

氮素施用量对饲用燕麦光合荧光特性的影响

田永雷¹, 王 静¹, 慕宗杰¹, 赵月平², 常 青³, 白春利^{1*}

(1.内蒙古自治区农牧业科学院, 呼和浩特 010031;

2.乌兰察布市林业和草原局, 内蒙古 乌兰察布 012001;

3.苏尼特右旗朱日和镇综合保障和技术推广中心, 内蒙古 锡林郭勒 026299)

摘 要:【目的】探究饲用燕麦光合荧光参数在不同氮素水平下的变化规律, 明确施氮对饲用燕麦光合能力的影响机制。【方法】在内蒙古阴山北麓地区, 以饲用燕麦为材料, 设置了 0、150、200、250、300、350 kg/hm² 共 6 个氮素施用量, 研究不同生育期叶片的光化学猝灭系数 (Photochemical quenching coefficient, qP)、非光化学猝灭系数 (Non-photochemical quenching coefficient, NPQ)、光系统 II 实际光化学效率 (Actual photochemical quantum yield, $Y(II)$)、光系统 II 最大光化学效率 (Maximal photochemical efficiency, F_v/F_m) 在不同氮素施用量的变化规律。【结果】随着氮素施用量的增加, 饲用燕麦光合荧光参数 $Y(II)$ 值、 F_v/F_m 值和 qP 值均呈先增加后降低的变化规律; NPQ 值呈先降低后增加的趋势, N_{250} 处理 NPQ 值显著低于其他处理 ($P < 0.05$)。随着生育期推进, $Y(II)$ 值和 F_v/F_m 值无明显变化, qP 值和 NPQ 值则逐渐增加。【结论】适量增加氮素施用量有助于维持饲用燕麦 PS II 反应中心系统的稳定性和提高光合能力; 在阴山北麓地区种植饲用燕麦适宜的氮素施用量为 250 kg/hm²。

关键词: 饲用燕麦; 氮素; 光合荧光特性

中图分类号: S544.9

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022676

田永雷, 王静, 慕宗杰, 等. 氮素施用量对饲用燕麦光合荧光特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(Supp.1): 7-9.

TIAN Yonglei, WANG Jing, MU Zongjie, et al. Effect of Nitrogen Application on Photosynthetic Fluorescence Characteristics of Forage Oats[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(Supp.1): 7-9.

0 引言

【研究意义】随着现代草牧业的快速发展, 如何助力草牧业高质量发展新路子是每个草业研究者的使命和任务。合理利用资源、科学施肥管理以及充分挖掘饲草生产潜力是饲草栽培的重要研究内容, 植物光合作用为其生长发育提供能量, 研究饲草光合能力的变化规律, 可以对饲草种植进行科学指导。【研究进展】饲用燕麦是一年生优质饲草, 具有高产高抗的优点, 是饲草种植企业和农牧民喜种的饲草之一^[1-2]。李彦霞等^[3]、金祎婷等^[4]研究表明燕麦的产量性状和品种抗旱性与荧光参数有较强的相关性, 且叶绿素荧光参数的变化, 间接反映了受到干旱胁迫时燕麦光合作用能力的变化。纪冰沁^[5]对燕麦在盐胁迫下的光合特性进行了研究, 结果表明通过增加外源钙离子可以缓解盐胁迫。王鑫等^[6]也探索了燕麦荧光特性和施氮量的关系, 表明随着施氮水平的提高, 燕麦叶绿素量

呈先增加后降低或增加的变化趋势。王佳璇等^[7]、冯伟等^[8]、方辉等^[9]探索了施氮量对小麦光合荧光特性的影响。刘蕾蕾等^[10]研究小麦叶片进行低温处理后叶绿素荧光特性的变化, 结果表明低温会引起小麦叶片光合速率下降, 导致小麦产量降低。吴仁海等^[11]、王正贵等^[12]分别研究了氰草津和除草剂对小麦叶绿素荧光参数的影响, 结果表明氰草津需要在安全期、安全剂量内使用, 而除草剂使小麦叶片发生光抑制, 且光合特性也与除草剂使用有关。【切入点】近年来, 虽然关于饲用燕麦光合荧光特性的研究较多^[13-15], 但关于在内蒙古阴山北麓地区氮素施用量对饲用燕麦光合荧光特性的影响鲜有报道。【拟解决的关键问题】为此, 设置了 6 个氮素施用量, 探究不同氮素施用量下饲用燕麦的光合能力变化规律, 为内蒙古阴山北麓地区饲用燕麦的科学种植和施肥提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古自治区武川县, 地处东经 110°16', 北纬 41°14', 属中温带半干旱大陆性季风气候。年均降水量 355 mm, 全年 80% 降水量集中在 7—8 月, 年蒸发量 1 700~2 100 mm。年均气温 3.0 °C, 无霜期 110 d, 土壤主要为栗钙土。

