

不同栽培模式下谷子叶片衰老的生理效应

贾根良¹, 代惠萍², 孙三民², 张社奇¹, 冯佰利³, 任学敏³, 秦晓威³

(1. 西北农林科技大学理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 铜川职业技术学院, 陕西 铜川 727031;
3. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了揭示不同栽培模式下谷子叶片衰老及抗性指标的变化规律, 本试验以谷丰 888 为试验材料, 在 80 kg/hm² 施氮肥水平和基本苗为 120~130 万/hm² 条件下, 研究常规栽培(CK)、覆草栽培、地膜覆盖栽培 3 种栽培模式下灌浆期谷子顶三叶衰老与活性氧代谢特性。覆草栽培模式下, 叶绿素含量显著高于常规栽培, 叶片衰老速度缓慢, 代谢强度降低缓慢, 产量显著高于常规栽培; 地膜覆盖栽培模式下, 灌浆前期叶绿素含量显著高于常规栽培, 叶片中超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性高于常规栽培, 丙二醛(MDA)含量显著低于常规栽培, 膜脂过氧化程度低; 灌浆后期叶绿素含量急剧下降, 叶片衰老速度加快, 膜脂过氧化程度加剧。SOD、CAT 参与谷子叶片衰老进程的调控, 并通过协同作用来保护叶片, 减少活性氧伤害, 延长功能期, 提高产量。

关键词: 栽培模式; 谷子; 叶片衰老

中图分类号: S311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0133-05

谷子〔*Setaria italica*(L.) Beauv.〕是起源于中国的传统粮食作物, 具有较为突出的耐旱、耐瘠的特点, 主要分布在西北、华北、东北干旱和半干旱地区。由于我国谷子科研起步较晚, 生产管理粗放, 单产水平普遍较低, 探索谷子生育特性, 提高产量和品质成为谷子生产亟待解决的问题。前人研究结果显示植株叶片衰老不仅表现为叶绿素及可溶性蛋白质降解, 而且还伴随着活性氧代谢的失调^[1,2]。活性氧伤害是引起植物叶片衰老的原因之一, 植物可通过多种途径产生活性氧, 同时细胞内也存在清除这些活性氧的多种途径^[3], 其中起主要作用的是活性氧清除酶系统。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)等是活性氧清除酶系统的重要保护酶, 能有效地阻止体内活性氧, 如超氧阴离子自由基(O₂⁻), 过氧化氢(H₂O₂)、羟基自由基(·OH)、单线态氧(¹O₂)等的增加, 防止膜脂过氧化作用, 延缓植物衰老, 使植物维持正常的生长和发育^[4]。在植物衰老过程中, 活性氧积累对植物产生伤害的一个重要机制是直接或间接启动膜脂的过氧化作用, 导致膜的损伤和破坏, 引起膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)的增加, 叶绿素降解和光合酶活性下降, 植物光合能力下降^[3~5]。地膜覆盖栽培技术自 20 世纪 70 年代引入我国后, 在小麦上具有显著的增产作用且大面积推广^[6], 旱地覆膜可显著提高小麦产量和水分利用

效率。覆膜栽培可明显提高冬小麦的光合速率(Pn), 在日变化中 Pn 值持续期延长^[7]。秸秆覆盖有效提高作物水分利用效率^[7,8], 培肥地力, 提高农田光能利用率^[8]。有关不同栽培模式间谷子叶片衰老特性研究, 迄今了解尚少。本试验旨探讨不同栽培模式谷子叶片代谢功能差异, 探讨不同栽培模式对谷子生长发育的影响, 为谷子高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007 年 5~10 月在西北农林科技大学农作试验站进行。该站位于黄土高原南部半湿润易旱区(108°E, 34°N), 海拔 520 m, 年平均降水量为 660 mm, 主要集中在 7~9 月, 为暖温带半湿润气候。试验地土壤为壤土, 前茬休闲。设常规无覆盖栽培(CK)、秸秆覆盖(谷子行间全生育期覆盖麦草 22 200 kg/hm²)、地膜覆盖(采用平覆膜方式, 全生育期全区覆膜, 膜上播种谷子)3 种栽培模式。随机区组排列, 小区面积 3 m×2.6 m=7.8 m², 重复 3 次, 基本苗为 120~130 万/hm²。施纯氮 80 kg/hm², 以过磷酸钙为底肥, 施用量为 1 000 kg/hm², 试验品种为谷丰 888, 5 月 1 日播种, 三叶期定苗。其它田间管理按照国家谷子品种区域试验

