化钾肥各 0.025g ($10.5\text{kg}/\text{亩}$)。土壤水分处理如下:

- ①土壤含水达到最大持水量的 70% (作对照);
- ②土壤含水达到最大持水量的 60% ;
- ③土壤含水达到最大持水量的 50% ;
- ④土壤含水达到最大持水量的 40% ;
- ⑤土壤含水达到最大持水量的 30% ;

每瓶播下3粒已萌发露白的种子(播深 $1-1.5\text{cm}$)瓶口用塑料薄膜封住,防止水分过快蒸发,待幼苗出土后,把塑料薄膜剪一小洞,让幼苗长出。我们分别对幼苗出土、幼

苗生长、根的伸长、叶片水分状态，叶片光合、蒸腾速率及气孔导性等进行了测定。

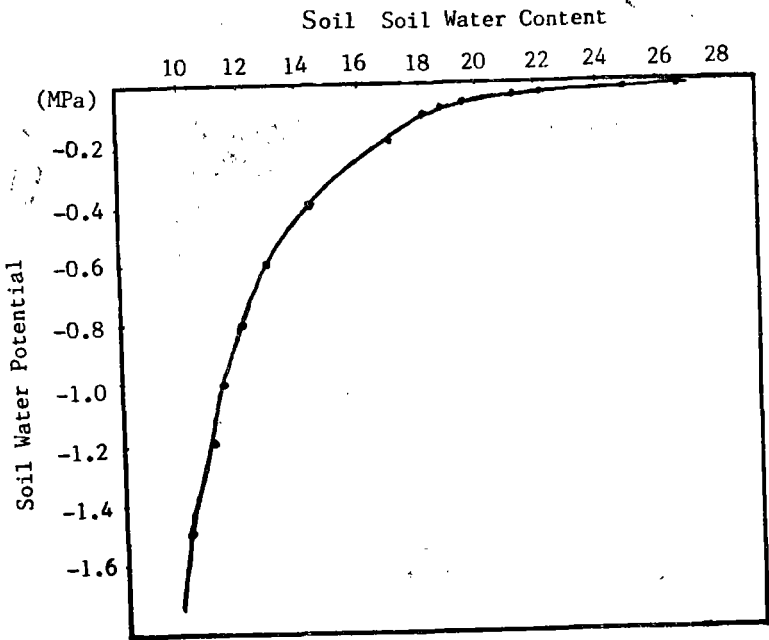


图1 土壤含水量—水势曲线

结果和分析

1. 幼苗出土情况

一定范围内的土壤水分降低。对于幼苗出率没有什么影响，土壤含水量高于最大持量的40%时，已萌发的种子播下后，全部能够出土，而当大壤含水降到最大持水量的30%幼苗出土率仅达20%（见表1）。不仅如此，各水分处理下幼苗的出土速度也发生了

很大变化(见表2)。

表1 不同土壤水分下，小麦幼苗出土率的变化

处 理	土壤水势(MPa)	播种籽粒(粒)	出土幼苗(株)
70%	-0.02	30	30
60%	-0.07	30	29
50%	-0.23	30	30
40%	-0.61	30	30
30%	-1.30	30	6

可见，土壤含水降低到一定程度时，虽然幼苗都能出土，但出土速度降低(胚芽和伸长速度降低)，土壤含水下降到最大持水量的50%和40%，土壤水势下降到-0.23和-0.61MPa时，幼苗出土达到50%所需的时间分别延长0.3和1.4天。土壤含水的进一步降低，小麦幼苗的出土率及出土速度成倍降低。

表2 不同土壤水分下，小麦出土速度的变化

处 理	土壤水势MPa	幼苗出土所达到的百分数	播种后天数
70%	-0.02	50%	1.6
60%	-0.07	50%	1.6
50%	-0.23	50%	1.9
40%	-0.61	50%	3.0
30%	-1.80	20%	30.0

