

底墒和氮肥对小麦抽穗后绿色叶面积参数的调控模型

李英 上官周平 陈培元 张春雷 薛青武 梁银丽

(中国科学院西北水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

摘要 采用二因素二次饱和 D-最优设计方法对小偃 6 号抽穗后绿叶面积动态变化进行了研究。结果表明,不同水肥措施对小麦抽穗后绿叶面积参数具有显著的调节作用,如不同处理绿叶持续天数为 27~40 天、绿叶持续期为 9~22 天、单茎最大绿叶面积为 82~105 cm² 等;籽粒产量随绿叶持续期的延长而增加,与绿叶持续时间相关性不明显;小麦绿叶面积参数的优劣主要取决于氮肥的多少,底墒的调节作用有限;抽穗后维持较高绿叶面积和作用时间对提高产量具有重要意义。

关键词 小麦; 绿叶面积; 氮肥; 底墒

水分和肥力通过影响小麦叶片光合作用成为限制黄土高原小麦产量的主要因素。小麦抽穗冠层叶片光合性能的强弱决定籽粒灌浆物质的生产和粒重的高低^[1,5,6]。不少学者指出干旱造成的光合速率降低与叶片早衰是小麦减产的主要原因^[1,2];也有人认为抽穗期单茎叶面积的高低决定了产量的多少^[4]。因此,叶面积大小及其发育动态对作物生产具有重要意义。本试验在于探讨大田条件下氮肥和底墒对小麦抽穗后绿叶面积的调节效应及其最适配比,以便为生产中因墒施肥,合理高效利用土壤中有限贮存水分提供理论依据。

1 材料与方 法

试验设计及实施方法见参考文献 7。在小麦抽穗和开花期对长势一致的小麦单茎用红漆进行 2 次标记并采样。开花期后,各个处理每 5 天取样 5~10 个单茎,在 AAM-7 型光电叶面积仪上对不同部位叶片绿色面积进行测定,在灌浆后期每天观察叶色的变化情况。试验资料分析以 $Y = b_0 + b_1N + b_2W + b_3N^2 + b_4W^2 + b_5NW$ 为数学模型拟合,用卡方检验实际值与计算值间的差异显著性。

2 结果与讨论

2.1 氮肥和底墒对小麦绿叶面积参数的影响

不同氮肥底墒组合对小麦抽穗后叶片发育具有显著的调节作用(表 1)。不同肥水组合下单茎最大绿叶面积为 82~105 cm²,变幅达 23 cm²;绿叶持续天数为 27~40 天,变幅达 13 天;绿叶持续期(绿叶面积在最大绿叶面积 80% 以上的天数)为 9~22 天,变幅达 13 天。小麦灌浆阶段籽粒的主要物质来源于叶片的光合作用,其比例达 63.93%~90.93%,籽粒产量与抽穗后绿色叶面积的多少及持续时期呈正显著相关。

收稿日期 1993-04-09 修回日期 1993-07-30

表 1 氮肥和底墒对小麦抽穗后绿叶面积参数的影响

Table 1 Influence of nitrogen and soil moisture planting on green leaf area for wheat in later stage

项目 Items	1	2	3	4	5	6
单茎最大绿叶面积 LA max(cm ²)	82.03	102.11	90.84	87.24	105.65	94.77
绿叶持续期(d) Green leaf duration	9	19	16	22	21	22
绿叶衰减速率(cm ² /d) Green leaf decline rate	3.420	3.294	3.634	3.231	3.202	2.962
LA max→0的时间(d) Time of LA max→0	24	31	25	27	33	32
旗叶面积(cm ²) Flag leaf area	21.67	27.61	19.96	21.70	31.83	31.02
倒二叶面积(cm ²) 2nd top leaf area	25.94	33.92	27.43	28.14	31.83	31.02
绿叶持续天数(d) Whole green leaf duration	28.33	35.21	27.65	34.96	38.47	39.22

2.2 氮肥和底墒对小麦绿叶面积的调节效应模型

从图 1 看出,小麦单茎最大叶面积(LA max)随着氮肥施入量的增加而增加,表现出先缓后快的趋势,同时底墒对 LA max 的调节效应也随着施氮量的增加而增加,底墒的调节作用主要表现在肥力低下时或施氮较少的情况下,在肥力较高时作用不明显。

小麦旗叶是小麦生长后期,即籽粒灌浆期的主要功能器官,对小麦产量贡献最大。由图 2 看出,旗叶面积随着施氮量的增加而增加,底墒对旗叶有一定的调节效应,表现出先降低后增加的趋势,这主要受小麦生长后期土壤贮水限制所致

