

## 追施氮肥对小黑麦光合特性的影响

黄婷,董召荣

(安徽农业大学农学院,合肥 230036)

**摘要:**对施肥处理后小黑麦(中饲237)的光合指标及其相互关系进行研究。结果表明,抽穗后旗叶叶绿素总量Chl(a+b)变化为双峰曲线,第一峰出现在孕穗期,第二峰出现在灌浆期。且施肥处理叶绿素含量在各期均大于未施肥的处理。净光合速率PN的最大值都出现在抽穗期左右,并且所有的处理都从拔节期到抽穗期逐渐增加,然后持续下降。而对照则是从拔节期到抽穗期逐渐下降,之后保持相对稳定直到孕穗后期。然后才逐渐下降。从整个生育期来看,A5蒸腾速率的峰值出现在拔节盛期,而其他都出现在抽穗后期。整体趋势是逐渐下降的。

**关键词:**小黑麦;光合特性;氮肥;追施

**中图分类号:**S3 **文献标识码:**A

### Chasing after Executing Nitrogenous Fertilizer Adjust Triticale Light and Shuts the Property Effect

Huang Ting, Dong Zhaorong

(Department of Agronomy of Anhui Agriculture University, Hefei 230036)

**Abstract:** Handle the rear triticale to applying fertilizer (In rears 237) The light shuts that the target reaches such interrelationship and researcies. Result makes known, Earing queen act as twin top curves at the banner foliage chlorophyll all-up weight Chl (a+b) alternation, First top has arised boot stage, Second top has arised to be living to pour the thick liquid stage . And the chlorophyll content applying fertilizer to handle is living, and every stage all is more than the handle not apply fertilizer. Clean light shuts the maximal value of rate PN has wholly arised heading stage masters, Moreover all handles wholly through joints stage up heading stage add one by one, Afterwards continue . But but contrasts is through joints stage up heading stage drops one by one, Afterwards maintains steading relatively until booting later stage . Afterwards drop one by one. Through entire bears stage sees, The A5's rising rate peak value has arised jointing stage Sheng Qi, But else has wholly arised in the earing later stage . Entire tendency drops one by one.

**Key words:** triticale, photosynthetic character, nitrogenous fertilizer, chasing after is execute

### 0 引言

中国拥有4亿 $\text{hm}^2$ 天然草地,占全球草地总面积的13%,居世界第二位,占全国陆地总面积的40.7%,即相当于3倍的耕地面积和4倍的林地面积<sup>[1]</sup>。虽然中国草地面积广阔,但是,长期以来,对中国的草地资源的利用一直处于掠夺式的自然放牧经营状态,乱垦滥牧现象十分严重,造成1/3以上的草地退化、沙化和碱化<sup>[2]</sup>。尤其是近十年来,在开发利用草地资

源过程中,往往只顾眼前利益,违背自然规律,滥开垦草原和过度放牧,致使生态环境严重恶化。目前,中国90%以上的草原已经或正在退化,其中中度退化程度以上的草原达1.3亿 $\text{hm}^2$ 并且每年以200万 $\text{hm}^2$ 的速度递增,远远高于草原建设的速度。仅北方草地退化就达137.77万 $\text{hm}^2$ ,占该区草地总面积的50.24%,单是长江、黄河、澜沧江三大河流发源地的青海一省就有90%的草地出现不同程度的退化,中

基金项目:安徽省教育厅青年教师资助项目“氮肥效应对青刈小黑麦产量与品质的影响”(2003jq117)。

第一作者简介:黄婷,女,1973年出生,安徽凤台人,硕士研究生,讲师,主要从事农业生理生态研究。通信地址:230036 安徽农业大学农学院, Tel: 0551-5786955, E-mail: ht503503@sohu.com。

收稿日期:2008-10-27,修回日期:2009-03-16。

度以上退化草地面积达 833.3 万  $\text{hm}^2$  载畜量不能满足畜牧业的发展<sup>[3]</sup>。

小黑麦是小麦与黑麦杂交后经过染色体加倍而形成的新物种,不仅具备了小麦的高产优质特性,也继承了黑麦的抗逆性强的特点。近年来小黑麦作为一种粮食和饲料两用作物发展很快,全世界小黑麦种植达 240  $\text{hm}^2$  以上<sup>[4]</sup>。中饲 237,由中国农科院作物所小黑麦组提供。笔者主要研究追施氮肥对小黑麦光合特性的影响以及中饲 237 的光合速率、叶面积及叶绿素含量等特性进行研究,旨在了解其光合特点,为小黑麦新品种的选育及高产栽培提供参考依据。