收稿日期: 2008-09-08

基金项目: 陕西省科技攻关项目(2007K01-15-1)

作者简介: 贾根良(1965—), 男, 河南杞县人, 高级实验师, 主要从事环境生物物理研究工作。E-mail: daihp72@yahoo.com.cn。

通讯作者: 张社奇(1964—), 男, 陕西扶风人, 硕士导师, 教授, 主要从事土壤生态与环境生物物理研究工作。

进行。

1.2 测定项目及方法

取生长基本一致且无病虫害的谷子主茎挂牌标记,分别从开花期开始,每隔 7 d 取样一次。于上午 8:00 取样,分叶位进行取样测定。选取具有代表性的标记植株主茎顶五叶各 5 片,洗净叶片表面的尘土和污物并用吸水纸小心擦干,去除叶脉,混匀,分叶位测定各项指标,重复 3 次。

1.2.1 叶绿素含量 采用丙酮浸提法,用 UV-2102 分光光度计进行比色测定,按 Inskeep 法^[9]计算其含量。

1.2.2 超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)、过氧化物(Catalase, CAT)活性测定 取鲜样 0.500 g 剪碎,置预冷研钵中,加含 1%PVP 的 50 mmol/L 冷磷酸缓冲液(pH7.8)10 mL 及少量石英砂,在冰浴中研磨提取,匀浆于 2℃ 20 000×g 冷冻离心 20 min,上清液即为酶提取液。用此酶液参照 Giannopolitis 等^[15]和王爱国等^[16]改进法测定超氧化物歧化酶活性,以 Beers 和 Sizars 改进法^[18,19]测

定过氧化氢酶活性,用 Sigma 法^[20]测定过氧化物酶活性。

1.2.3 丙二醛(Malondialdehyde, MAD)含量 采用硫代巴比妥酸(TBA)法稍作改进^[17]。

1.2.4 产量及其构成因素 成熟期每个处理选取 3 m² 地上植株分析籽粒产量构成因素,收获期按照常规方法进行考种。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel、DPS 统计软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式下叶片叶绿素含量变化

叶绿素含量高低是反映叶片光合性能和衰老程度的重要标志。图 1 结果表明,随着谷子成熟的接近,不同栽培模式下,谷子顶三叶叶片绿素含量变化趋于减少,旗叶>倒二叶>倒三叶,且不同栽培模式之间的叶绿素降低速度不同。与常规栽培相比较,覆草>覆膜>常规。