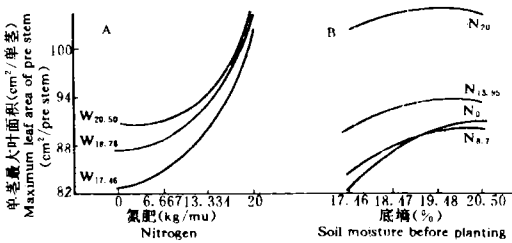


图 1 氮肥(A)和底墒(B)对小麦单茎最大叶面积效应

Fig 1 Influence of soil moisture before planting(A) and nitrogen (B) on maximum leaf area for wheat of per plant

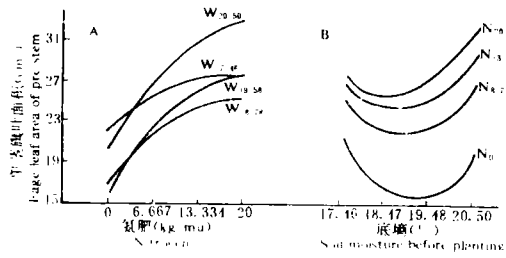


图 2 氮肥(A)和底墒(B)对小麦旗叶面积效应

Fig 2 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on flag leaf area for wheat of per plant

上述单茎最大叶面积和旗叶面积随氮肥和底墒的变化,只是就个体水平而言。要获得较高的产量,必须具备良好的群体结构,即适宜的 LAI,这样才能有效的利用水分和氮肥。由图 3 可见 LAI 随氮肥量增加表现出先迅速后缓慢增加,在最大 LAI 时的施氮量为 13.95kg/亩。LAI 随着底墒的改善先缓慢增加然后降低。从氮肥或底墒变化引起的 LAI 变化来看,氮肥对 LAI 的调节作用明显大于底墒的调节作用。

2.3 氮肥和底墒对小麦叶片衰老的调节效应模型

叶片衰老过程可用绿叶持续期、绿叶维持时间、绿叶衰减速率和最大叶面积趋于零的时间等指标来描述。氮肥和底墒对上述指标的效应回归方程系数见表 2。这些方法经卡方检验,实测值与计算值间差异不显著,说明这些方程能真实地反映本实验条件下各参数的变化趋势,可以进行预测。

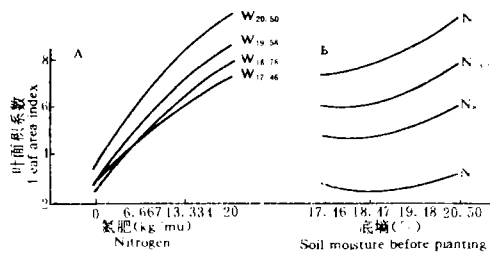


图 3 氮肥(A)和底墒(B)对小麦叶面积系数效应
Fig 3 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on leaf area index for wheat

表 2 氮肥底墒对叶片衰老参数的效应回归方程系数

Table 2 Coefficient of mathematic models of nitrogen and soil moisture before planting on the parameters of green leaf decline

项 目 Items	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
绿叶持续期 Green leaf duration	22.7531	3.1838	1.6840	-4.6716	-2.4132	-1.8443
绿叶维持时间 Whole green leaf duration	35.6688	4.7807	0.9964	-3.2501	0.3455	1.4204
绿叶衰减速率 Green leaf decline rate	3.1936	-0.2008	-0.0309	0.2698	-0.1362	-0.1366
LA max→0 的时间 Time of LA max→0	27.6119	4.1848	1.1846	0.00541	1.0177	0.7258

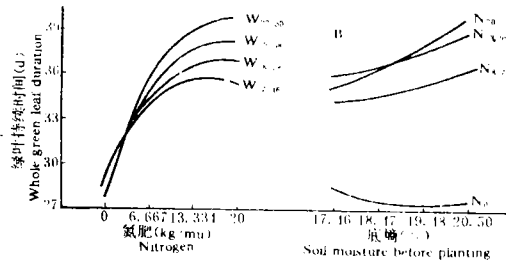


图 4 氮肥(A)和底墒(B)对小麦绿叶持续时间效应
Fig 4 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on whole green leaf duration for wheat