收稿日期: 2022-12-05 修回日期: 2023-11-17

基金项目: 内蒙古农牧业青年创新基金项目 (2021QNJJM05); 内蒙古农牧业创新基金项目 (2020CXJJM10)

作者简介: 田永雷 (1994-), 男, 博士研究生, 主要从事牧草栽培方面的研究。E-mail: tyl_nmgny@163.com

通信作者: 白春利 (1980-), 女, 研究员, 主要从事牧草栽培方面的研究。

E-mail: nmgbl@126.com

©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

1.2 试验设计与方法

试验以饲用燕麦为材料,采用单因素随机区组设计,设置了0、150、200、250、300、350 kg/hm²共6个氮肥(纯N)施用水平,分别用N₀、N₁₅₀、N₂₀₀、N₂₅₀、N₃₀₀、N₃₅₀表示,每个处理3次重复。供试氮肥为尿素(含N 46%),施肥后立即灌水。

1.3 测定项目及方法

于孕穗期、抽穗期、灌浆期测定光合荧光参数,选择晴朗无风的天气从09:00开始进行测定,每小区选取3株植株,测定相同部位叶片,暗处理30 min后采用MINI-PAM-II超便携式调制叶绿素荧光仪(德国,WALZ公司)测定光化学猝灭系数(Photochemical quenching coefficient, *qP*)、非光化学猝灭系数(Non-photochemical quenching coefficient, *NPQ*)、光系统II实际光化学效率(Actual photochemical quantum yield, *Y* (II))、光系统II最大光化学效率(Maximal photochemical efficiency, *Fv/Fm*)。

1.4 数据处理

采用Excel 2010软件和SPSS 2010软件处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *Y* (II) 值影响

由表1可知,随着氮素施用量的增加,3个生育期的饲用燕麦 *Y* (II) 值均呈先增加后降低的趋势。孕穗期和抽穗期N₂₅₀、N₃₀₀处理的 *Y* (II) 值无显著差异($P>0.05$),但均显著高于其他处理($P<0.05$); N₀处理的 *Y* (II) 值最低,分别为0.34、0.36。灌浆期N₂₅₀处理 *Y* (II) 值最大为0.45,与N₃₀₀处理差异不显著($P>0.05$),但显著高于其他处理($P<0.05$), N₀处理的 *Y* (II) 值最低为0.34。饲用燕麦3个生育期的 *Y* (II) 值均以N₂₅₀处理最大,其中抽穗期的 *Y* (II) 值大于孕穗期和灌浆期。

2.2 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *Fv/Fm* 值影响

随着氮素施用量的增加,饲用燕麦不同生育期的 *Fv/Fm* 值均呈先增加后降低的趋势(表2)。孕穗期N₂₅₀、N₃₀₀处理的 *Fv/Fm* 值差异不显著($P>0.05$),但显著高于其他处理($P<0.05$); N₀处理的 *Fv/Fm* 值最低为0.71。抽穗期N₂₀₀、N₂₅₀、N₃₀₀、N₃₅₀处理均无显著差异($P>0.05$),显著高于N₀、N₁₅₀处理(N₂₀₀处理与N₁₅₀处理差异不显著),其中N₀处理的 *Fv/Fm* 值最低为0.74。灌浆期N₂₅₀处理 *Fv/Fm* 值与N₃₀₀处理差异不显著($P>0.05$),但显著高于其他处理($P<0.05$); N₀处理的 *Fv/Fm* 值最低,为0.79。抽穗期和灌浆期N₂₅₀处理饲用燕麦的 *Fv/Fm* 值最大,分别为0.82、0.79;孕穗期N₂₅₀处理 *Fv/Fm* 值最大为0.8;其中抽穗

期 *Fv/Fm* 值大于孕穗期和灌浆期。

表1 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *Y* (II) 值的影响

Table 1 Effect of nitrogen application rate on *Y* (II) of forage oats at different fertility stages

处理	孕穗期	抽穗期	灌浆期
N ₀	0.34±0.016c	0.36±0.013c	0.34±0.02c
N ₁₅₀	0.36±0.014bc	0.39±0.015b	0.36±0.015bc
N ₂₀₀	0.37±0.02bc	0.4±0.02b	0.38±0.012b
N ₂₅₀	0.42±0.015a	0.45±0.014a	0.42±0.018a
N ₃₀₀	0.4±0.012ab	0.44±0.017a	0.39±0.02ab
N ₃₅₀	0.38±0.02b	0.41±0.011b	0.37±0.014bc