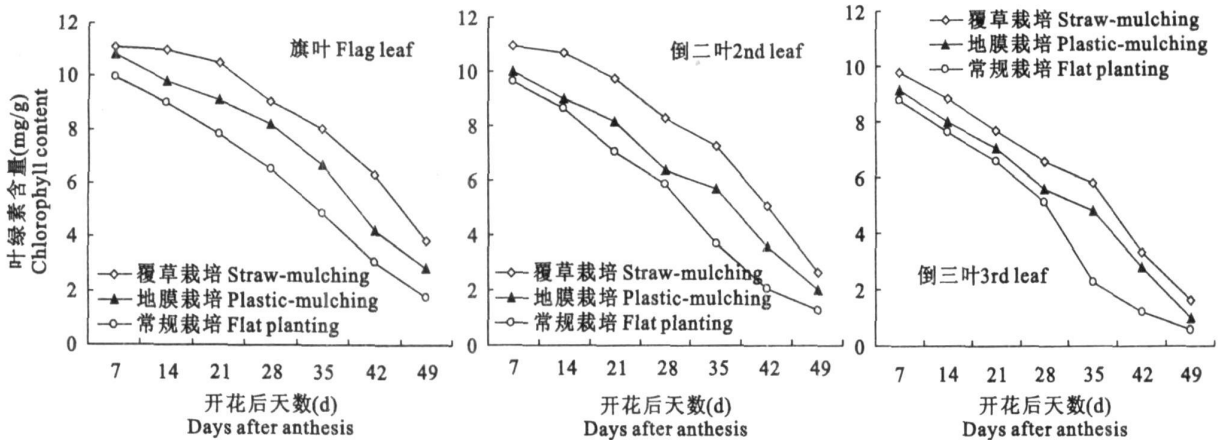


图 1 不同栽培条件下谷子叶片叶绿素含量的变化

Fig. 1 Change of chlorophyll in foxtail millet leaves among different cultivation

2.2 不同栽培模式下旗叶超氧化物歧化酶(SOD)活性变化

图 2 可知,不同栽培模式下谷子开花后顶三叶超氧化物歧化酶活性变化呈上升趋势,花后 14 d 达到最大值,之后逐渐减低。不同栽培条件下谷子旗叶超氧化物歧化酶活性有一定的差异,与常规相比较,覆草栽培模式旗叶的活性降低较慢且活性较高。倒二叶不同栽培模式间活性变化趋势与旗叶一致,倒三叶与倒二叶变化趋势一致,旗叶>倒二叶>倒三叶。表明覆草栽培模式下谷子叶片中超氧化物歧化酶可有效清除超氧化物阴离子自由基 O₂⁻ 对细胞膜的损害,维护细胞活性氧代谢的平衡中起重要作用。

(倒二叶、倒三叶 SOD 活性变化趋势与旗叶一致,故图省略)

2.3 不同栽培模式下旗叶过氧化氢酶(CAT)活性变化

图 3 表明,不同栽培模式下谷子开花后顶三叶过氧化氢酶活性变化呈由低到高再降低趋势,且不同栽培模式差异较大。籽粒灌浆中后期,覆草栽培和地膜覆盖栽培模式过氧化氢酶活性显著高于常规栽培。谷子倒二叶不同栽培模式间的变化趋势与旗叶一致,倒三叶与倒二叶变化趋势一致,旗叶>倒二叶>倒三叶。(倒二叶、倒三叶 CAT 活性变化趋势与旗叶一致,故图省略)

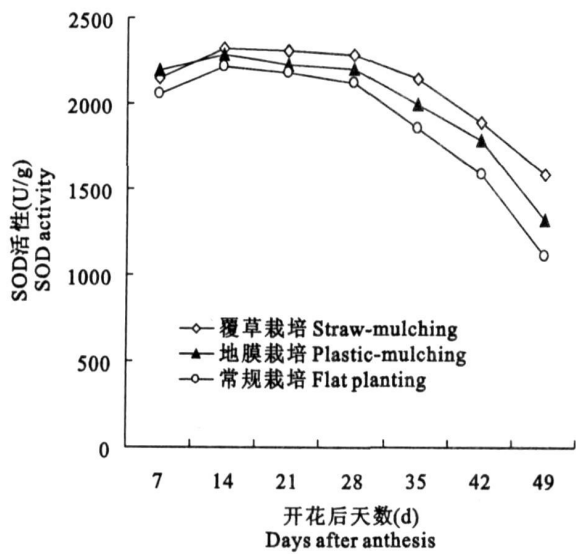


图 2 不同栽培条件下谷子旗叶超氧化物歧化酶活性变化
Fig.2 Change of SOD activity in foxtail millet leaves among different cultivation