## 1 试验设计

### 1.1 材料

试验于 2003—2004 年在安徽农业大学教学试验

农场进行。供试材料为小黑麦品种中饲 237,由中国农科院作物所小黑麦组提供。

### 1.2 方法

试验田土壤为黄褐土,地力中等,地面平坦,土层深厚地面平坦,土层深厚,试验完全随机区组设计,每一处理 3 次重复,每小区 10 行,行长 3.6 m,行距 0.2 m,小区面积 7.2  $\text{m}^2$ 。施入的氮肥为尿素(含 N 量 46%)。基施磷肥(磷肥品种为过磷酸钙)750  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、钾肥 112.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,播量 136  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。基本苗 300 万/ $\text{hm}^2$ ,播期为 2003 年 10 月 24 日。

试验为单因素试验,施 N 量有 6 个水平:A0、A1、A2、A3、A4、A5,对照 A0 不施肥。施肥方式为基肥、追肥同时施用,追施比为 7:3,追肥与返青肥施用。试验处理数为 6 个,各水平的施肥量见表 1。

表 1 不同水平下的施肥量

A 因素	0	1	2	3	4	5
纯氮( $\text{kg}/666.7\text{m}^2$ )	0	5	10	15	20	25
尿素( $\text{kg}/666.7\text{m}^2$ )	0	10.870	21.740	32.610	43.480	54.350

### 1.3 试验条件

实验室仪器设备:756MC 紫外/可见光分光光度计,PII-350 电子天平,HH-S 恒温水浴锅,101A-3 干燥箱、TPS-1 智能光合测定仪等。

## 2 测定项目

### 2.1 叶面积指数

分别于分蘖期、越冬期、返青期、拔节期、孕穗期、开花期、灌浆期测定叶面积指数。每个小区随机选取 20 个单茎,用叶面积仪测定这 20 个单茎的叶片面积求其平均数(单茎叶面积)。

叶面积指数(LAI)=每公顷茎蘖数 $\times$ 单茎叶面积 $\times 0.83 \times 10^{-8}$ 。

### 2.2 叶绿素含量测定

采用丙酮提取法。测定时期同上,测定部位:挑旗前混合叶样,挑旗后为旗叶,茎鞘采用混合样。每次测定时,各处理选取叶片的绿叶部分,剪碎,称取 1.0 g,置入盛有 80%丙酮的 5 ml 容量瓶中,闭光保存,待叶片完全变白后在 751 分光光度计上读取 652 nm 下的光密度值,计算出 Chl 的含量(用叶面积指数或草产量测定结束后的单茎测定)。

计算:参照张宽政等植物生理学实验技术叶绿素含量的测定的方法(叶绿素 C 的浓度) $C_{A+B} = OD_{652} \times 1000/34.5 \dots (1)$ ,叶绿素含量( $\text{mg}/\text{g}$ )= $C_{A+B} \times V/A \times 1000 \dots (2)$ ,其中:A=0.5g,V=50 ml,由公式①和②可得出叶绿素含量( $\text{mg}/\text{g}$ )= $1.449 \times OD_{652}$ 。

### 2.3 光合指标

2.3.1 旗叶叶面积 从拔节期开始每隔 10 天左右测一次,采用美国 TPS-1 智能光合测定仪。

旗叶叶面积=长 $\times$ 宽 $\times 0.83$

2.3.2 旗叶净光合速率 从拔节期开始每隔 6 天观测一次,每次从早 8 点开始观测 1 次(共 6 次),每次每一处理测 10 株,取平均值,采用美国 TPS-1 智能光合测定仪系统进行测定。

2.3.3 蒸腾速率 采用美国 TPS-1 智能光合测定仪系统便携式光合作用系统进行测定旗叶净光合速率(Pn)的测定:旗叶刚露出时,在各处理内,选取生长一致的旗叶 5 片,挂牌标记,自旗叶全展开,每隔 10 天测定一次,重复 5 次,去掉两端极值取中间三值的平均值作为该旗叶的 Pn 值。FLAR( $\text{HmolCO}_2/(\text{Plant} \cdot \text{s})$ )为单茎旗叶总面积( $\text{cm}^2$ )与旗叶 Pn 的乘积。