注 不同小写字母表示不同氮素处理间差异显著($P<0.05$),下同。

表2 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *Fv/Fm* 值的影响

Table 2 Effect of nitrogen application rate on *Fv/Fm* of forage oats at different fertility stages

处理	孕穗期	抽穗期	灌浆期
N ₀	0.71±0.022c	0.74±0.017c	0.72±0.022c
N ₁₅₀	0.74±0.016b	0.77±0.014b	0.74±0.015b
N ₂₀₀	0.75±0.022b	0.78±0.019ab	0.76±0.02b
N ₂₅₀	0.79±0.017a	0.82±0.016a	0.8±0.022a
N ₃₀₀	0.8±0.015a	0.81±0.023a	0.79±0.022a
N ₃₅₀	0.75±0.02b	0.8±0.014a	0.75±0.016b

2.3 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *qP* 值影响

由表3可知,随着氮素施用量的增加,不同生育期饲用燕麦 *qP* 值均呈先升高后降低的趋势。孕穗期饲用燕麦N₃₀₀处理 *qP* 值最大为0.59,显著高于其他处理($P<0.05$); N₀、N₂₀₀、N₂₅₀、N₃₅₀处理 *qP* 值均差异不显著($P>0.05$)。抽穗期N₂₅₀、N₃₀₀、N₃₅₀处理 *qP* 值差异不显著($P>0.05$); N₀、N₁₅₀处理 *qP* 值差异不显著($P>0.05$),但显著低于其他处理($P<0.05$)。灌浆期N₀、N₁₅₀、N₃₅₀处理 *qP* 值差异不显著($P>0.05$),但显著低于其他处理($P<0.05$); N₂₀₀、N₂₅₀、N₃₀₀处理 *qP* 值无显著差异($P>0.05$)。故适宜氮素施用量可以提高饲用燕麦对光能的利用效率,增强光合能力。

表3 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *qP* 值的影响

Table 3 Effect of nitrogen application rate on *qP* of forage oats at different fertility stages

处理	孕穗期	抽穗期	灌浆期
N ₀	0.51±0.02b	0.49±0.012c	0.63±0.013b
N ₁₅₀	0.48±0.01c	0.5±0.021c	0.62±0.018b
N ₂₀₀	0.52±0.014b	0.54±0.015b	0.68±0.014a
N ₂₅₀	0.55±0.02b	0.56±0.014ab	0.65±0.016ab
N ₃₀₀	0.59±0.018a	0.59±0.017a	0.67±0.011a
N ₃₅₀	0.53±0.013b	0.57±0.012a	0.64±0.012b

2.4 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *NPQ* 值影响

由表4可知,随着氮素施用量的增加,饲用燕麦不同生育期 *NPQ* 值变化规律为先降低后增加趋势。孕穗期和灌浆期N₂₅₀处理 *NPQ* 值最低,与N₂₀₀、N₃₀₀、N₃₅₀处理无显著差异($P>0.05$),但显著低于N₀、N₁₅₀处理($P<0.05$)。抽穗期各处理间燕麦 *NPQ* 值

均无显著差异 ($P>0.05$)。故适宜氮素施用量, 有利于减少光合系统的损伤, 维持 *PS II* 反应中心系统的稳定性。

表 4 氮素施用量对不同生育期饲用燕麦 *NPQ* 值的影响

Table 4 Effect of nitrogen application rate on *NPQ* of forage oats at different fertility stages

处理	孕穗期	抽穗期	灌浆期
N ₀	1.26 ±0.045a	1.34 ±0.05a	1.48 ±0.051a
N ₁₅₀	1.25 ±0.043a	1.32 ±0.05a	1.45 ±0.044a
N ₂₀₀	1.19 ±0.05ab	1.29 ±0.043a	1.41 ±0.047ab
N ₂₅₀	1.11 ±0.05b	1.3 ±0.048a	1.34 ±0.045b
N ₃₀₀	1.17 ±0.044ab	1.27 ±0.05a	1.36 ±0.022b
N ₃₅₀	1.18 ±0.048sb	1.33 ±0.044a	1.4 ±0.042ab

3 结 论

随着氮素施用量的增加, 饲用燕麦光合荧光参数 *Y (II)* 值、*Fv/Fm* 值和 *qP* 值均呈先增加后降低的变化规律; *NPQ* 值呈先降低后增加的变化趋势。适量增加氮素施用量有助于维持饲用燕麦 *PS II* 反应中心系统的稳定性和提高光合能力。所以在阴山北麓地区种植饲用燕麦适宜的氮肥用量为 250 kg/hm²。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

- [1] 咎林森, 成功, 闫文杰, 等. 中国西部地区草牧业发展的现状、问题及对策[J]. 科技导报, 2016, 34(17): 79-88.