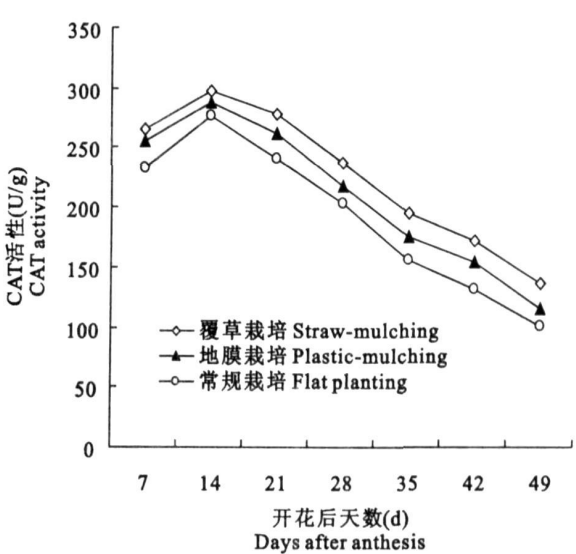


图 3 不同栽培条件下谷子叶片过氧化氢酶活性变化
Fig.3 Change of CAT activity in foxtail millet leaves among different cultivation

2.4 不同栽培模式下旗叶丙二醛(MDA)含量变化

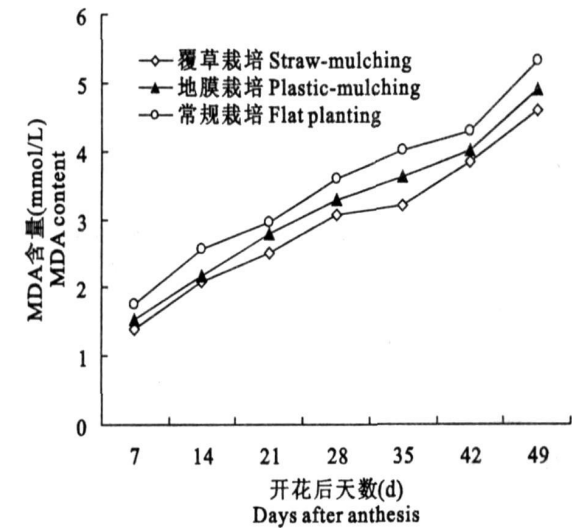


图 4 不同栽培条件下谷子旗叶丙二醛含量变化
Fig.4 Change of MDA content in foxtail millet leaves among different cultivation

图 4 表明,不同栽培模式下谷子随其植株的衰老,各旗叶中丙二醛含量持续上升,且不同栽培模式间差异较大。相对于常规栽培(CK),覆草栽培丙二醛含量积累速率较慢且含量低;地膜覆盖栽培在谷子生长后期丙二醛含量剧增。表明覆草栽培条件下谷子从开花至灌浆期间叶片膜脂过氧化程度低,细胞膜系统结构和功能受伤程度轻,植株生长代谢旺盛;且地膜覆盖栽培在谷子籽粒灌浆后期,叶片膜脂过氧化程度高,细胞膜系统结构和功能受伤程度重,

植株早衰。谷子倒二叶不同栽培模式间丙二醛含量变化趋势与旗叶一致,倒三叶与倒二叶变化趋势一致,旗叶<倒二叶<倒三叶。(倒二叶、倒三叶 MDA 含量变化趋势与旗叶一致,故图省略)

2.5 不同栽培模式下谷子产量变化

表 1 表明,不同栽培条件下谷子产量存在差异,覆草栽培极显著高于常规栽培和地膜覆盖栽培显著高于常规栽培;地膜覆盖栽培、覆草栽培与常规栽培呈极显著差异。覆草栽培下谷子穗数显著高于常规栽培和地膜覆盖栽培;地膜覆盖栽培穗数、覆草栽培和常规栽培呈极显著差异。不同栽培条件下谷子穗粒数差异不显著。覆草栽培谷子千粒重显著高于常规栽培和地膜覆盖栽培;地膜覆盖栽培千粒重、覆草栽培和常规栽培呈显著差异。本研究表明,不同栽培模式主要通过影响穗数和千粒重进而影响产量,穗粒数对产量影响较少。