2. 根的生长

植物的根是吸收水分和矿质营养的重要器官，它直接感受土壤水分的变化。土壤含水量的轻微降低

反而使小麦种子根的伸长加快，这是植物的一种适应性反应，这样可以增加植物根吸收水分的范围，更深底层的水分得以利用，使植物免受干旱的影响。到播种后第四天时最大持水量的70%、60%和50%的处理根的伸长无差异，随播种时间的延长，后两者根的伸长加快，最大持水量60%的处理根的伸长最快。较严重的土壤水分亏缺，使根的伸长速度大幅度下降，最大持水量的30%处理每天根的伸长仅为0.1cm(见图2)。

土壤水分还使根的条数发生了变化，播种后第九天时，各处理超过14cm长的根的数量为：最大持水量的70%处理为10条/15株，60%的处理为21条/15株，50%的处理为21条/15株，40%的处理为3条/15株，30%的处理为0条/15株。

3. 幼苗的生长

植株的生长对于土壤干旱是较敏感的，土壤含水量下降到最大持水量的60%时，幼苗株高的变化与对照无差异，土壤水分的进一步降低株高明显下降，图3表示了播种后16天内植株高度的变化情况。最大持水量的50%的处理虽然根的伸长及根量增加，植株能在较大范围内吸收水分，但还是不能弥补因土壤水分亏缺对植株引起的不利影响。

株高(cm)

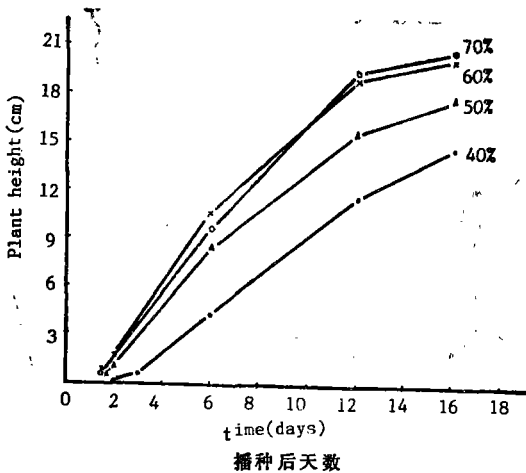


图3 不同土壤含水量下 幼苗株高的变化

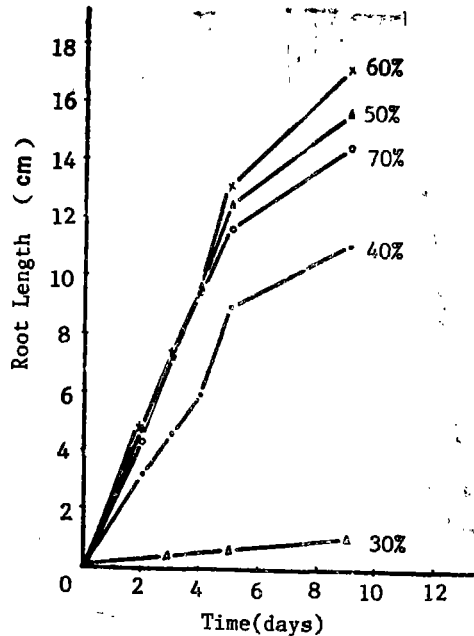


图2 不同土壤水分下幼苗根长的变化

幼苗生长的初期(出土几天内)，各部分器官建成的物质主要来源于种子的贮存物，根和株高的变化表明，土壤水分下降到最大持水量的50%以前，土壤水分亏缺使种子贮存物较多地用于根的生长，植物的这种调节能力在种子萌发过程中就表现出来。

植株长到三片叶子，种子贮存物消耗已尽，我们测定了这时幼苗的生物量及根/冠，结果见表3。随着土壤含水量的降低，使植株根/冠比增加，较严重的土壤水分亏缺使幼苗生长受抑，形成了弱苗、小苗。本文下一节分析了形成弱小苗的原因。