2.3.4 FLAR 的测定 FLAR 的测定是从 4 月 6 日拔节期一直到 5 月 17 日灌浆中期,每隔 10 天测 1 次。

FLAR=旗叶叶面积 $\times$ 旗叶净光合速率

## 3 结果与分析

### 3.1 不同生育期叶面积指数的变化

由表 2 可知随着施氮量的增加,从 A1 到 A4,叶面积指数也随着加大,但施到一定水平,既到 A5 时,叶面积指数有所下降。从整个生育期来看,小黑麦出苗到越冬这段时间生长缓慢,叶面积指数增长缓慢;从越冬期至抽穗期,小黑麦营养生长与生殖生长并进,孕穗以

后, LAI 开始逐渐下降, 至成熟收获时趋近于零, 在 LAI 的变化动态中, 影响其变化的因素主要有两个: 绿色叶片干物质生长量和叶面积。绿色叶片干物质生长量是由绿叶的分配指数与地上部干物质来决定的, 而绿叶的分配指数是指绿叶重占整个地上部总重的比

例, 返青期后小黑麦叶面积指数增长很快, 孕穗期后至抽穗期达到最大值, 抽穗期后叶面积指数开始下降且降速很快, 而拔节后气温回升很快, 小黑麦植株生长旺盛, 叶面积指数较高, 小黑麦成熟期枯叶产生使叶面积减少。

表2 不同处理叶面积指数的变化

处理	2004-1-3	2004-2-16	2004-3-16	2004-4-15	2004-4-29	2004-5-10	2004-5-24
A0	0.93	1.08	1.73	5.9	6.19	5.76	2.1
A1	1.55	1.62	3.6	6.57	6.5	6.5	3.3
A2	2.02	2.13	3.68	6.94	6.84	6.32	3.5
A3	2.52	2.64	4.19	7.83	7.2	6.9	3.1
A4	2.88	3	5.04	8.32	8.45	8.2	4
A5	2.9	3.1	5.81	7.48	8	7.29	4.5

### 3.2 不同时期叶绿素含量分布

小黑麦抽穗后旗叶叶绿素总量 Chl(a+b) 的变化趋势是前期变化不大, 从拔节期开始持续增加至孕穗期达到最大。然后持续下降。再到灌浆期达到第二高峰。A1 在抽穗后 17 天内叶绿素总量是增加的, 之后开始下降, 而处理 A2、A3、A4 在抽穗后 28 天内叶绿素总量均是增加的趋势, 28 天后才开始下降。表明 A1 旗叶叶绿素持续增加期短, 功能期也短。而处理 A2、A3、A4 旗叶叶绿素持续增加期相比而言较长, 功能期也较长。另外从表 1 可以更直观地看到处理 A2、A3、

A4、A5 其旗叶叶绿素各期均高于未施肥的处理 A0。说明返青期追施肥料可以增加小黑麦后期旗叶功能期, 旗叶叶绿素持续增加期长。所以旗叶功能期长, 后期有较强的光能利用能力。除此之外, 也可以从表 3 中看出, A2、A3 在抽穗后旗叶叶绿素总量 Chl(a+b) 在抽穗期, 开花初期, 开花末期, 乳熟期, 蜡熟期的变化基本一致。A1、A2、A3、A4、A5 与 A0 相比在拔节期前叶绿素含量变化基本一致, 但从拔节后期开始各处理与对照相比变化明显, 各处理在整个生育期中呈波浪型曲线变化趋势, 形成双峰曲线。

表3 各时期总叶绿素含量

(mg/g)

处理	2003-12-13	2004-2-16	2004-3-16	2004-3-30	2004-4-15	2004-4-23	2004-4-29	2004-5-10
A0	0.97	0.73	0.74	1.01	2.53	1.08	1.8	0.52
A1B2	0.78	0.79	0.92	1.05	2.24	1.94	2.58	0.83
A2B2	0.83	0.85	1.1	1.39	2.98	1.05	1.86	0.8
A3B2	1.14	0.97	1.28	1.94	3.39	1.13	2.16	0.49
A4B2	1.42	1.02	1.57	1.98	4.51	1.65	2.61	0.98
A5B2	0.8	1.42	1.38	2.04	4.06	1.59	2.37	1.51