3 结论与讨论

许多研究表明,植物衰老进程是活性氧代谢失调的过程,即体内活性氧如超氧化物阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$),过氧化氢(H_2O_2)、羟基自由基($\cdot OH$)、单线态氧(1O_2)等的产量增加,活性氧的清除剂(如 SOD、CAT、POD)、维生素 E、维生素 C 和胡萝卜素等含量或活性水平下降,活性氧的产生与清除动态平衡受到破坏,而出现活性氧积累,导致膜脂过氧化(MDA)加剧,致使植物组织衰老死亡^[3~5]。

表 1 不同栽培模式下谷子产量及构成因素
Table 1 Yield and yield components of foxtail millet among different cultivation modes

处 理 Treatment	穗 数 Panicle(万/hm ²)	穗粒数 Spike per panicle	千粒重 1 000-grain weight(g)	产量 Grain yield(kg/hm ²)
常规栽培 Flat planting(CK)	29.5±15C	1397±198C	2.63±0.6c	2350±289C
覆草栽培 Straw mulching	33.9±19 A	1594±216 A	3.25±0.7a	2493±299A
地膜覆盖栽培 Plastic-film mulching	31.5±16 B	1485±202 B	2.87±0.6b	2444±316B

注:数据后不同大小字母表示差异 0.05 和 0.01 显著水平(新复极差法)。
Note: Values followed by a different common and capital letter are significantly difference at 0.05 and 0.01 probability levels by respectively LSR method.

本试验表明,谷子顶三叶叶绿素含量、超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性均为旗叶>倒二叶>倒三叶,而丙二醛含量为旗叶<倒二叶<倒三叶。覆草栽培模式下,叶片叶绿素含量显著高于常规栽培(CK)和地膜覆盖栽培,灌浆后期叶绿素降解缓慢;灌浆后期超氧化物歧化酶活性下降速度较慢且活性显著高于常规栽培,谷子叶片过氧化氢酶活性显著高于常规栽培;丙二醛含量积累速率较慢且含量显著低于常规栽培;产量显著高于常规栽培,叶片衰老速度缓慢,代谢强度降低缓慢,有利于籽粒灌浆和光合产物的积累^[9]。地膜覆盖栽培模式下,在灌浆前期,叶绿素含量显著高于常规栽培,叶片保护性酶活性(SOD、CAT)均高于常规栽培,膜脂过氧化程度低;在灌浆后期,由于地膜覆盖后使地温升高,谷子叶片膜脂过氧化产物 MDA 含量增加^[15],脂膜相对透性增大,植株体内氧自由基明显积累。高温胁迫可诱导活性氧清除酶(SOD、CAT)活性下降,植株体内保护酶活性趋于衰弱,高温导致膜脂过氧化程度加剧,衰老速度加快。进一步研究表明,覆草栽培模式可改善土壤的生态环境,增强微生物活性,本研究也证实了这一点观点。地膜覆盖增产作用在一定程度上是以耗竭土壤肥力,特别是以土壤有机物质为代价。因此,在今后的研究应避免,连续地膜覆盖栽培,会造成土壤水分和养分过分耗竭,后期严重脱水、脱肥,导致收获指数和产量下降。

参 考 文 献:

[1] 冯佰利,高小丽,赵琳.干旱条件下不同温型小麦叶片衰老与活性氧代谢特性的研究[J].中国生态农业学报,2005,13(4):74—76.

[2] Muchow R C, Carberry D S. Enviromental control of phenology and leaf growth in a tropically aspected maize [J]. Field Crop Research, 1989, 20: 221—236.

[3] 代惠萍,冯佰利,高金锋.糜子叶片衰老与活性氧代谢研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):117—220.

[4] 杨淑慎,高俊凤.高等植物叶片的衰老[J].西北植物学报,2001,21(6):1271—1277.

[5] 鱼欢,冯佰利,张英.不同栽培模式下冬小麦叶片衰老与活性氧代谢研究[J].作物学报,2007,33(10):1729—1732.

[6] 王勇,樊廷录,王立明.旱源冬小麦周年覆膜穴播栽培技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):13—19.

[7] 牛俊义,李兴涛,盖王月.地膜覆盖栽培对春小麦叶片衰老特性的影响[J].麦类作物学报,2005,25(5):92—95.