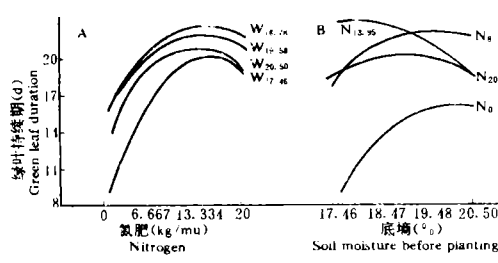


图 5 氮肥(A)和底墒(B)对小麦绿叶持续期效应
Fig 5 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on green leaf duration for wheat

2.3.1 绿叶持续时间 由图 4 看出,绿叶持续时间随着氮肥用量增加而延长,低氮条件下,低底墒的调节作用有限,而高氮条件下,绿叶持续时间随着墒情的改善而提高。

2.3.2 绿叶持续期 从图 5 看出,氮肥在一定范围内增加时,小麦绿叶持续期延长。在墒情较好时,过多的氮肥不利于保持一定的绿叶面积,如底墒为 20.5%时,适宜氮肥范围为 8.7 kg/亩;但墒情较差时,适宜氮肥用量增加,即土壤底墒的改善,提高了氮肥的敏感性。在高氮情况下,如氮肥量为 20 kg/亩时,底墒对绿叶持续期的调节效应很小,最大变幅为 2.6 天,而

低氮条件下,持续期从 W_{17.46} 的 8.956 天增加到 W_{20.50} 的 16.013 天,增加达 7.057 天,表明底墒主要在肥力低下时起调节作用。

2.3.3 最大绿叶面积趋于零的时间 LA max→0 的时间随氮肥增加和底墒改善而延长(图 6)。LA max→0 时间主要受氮肥调节,底墒的调节作用有限。

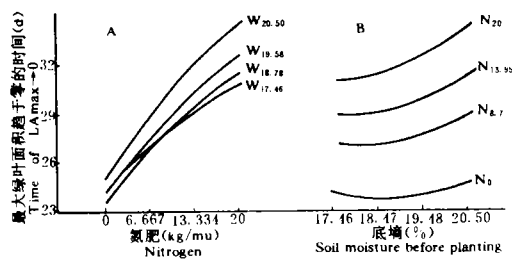


图 6 氮肥(A)和底墒(B)对小麦最大绿叶面积趋于零的时间效应

Fig 6 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on time of LA max→0 for wheat

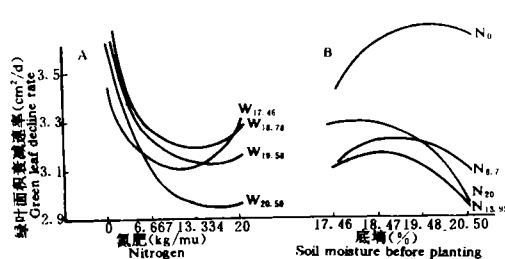


图 7 氮肥(B)和底墒(A)对小麦绿叶面积衰减速率的效应曲线

Fig 7 Influence of soil moisture before planting (A) and nitrogen (B) on green leaf decline rate for wheat

2.3.4 绿叶面积衰减速率 绿叶 LA 衰减速率随着氮肥增加而降低,随着底墒的改善,N₀ 处理的绿叶衰减率随之增加,其它处理随之降低,但调节作用有限,绿叶衰减速率主要受氮肥的调节(图 7)。

3 讨论

众多研究者认为,作物产量的提高主要依靠增加叶面积而不能单纯依靠提高光合速率^[5,6]。这里增加叶面积有两层含义,一是通过改善叶型、株型等来增加叶片有效光合面积,二是延长叶片的光合时间,这两点均是在特定栽培条件下,通过与此相适应的群体结构来实现的。小麦叶面积的大小可以通过单茎最大叶面积、旗叶面积、倒二叶面积和叶面积系数来衡量。从表 3 看出,小麦叶面积的大小主要受氮肥多少决定,底墒的调节作用有限。如土壤底墒从 17.46% 提高到 20.4%。单茎产量随着单茎叶面积的提高而增加,当叶面积在 94~104 cm² 时产量均为 400~430 kg/亩,旗叶面积小于 90 cm² 时,产量随 LA 增加而增加,并非孕穗期单茎叶面积 > 70 cm²,则是徒长的象征^[3]。这可能归因于它们在大田条件下,对多个品种、不同田块调查结果的总结,并非我们在严格实验条件下通过控制水肥措施所得结论。

表 3 氮肥和底墒对小麦叶面积及产量的影响

Table 3 Influence of nitrogen and soil moisture before planting on green leaf area and yield for wheat