- [2] 侯龙鱼, 朱泽义, 杨杰, 等. 我国饲草用燕麦现状、问题和潜力[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2019, 45(3): 248-253.
- [3] 李彦霞, 周海涛, 刘文婷, 等. 干旱胁迫下不同燕麦品种光合荧光特性及其抗旱性评价[J]. 种子, 2021, 40(2): 26-34.
- [4] 金祎婷, 刘文辉, 刘凯强, 等. 全生育期干旱胁迫对‘青燕 1 号’燕麦叶绿素荧光参数的影响[J]. 草业学报, 2022, 31(6): 112-126.
- [5] 纪冰沁. 不同饲用燕麦品系的农艺与营养性状比较及 NaCl 胁迫对燕麦光系统的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [6] 王鑫, 张玉霞, 陈卫东, 等. 追施氮肥对不同饲用燕麦品种产量及光合荧光特性的影响[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(5): 170-179.
- [7] 王佳璇, 屈魏蕾, 田玉磊, 等. 施氮对小麦生长、生理及叶绿素荧光响应的影响[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(7): 32-39.
- [8] 冯伟, 李晓, 王永华, 等. 小麦叶绿素荧光参数叶位差异及其与植株氮含量的关系[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 657-664.
- [9] 方辉, 范贵强, 高永红, 等. 施氮对不同小麦品种光合荧光特性及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(1): 55-62.
- [10] 刘蕾蕾, 纪洪亭, 刘兵, 等. 拔节期和孕穗期低温处理对小麦叶片光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业科学, 2018, 51(23): 4 434-4 448.
- [11] 吴仁海, 孙慧慧, 苏旺苍, 等. 氰草津对小麦安全性及光合、荧光参数的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(5): 714-721.
- [12] 王正贵, 周立云, 郭文善, 等. 除草剂对小麦光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(6): 1 037-1 043.
- [13] 李英浩, 刘景辉, 赵宝平, 等. 干旱胁迫下腐植酸对燕麦叶绿素荧光特性的调控效应[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(4): 26-33.
- [14] 王军, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 大麦黄矮病毒侵染对燕麦光合及叶绿素荧光参数的影响[J]. 草地学报, 2020, 28(4): 923-931.
- [15] 刘建新, 欧晓彬, 王金成. 外源 H₂O₂ 对胁迫下裸燕麦叶绿素荧光参数和镉积累特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(6): 65-71.

Effect of Nitrogen Application on Photosynthetic Fluorescence Characteristics of Forage Oats

TIAN Yonglei¹, WANG Jing¹, MU Zongjie¹, ZHAO Yueping², CHANG Qing³, BAI Chunli^{1*}

(1. Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China;

2. Ulanqab Forestry and Grassland Bureau, Ulanqab 012001, China;

3. Comprehensive Support and Technology Promotion Center of Zhurihe Town, Sunit Right Banner, Xilingol 026299, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the change rule of photosynthetic fluorescence parameters of forage oats under different nitrogen levels, and to clarify the influence mechanism of nitrogen fertilization on the photosynthetic capacity of forage oats. **【Method】**In this study, six nitrogen levels of 0, 150, 200, 250, 300 and 350 kg/hm² were set in the Northern foothills of the Yinshan Mountains in Inner Mongolia, using forage oats as the material, to study the variation patterns of photochemical quenching coefficient (*qP*), non-photochemical quenching coefficient (*NPQ*), actual photochemical quantum yield, (*Y(II)*), maximal photochemical efficiency (*Fv/Fm*) in leaves at different fertility stages under different nitrogen levels. **【Result】**With the increase of nitrogen application, the photosynthetic fluorescence parameters of forage oats *Y(II)*, *Fv/Fm* and *qP* all showed a trend of first increasing and then decreasing; *NPQ* showed the trend of decreasing and then increasing, and *NPQ* of N₂₅₀ treatment was significantly lower than that of the other treatments ($P<0.05$). With the advancement of fertility period, *Y(II)* and *Fv/Fm* did not have obvious pattern of change, while *qP* and *NPQ* showed a trend of gradual increase. **【Conclusion】**A moderate increase in the amount of nitrogen helps to maintain the stability of *PS II* reaction center system and improve the photosynthetic capacity of forage oats; the appropriate amount of nitrogen fertilizer for growing forage oats in the Northern foothills of the Yinshan Mountains is 250 kg/hm².

Key words: forage oats; nitrogen; photosynthetic fluorescence properties

责任编辑: 白芳芳