[8] 武志杰,张海军,许广山.玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J].应用生态学报,2002,13(5):539—542.

[9] Giannoplitis C N, Ries S K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 309—314.

[10] 王爱国,罗广华,邵从本.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77—83.

[11] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:陕西科学技术出版社,2000:101—103.

[12] 苏正淑,张宪政.几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J].植物生理学通讯,1989,(5):77—78.

[13] 施特尔马赫.酶的测定方法[M].北京:中国轻工业出版社,1992:186—194.

[14] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. 1. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125: 189—198.

[15] 刘萍,郭文善,浦汉春.灌浆期高温对小麦剑叶抗氧化酶及膜脂过氧化的影响[J].中国农业科学,2005,38(12):2403—2407.

[16] 王爱国,罗广华,邵从本.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77—83.

[17] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:陕西科学技术出版社,2000:101—103.

[18] 施特尔马赫.酶的测定方法[M].北京:中国轻工业出版社,1992:186—194.

[19] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. 1. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125: 189—198.

[20] 刘萍,郭文善,浦汉春,等.灌浆期高温对小麦剑叶抗氧化酶及膜脂过氧化的影响[J].中国农业科学,2005,38(12):2403—2407.

Physiological effects of leaf senescence of foxtail millet
in different cultivation modes

JIA Gen-liang¹, DAI Hui-ping², SUN San-ming², ZHANG She-qi¹, FENG Bai-li³, REN Xue-min³, QIN Xiao-wei³
(1. College of Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Tongchuan Polytechnic College, Tongchuan, Shaanxi 727031, China;
3. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To study the physiological effects of leaf senescence and resistant parameters of foxtail millet in different cultivation modes, the experiment investigated the chlorophyll content, photosynthetic rate, SOD and CAT activities, MDA content and soluble protein content in the leaves of foxtail millet among three cultivation modes (flat planting, straw mulching, plastic-film mulching) with 80 kg N/hm² application and planting density of 120×10⁴~130×10⁴ plants/hm² on leaf senescence of the foxtail millet cultivar Gufeng 888. The results indicated that leaf senescence and reactive oxygen species metabolism varied with the cultivation modes. Compared with flat farming, straw mulching could increase leaf chlorophyll, slow the speed of leaf aging and the extent of declining metabolism. At the early filling stage, plastic-film mulching could increase leaf chlorophyll, enhance SOD and CAT activities, and lower the malondialdehyde (MDA) content. At the late filling stage, there were a remarkable decline of leaf chlorophyll, a quick leaf senescence and a marked increase of MDA. The SOD and CAT were involved in leaf senescence regulation, synergistically protecting the leaves by reducing the damage from reactive oxygen species, prolonging the functional period of leaves and increasing the yield and quality of foxtail millet.

Key words: cultivation mode; foxtail millet; leaf senescence

(上接第 124 页)

Effect of nitrogen application on accumulation and transportation of
photoassimilation and grain filling course

WU Qing-li¹, GAO Mao-sheng², LIAO Yun-cheng¹, WEN Xiao-xia¹
(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of forest, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Field experiment was conducted to investigate the effects of nitrogen application on accumulation and transportation of photoassimilation and characteristic of grain filling, using winter wheat Xinong 9814. The results indicated that the fitting nitrogen application (276 kg/hm²) increased the flag leaf's chlorophyll content and flag leaf's net photosynthesis, the fitting nitrogen application not only enhance the transportation and transport efficiency of dry matter stored in vegetative organs before anthesis, but also accelerate the dry matter stored in vegetative organs before anthesis transport to grain and increase the proportion of dry matter stored in vegetative organs before anthesis in grain, enhance the speed of grain filling; On the contrary nitrogen over-application (345 kg/hm²) decreased the flag leaf's chlorophyll content and flag leaf's net photosynthesis, restrained the transportation of dry matter stored in vegetative organs before anthesis to grain, decreased the speed of grain filling and grain weight.

Key words: nitrogen application; dry matter; grain filling property; accumulation and transportation

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>