氮肥 Nitrogen (kg/mu)	底墒 Soil moisture before planting (%)	LAm _{ax} (cm ² /per plant)	旗叶 LA Flag LA	倒二叶 LA 2nd top LA (cm ²)	LAI (15/5)	产量 Yield (kg/mu)
0	17.46	82.03	21.67	25.94	2.704	244.36
20	17.46	102.11	27.61	33.92	6.027	406.29
0	20.50	90.84	19.94	27.43	3.888	350.28
20	20.50	104.60	33.04	32.24	6.498	434.28

小麦后期叶片衰老过程受干热风、营养、水分等外界条件的影响,衰老过程的人为调控将对灌浆具有重要意义。我们的实验观察到小麦绿叶面积维持在最大叶面积 80% 以上的时间即绿叶持续期内,叶绿素降低缓慢,光合速率维持较高的水平,此时叶片的生产能力最高。同化产物主要供应籽粒灌浆,而且叶片、叶鞘、节及节间等器官重量还稍有增加;此后,绿叶迅速衰老变黄,叶绿素含量迅速降低,叶绿体微结构解体,贮存同化产物开始降解并向籽粒调运。从绿叶持续期、绿叶持续时间与产量的散点图(图 8)可以看出,产量随绿叶持续期延长而增加,与绿叶持续时间相关性不明显。氮肥可明显改善小麦绿叶持续期,这主要根据底墒优劣而定,墒情较好($\geq 20.5\%$)时,适宜的氮肥范围为 $8.7\sim 13.75\text{ kg}/\mu$;墒情较差($\geq 18\%$)时,可适当多施些氮肥,能有效地延长绿叶持续期,这也从另一侧面说明渭北旱塬以肥调水等技术措施的科学性。

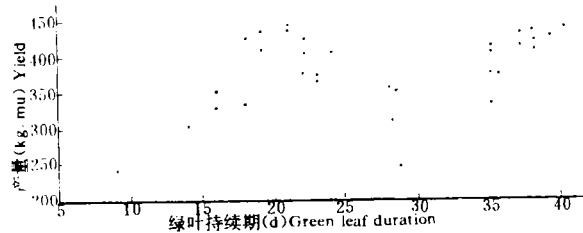


图 8 小麦抽穗后绿叶持续期与产量的关系

Fig 8 The relationship between green leaf duration after heading and yield for wheat

参 考 文 献

- 1 王万里等. 灌浆——成熟期间土壤干旱对小麦籽粒充实和物质运转的影响. 植物生理学报, 1982, 8(1): 67~80
- 2 Boyer J S, Mcpherson H G. Physiology of water difficulty crops. Adv. Agron., 1975, (27): 1~23
- 3 王德轩等. 高产麦田合理群体和个体动态结构. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1988, (8): 94~104
- 4 陈培元等. 黄土旱塬冬小麦反应型丰产模式的研究. 北京: 科学技术文献出版社, 1992. 88~109
- 5 大野星一, 屠曾平译. 籼稻光合效率的品种间差异和干物质生产. 北京: 农业出版社, 1981.
- 6 张荣锐等. 叶源量的生理机理与调控. 第二届全国作物栽培生理学术讨论会论文集, 1992. 36
- 7 上官周平等. 氮肥和底墒对小麦籽粒灌浆过程的调节效应模型. 西北植物学报, 1994, 14(2):

MATHEMATICAL MODEL STUDY ON EFFECTS OF NITROGEN AND SOIL MOISTURE BEFORE PLANTING ON GREEN LEAF AREA AFTER HEADING FOR WHEAT

Li Ying, Shangguan Zhouping, Chen Peiyuan, Zhang chuntei,
Xue Qingwu and Liang Yinli

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica Yangling Shaanxi 712100)

ABSTRACT

Effects of nitrogen and soil moisture before planting on green leaf area after heading were studied with optimum design and computer technique. Establish the mathematical function of the parameters of green leaf area for wheat. Analysing the effects of these factors on green leaf area and duration time and defined the high yield culture way to regulate this index. The results indicated that different treatment of soil moisture and nutrients showed significantly regulation on the parameters of green leaf area after heading, for example, whole green leaf duration of different treatment change from 27 to 40 days, green leaf duration change from 9 to 22 days, and maximum leaf area of per plant change from 82 to 105 cm². Grain yields is increasing with green leaf duration extending and nonsignificantly correlation with whole green leaf duration. Regulation of nitrogen take much more effect than soil moisture before planting on parameter of green leaf area. Green leaf area and duration time after heading play an important role to increase grain yield.

Key words Wheat; Green leaf area; Nitrogen; Soil moisture before planting