4. 植株水分状态、蒸腾、叶温及气孔导度的变化

表3 不同土壤水分下幼苗生物量的变化

处 理	地上重 (g/6株)	根 重 (g/6株)	根/冠	生物量 (g/6株)
70%	0.160	0.220	1.375	0.380
60%	0.164	0.229	1.393	0.392
50%	0.147	0.213	1.449	0.360
40%	0.110	0.165	1.566	0.275

随土壤含水量的降低,植物叶片的相对含水量及叶片水势下降,植株受到越来越严重的水分胁迫(见图4)。

利用LI-1600型稳态气孔计的湿度探头测得空气流经叶子前后湿度的变化,根据公式^[2]:

$$E = \frac{f(x_0 - x_1)}{S(1 - x_0)}$$

(E: 蒸腾速率, f: 空气摩尔流速, S: 叶面积, x_0 : 叶室出口处空气中水汽的摩尔分数, x_1 : 叶室入口处空气中水汽摩尔分数);

$$g_s = \frac{E}{(x_{s,TL} - x_0)}$$

(g_s : 气孔的水汽导度, $x_{s,TL}$: 叶温下水汽的饱和摩尔分数); $g_s' = \frac{g_s}{1.61}$ (g_s' : 气

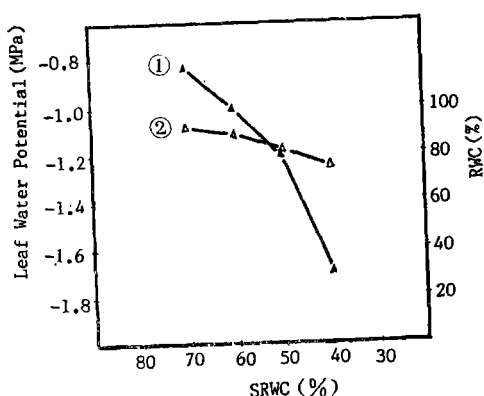


图4 不同土壤水分下叶片相对含水量及水势变化
①—叶片水势 Ψ_w (MPa); ②—叶片相对含水量(%)

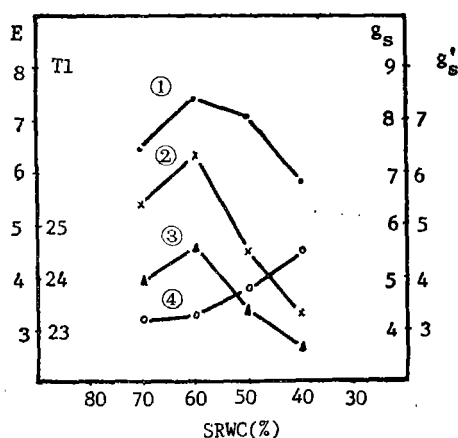


图5 不同土壤水分下, 叶温、蒸腾及气孔导度的变化

①—E, 蒸腾速率; ②— g_s , 气孔的水汽导度;
③— g_s' , 气孔的 CO_2 导度; ④—Tl, 植株叶面温度($^{\circ}C$)

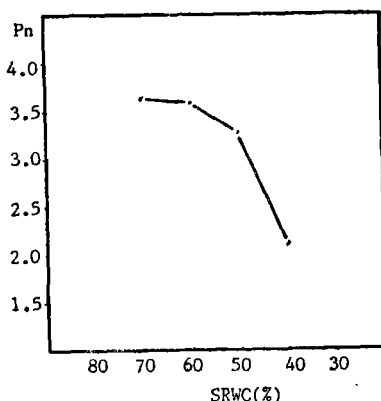


图6 不同土壤水分下, 叶片光合的变化

孔的 CO_2 导度),分别计算蒸腾速率、气孔导度^[2]。结果表明:植株叶子表面温度(T_1)随土壤含水量的降低而升高,这加剧了叶子的蒸腾失水,除了最大持水量的40%的处理蒸腾速率下降(下降了10%)外,其它两处理的蒸腾均比对照高(最大持水量的60%的处理上升15%,50%的处理上升10%),但气孔导度的变化与蒸腾不同,最大田间持水量的60%的处理,气孔导度升高15%,50%的处理气孔导度下降14%,40%的处理下降33%,可见气孔导度发生了很大变化(见图5)。气孔行为的变化可能会影响到 CO_2 的同化。