分析以上结果可得: 对小黑麦在返青期刈割而追施肥料对小黑麦在抽穗后各个时期叶绿素含量并不都产生消极的影响。其原因是小黑麦在返青期刈割以后, 其基部芽仍具有较强的萌发力, 所以再生力强, 由于分蘖有大量综合在一起的节, 可以萌发出新根<sup>[9]</sup>, 所以小黑麦的根系庞大, 易更新, 这就成为容易再生和增产潜能提供了保障。如果将追肥和刈割双因素一并考虑进去, 从表 3 中将不难发现, 由于两个因素的互动, 抽穗后到开花末期处理 A2 的旗叶叶绿素含量比处理 A3 的多, 但到开花期以后, 处理 III 的旗叶叶绿素含量已略微超过了处理 II。所以总的来说, 如果只考虑刈

割这单一因素对旗叶叶绿素含量的影响, 它对小黑麦旗叶叶绿素含量 Chl(a+b) 有一定的负作用, 但是当刈割与施肥双因素产生互动时, 其结果就不同了, 在抽穗后各处理旗叶 Chl(a/b) 的值变化不大。

### 3.3 光合指标

3.3.1 Pn 和 FLAR 测定 由表 4 可知, 从拔节期到抽穗期 Pn 值明显增加, 而从抽穗期到成熟期则显著下降。其中 A2、A3 和 A4 均比对照 A0 要高, 从整个生育期来看, 净光合速率 Pn 的最大值都出现在抽穗期左右, 并且所有的处理都从拔节期到抽穗期逐渐增加, 然后持续下降。而对照则是从拔节期到抽穗期逐渐下降, 之后保持相对

稳定直到孕穗后期。然后才逐渐下降。因此,各处理总的趋势是前升后降,而对照A0则是前降后升。分析可得:Pn与叶绿素含量的变化是同方向的,影响小黑麦抽

穗后旗叶净光合速率的主要因素就是旗叶叶绿素含量Chl(a+b),一般来说旗叶叶绿素含量愈高,旗叶净光合速率也越高,反之则降低。

表4 不同时期的净光合速率

( $\mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ )

处理	4-6	4-16	4-25	5-11	5-17
A0	7.6	8.6	9.68	6.4	6.1
A1	9	11.1	8.2	4.75	3.39
A2	6.9	9.6	10.5	4.75	3.2
A3	9.54	9.5	8.8	4.4	3.56
A4	8.3	11.72	11.05	7.17	4.3
A5	11.3	12.44	12	5.4	4.12

表5 不同时期的蒸腾速率变化

( $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ )

处理	4-6	4-16	4-25	5-11	5-17
A0	3.47	2.94	2.98	2.57	2.35
A1	3.76	2.94	2.7	2.12	1.54
A2	3.77	2.68	3.04	3	1.71
A3	3.96	3.21	2.82	2.71	1.82
A4	3.7	4.16	3.42	3.25	2.01
A5	4.14	3.98	3.72	2.84	1.76

3.3.2 蒸腾速率 由表5可知,从拔节期到孕穗期A0、A1、A2、A3、A4的蒸腾速率都是下降的,而A5则是上升的。从抽穗期到扬花期A1、A2是增加的,A3、A4、A5是下降的,而对照A0则基本保持不变。然后处理和对照则全部降低直到成熟。从整个生育期来看,A5的蒸腾速率的峰值出现在拔节盛期,而其他都出现在抽穗后期。整体趋势是逐渐下降的。分析可得:蒸腾

速率与叶面积指数和所在时期的光照有很大关系。返青期后小黑麦叶面积指数增长很快,孕穗期后至抽穗期达到最大值,抽穗期后叶面积指数开始下降且降速很快,而拔节后气温回升很快,小黑麦植株生长旺盛,叶面积指数较高,作物蒸腾急剧增加。小黑麦成熟期枯叶产生使叶面积减少,使蒸腾强度降低,故相对蒸腾变化一定程度上反应。

表6 不同时期FLAR值

( $\mu\text{mol}/(\text{Plant}\cdot\text{s})$ )