5. 叶片光合及呼吸的变化

利用 CO_2 红外分析测定各处理叶片的光合速率,发现随土壤含水量的降低,叶片净光合速率表现出先缓降后陡降的趋势(见图6),最大持水量的60%的处理, P_n 下降1.0%,50%的处理 P_n 下降9.6%,40%的处理 P_n 下降42.5%。 P_n 的变化不与气孔导度的变化相平行,可能意味着气孔导度的下降不是光合下降的主要原因。

利用液相氧电极测叶圆片在反应溶液中的光合放 O_2 ^[8],因为经过真空渗透,反应底物 HCO_3^{-1} 已渗到光合部位,所以,在此条件下的光合放 O_2 就表示了叶肉细胞的光合能力。本实验测定结果表明,叶圆片的光合放 O_2 随土壤含水量的下降而降低,最大持水量的60%的处理与对照视差无几,50%的处理叶圆片放 O_2 下降了5%,40%的处理下降了38%(图7)。看来这与 P_n 的下降是比较接近的,这可能意味着光合的下降主要是由叶肉细胞光合能力的下降引起,这一观点得到下列实验结果的证明:

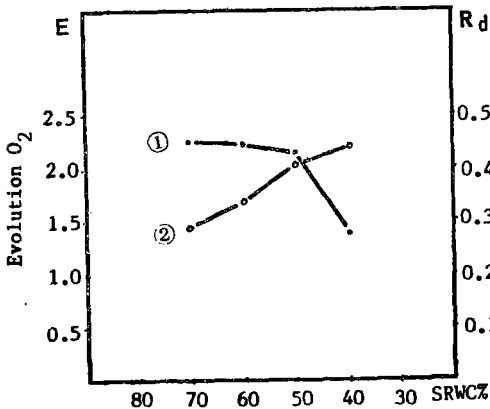


图7 不同土壤水分下,叶圆片光合放 O_2 及呼吸的变化

①— E , 放 O_2 ($\mu \text{mol O}_2 \text{g}^{-1} \text{fwm}^{-1}$);
②— R_d , 呼吸 ($\mu \text{mol g}^{-1} \text{m}^{-1}$)

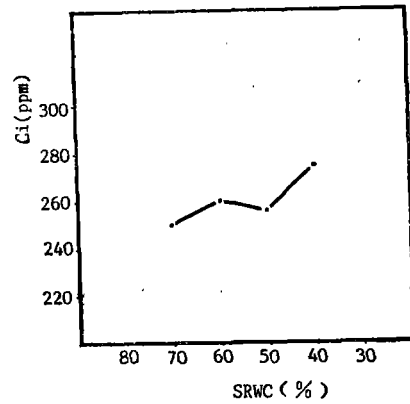


图8 不同土壤水分下,叶片内部 CO_2 浓度的变化

根据公式 $C_i = C_0 - \frac{P_n}{g_i}$ 计算可得,土壤含水量的降低,使叶内部 CO_2 浓度反而上升(见图8), C_i 的升高说明气孔导度的变化显然不是光合下降的主要原因^[4]。光合下降主要由于叶肉细胞光合能力下降所致。

测得叶圆片光合放 O_2 后,遮光,测得叶圆片的呼吸变化(见图8),随土壤水分的下降,叶片呼吸上升。

讨 论

小麦种子萌发、幼苗出土存在着一个最低的土壤水势阈值,低于此值,种子将不能萌发^[5]。我们的实验结果表明,土壤水势达 -0.61MPa 时,幼苗出土几乎不受影响,而土壤水势达 -1.80MPa ,幼苗几乎不能出土。这与Lindstrom et al (1976)的实验结果相符,他们的结果表明,对农业生产来讲土壤水势高于 -10.0 巴(1.0MPa)看来对小麦幼苗的出土的影响(降低)是不重要的^[6]。陈培元等的实验结果也表明,选育的小麦品种,在水分张力为18个大气压下,种子发芽百分率大幅度下降^[6]。我们认为,小偃6号品种向旱区推广,播种时的土壤水势最好不要低于 -0.61MPa 。

虽然土壤水势达到 -0.61MPa 时,萌发种子能够出土,但其根、苗的生长受到了严重的抑制,形成了弱小苗,这将对来年产量产生不利影响。叶片光合及气孔导度,叶内部 CO_2 浓度变化的分析说明,土壤干旱下,叶片光合能力的下降,呼吸的增加是形成弱小苗的主要原因。

鉴于以上结果,本文认为,小偃6号向旱区推广是一比较慎重的问题。干旱比较严重的地区不易推广,因为从其光合能力来讲,小偃6号的抗旱性不能很强。

结 论

1. 土壤水势低于 -0.61MPa ,幼苗的出土将受到影响(下降),不能保证全苗。
2. 土壤干旱下形成弱小苗的原因是叶片光合能力下降,呼吸增加所致。
3. 向比较干旱的地区推广小偃6号,需慎重。

参 考 文 献

- [1] 陈培元等,渭北旱稻小麦的耗水特性与抗旱增产措施,《植物生态学与地植物学学报》,1986年第1期。
- [2] [英] J.库姆斯、D.O.霍尔等:《生物生产力和光合作用测定技术》,科学出版社,1986。
- [3] 上海植物生理学会编:《植物生理学实验手册》,上海科学技术出版社,1985。
- [4] Farquhar, G.D. et al. 1980. Responses to humidity by stomata of *Nicotiana glauca* glauca L. and *Corylus avellana* L. are consistent with respect to water loss. *Aust. J. plant physiol.* 7: 315-327.
- [5] Lindstrom, M.J., R.I. Papendick, et al. 1976. *Agron. J.* Vol. 68, 137.
- [6] 陈培元等:不同水分张力和亚适温条件下冬小麦种子萌发特性和抗旱性的关系,《植物生理学报》,1982, 8(2): 117-125.

Abstract to see page 76

(英文摘要转76页)

Effects of Water Stress on Photosynthesis of Maize Leaves

Shangguan Zhouping Chen Peiyuan

Abstract

The results of a study on the effect of rapid water stress on photosynthesis of maize leaves are as follows. No significant osmotic adjustment occurred when maize were stressed rapidly. Under water stress, there was the strong negative correlation between net photosynthesis (P_n) and stomatal resistance (R_s), and decreased only after the water potential fell below critical level (-0.8MPa). Stomatal conductance to CO_2 (g_s), P_n , and intercellular CO_2 concentration (C_i) decline, O_2 evolution rate of leaf discs remained the maximum level, but stomatal limitation (L_s) increase in the mild water stress. The decrease in R_n caused by mild water stress is stomatal factor. L_s , g_s , P_n , and O_2 evolution decline, but C_i increases in serious water stress. Nonstomatal factors were major P_n determinants of maize leaves under serious water stress.

Changes in Emergence of Wheat Seedling, Seedling Growth and Leaf Photosynthesis Under Different Soil Water Conditions

Liu Mengyu Chen Peiyuan

Abstract

This experiment studies the effects of soil droughts on the emergence of wheat seedling (Xiao Yan-6), seedling growth and leaf photosynthesis, and analyses the cause of weak seedling being formed under soil drought conditions. The results are as follows. Under soil drought conditions, emergence of seedling takes long time and the ratio of root/shoot increases, if the soil water potential is lower than -1.80MPa , few seedlings can emerge. Root grows rapidly and the number of root increases under mild soil drought. Under serious soil drought conditions, the growth of seedling decreases and the root system of seedling are weak, which is caused by decrease in leaf photosynthesis ability and increase in the dark respiration.