处理	4-6	4-16	4-25	5-11	5-17
A0	0.0753	0.1310	0.1598	0.1687	0.1526
A1	0.0550	0.1027	0.1680	0.0718	0.0760
A2	0.0561	0.1364	0.1949	0.0784	0.0427
A3	0.1081	0.1211	0.2350	0.1293	0.0928
A4	0.0868	0.2696	0.3459	0.2251	0.1290
A5	0.1207	0.2202	0.3420	0.1620	0.1085

3.3.3 FLAR的测定 由表6可以看出,从拔节期到抽穗期A0、A3、A4是下降的,而A1和A2是上升的。然后从抽穗期直到成熟期都是下降的,再从整个生育期来看,FLAR的峰值出现在拔节后期和孕穗前期,总体趋势是逐渐下降的。

#### 4 小结与讨论

施肥处理后小黑麦(中饲237)的光合指标及其相

互关系进行研究。结果表明,抽穗后旗叶叶绿素总量Chl(a+b)变化为双峰曲线,第一峰出现在孕穗期,第二峰出现在灌浆期。且施肥处理叶绿素含量在各期均大于未施肥的处理。净光合速率的最大值都出现在抽穗期左右,并且所有的处理都从拔节期到抽穗期逐渐增加,然后持续下降。而对照则是从拔节期到抽穗期逐渐下降,之后保持相对稳定直到孕穗后期。然后才逐

渐下降。从整个生育期来看,A5蒸腾速率的峰值出现在拔节盛期,而其他都出现在抽穗后期,整体趋势是逐渐下降的。

从整个生育期来看,小黑麦出苗到越冬这段时间生长缓慢,叶面积指数增长缓慢;从越冬期至抽穗期,小黑麦营养生长与生殖生长并进,孕穗以后,LAI开始逐渐下降,至成熟收获时趋近于零,在LAI的变化动态中,影响其变化的因素主要有两个:绿色叶片干物质生长量和叶面积。绿色叶片干物质生长量是由绿叶的分配指数与地上部干物质来决定的,而绿叶的分配指数是指绿叶重占整个地上部总重的比例,返青期后小黑麦叶面积指数增长很快,孕穗期后至抽穗期达到最大值,抽穗期后叶面积指数开始下降且降速很快,而拔节后气温回升很快,小黑麦植株生长旺盛,叶面积指数较高,小黑麦成熟期枯叶产生使叶面积减少。

小黑麦抽穗后旗叶叶绿素总量Chl(a+b)的变化趋势是前期变化不大,从拔节期开始持续增加至孕穗期达到最大。然后持续下降。再到灌浆期达到第二高峰。A1在抽穗后17天内叶绿素总量是增加的,之后开始下降,而处理A2、A3、A4在抽穗后28天内叶绿素总量均是增加的趋势,28天后才开始下降。表明A1旗叶叶绿素持续增加期短,功能期也短。而处理A2、A3、A4旗叶叶绿素持续增加期相比而言较长,功能期也较长。另外可以更直观地看到处理A2、A3、A4、A5

其旗叶叶绿素各期均高于未施肥的处理A0。说明返青期追施肥料可以增加小黑麦后期旗叶功能期,旗叶叶绿素持续增加期长。所以旗叶功能期长,后期有较强的光能利用能力。

拔节期到孕穗期A0、A1、A2、A3、A4的蒸腾速率都是下降的,而A5则是上升的。从抽穗期到扬花期A1、A2是增加的,A3、A4、A5是下降的,而对照A0则基本保持不变。然后处理和对照则全部降低直到成熟。从整个生育期来看,A5的蒸腾速率的峰值出现在拔节盛期,而其他都出现在抽穗后期,整体趋势是逐渐下降的。

从整个生育期来看,FLAR的峰值出现在拔节后期和孕穗前期,总体趋势是逐渐下降的。

#### 参考文献

- [1] 曾昭海,胡跃高,赵环环.加速建设我国农区草业的认识.草业科学,2002,(17):5.
- [2] 张玉清,张庆祥.发展新型饲料作物——小黑麦.饲养与饲料,1997,(1):29-30.
- [3] 黄玉贤.小黑麦的生产特性及应用现状.黑龙江畜牧科技,1997,(3):33.
- [4] 朱新开,郭文善.小黑麦产量形成特性研究.麦类作物,1997,17(5):37-39.
- [5] 董卫民,张少敏,王宏,等.小黑麦的生产特性及开发利用前景.当代畜牧,2002,(2):33-35.