

低施肥条件下秸秆还田对冬小麦旗叶衰老的影响

郑 伟, 张 静, 刘 阳, 温晓霞*, 廖允成, 高茂盛

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:通过田间小区试验,在低施肥常规田间管理条件下,研究了不同秸秆还田量下接茬冬小麦旗叶叶绿素(Chl)含量、净光合速率(P_n)、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量和可溶性蛋白(SP)含量的变化特征及其之间的关系。结果表明,低施肥常规田间管理条件下,接茬冬小麦旗叶叶绿素含量、净光合速率、超氧化物歧化酶活性和可溶性蛋白的变化随秸秆还田量的增加呈单峰趋势,过氧化物酶和丙二醛的变化随秸秆还田量的增加呈单谷趋势。秸秆还田对冬小麦旗叶衰老的影响主要是通过影响保护酶的水平,尤其是 POD 作用更大。在本试验条件下,玉米秸秆还田量为 9000kg/hm² 的处理各抗衰老性指标最好,抗衰老隶属函数综合评价价值最大,产量最高;玉米秸秆还田量为 15000kg/hm² 的处理各抗衰老性指标最差,抗衰老隶属函数综合评价价值最小,产量最低。在本地区低施肥常规田间管理下,9000kg/hm² 的玉米秸秆还田量对接茬冬小麦旗叶抗衰老性及增产较为适宜。

关键词:玉米秸秆还田;冬小麦;旗叶;衰老效应

文章编号:1000-0933(2009)09-4967-09 中图分类号:Q142, S314 文献标识码:A

Physiological effects of ploughing corn straw under soil on flag-leaf resistance of winter wheat under lowly applying fertilizer condition

ZHENG Wei, ZHANG Jing, LIU Yang, WEN Xiao-Xia*, LIAO Yun-Cheng, GAO Mao-Sheng

College of Agronomy, Northwest Sic-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shanxi 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4967 ~ 4975.

Abstract: The change characteristic and the relation of chlorophyll content, photosynthesis rate, SOD activity, POD activity, malondialdenhyde content and soluble protein were studied in the condition of lowly applying fertilizer under the convention management condition through field plot experiment. The results indicated that the change of docking-stubble winter wheat flag leaf chlorophyll, photosynthesis speed, SOD and soluble protein content assume the single peak tendency along with the increasing amount of Ploughing Corn Straw under Soil; the change of POD and MDA assume the single valley tendency along with the increasing amount of Ploughing Corn Straw under Soil in the condition of Lowly applying fertilizer under the convention management condition. The effects of Ploughing corn Straw under Soil on the wheat flag leaf senescence mainly are to influence the level of protection enzyme, particularly the POD. Under this test condition, the rate of 9000 kg wheat straw /hm² is best on each anti-senility target, the value of anti-senile membership function and the output; the rate of 15000 kg wheat straw /hm² is worst. Therefore, lowly applying fertilizer under the convention management in this area, ploughing corn straw under soil had the most favorable effect at the rate of 9000 kg wheat straw /hm².

Key Words: ploughing corn straw under soil; winter wheat; flag leaf; senescence effect

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30671227, 30300213, 30070439);国家教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-07-0700);国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD15B06);陕西省自然科学基金资助项目(2006C₁04)

收稿日期:2008-05-29; 修订日期:2009-04-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wenxiaxia6811@163.com

对化肥的过分依赖,过施、滥施化肥以及不合理的施用方法导致了严重的生态环境问题,如农产品品质下降、地下水污染、水体富营养化、温室气体释放及地区气候变暖等。同时,不可避免地对土壤产生负面影响,导致土壤退化^[1]、粮食减产,直接威胁到农业生产的持续发展。所以实行低肥和有机物料结合的肥料措施对农业生产有着重要的意义。秸秆还田对作物产量的长期效果已得到学术界的广泛认同,但短期存在与作物竞争养分的弊端。小麦生育后期叶片早衰是影响产量的重要因素之一,尤其是灌浆期功能叶(旗叶)的叶绿素降解对产量的影响尤为重要。近年来,关于秸秆还田的研究报道较多,主要集中在有机肥对土壤理化性状及作物产量等方面的研究,也取得了一定进展,但有机肥对作物叶片衰老的影响还未见报道^[2~7]。据此,本文研究了秸秆还田对作物叶片衰老的影响,测定分析了玉米秸秆翻压还田对接茬冬小麦灌浆期旗叶的一些衰老指标,以探究秸秆还田后对接茬作物功能叶衰老的调控机理及产量影响,为秸秆还田的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006 年 10 月中旬在西北农林科技大学农作一站标本区进行,作物种植方式为小麦-玉米一年两熟,玉米秸秆翻压前测定土壤(0~40cm)的基本肥力状况为:土壤有机质 9.28g/kg,速效氮 11.53mg/kg,速效钾 113.48mg/kg,速效磷 6.32mg/kg,pH7.35。

本试验共设 5 个处理,3 个重复。以处理 I 为对照,具体试验设置如下:

I 低肥常规耕作(施纯氮量为 138kg/hm²,去玉米秸秆,翻耕);

II I + 玉米秸秆 6000kg/hm²(鲜重,含水量为 64.87%);

III I + 玉米秸秆 9000kg/hm²;

IV I + 玉米秸秆 12000kg/hm²;

V I + 玉米秸秆 15000kg/hm²。

小区面积 64m²,长 8m,宽 8m,重复 3 次,随机排列,氮肥种类为尿素(46%),其它按常规田间管理措施。

2006 年 9 月下旬夏玉米收获后去茬,玉米秸秆用秸秆粉碎机粉碎 5cm 长后翻压 20cm 深还田,10 月 3 日人工播种冬小麦,品种为西农 2000。冬小麦开花期为 4 月 22 日~4 月 24 日,灌浆前期为 4 月 22 日~5 月 6 日,灌浆中期为 5 月 6 日~5 月 13 日,灌浆末期为 5 月 13 日~5 月 20 日。

1.2 项目测定及方法

1.2.1 旗叶叶绿素含量的测定

从 2007 年 4 月 22 日(花期)开始,每 7d 测定 1 次,到 5 月 20 日(蜡熟期)为止。采用 80% 的丙酮直接浸提法^[7~10],721 型分光光度计比色测定。

1.2.2 旗叶光合速率的测定

从 2007 年 4 月 22 日(灌浆前期)开始,每 7d 测定 1 次,到 5 月 20 日(蜡熟期)为止(以下采样测定时间同上)。每小区选取生长一致的旗叶 6 片挂牌标记。每次测定于北京时间 10:00 开始,所用仪器为 Li-6400 (Li-Cor Inc,美国)便携式光合测定仪。

1.2.3 旗叶 SOD 活性的测定

SOD 活性测定参照 Gisnopoliti^[11]及王爱国^[12]的方法:恒温 30℃,4000lx 荧光灯下照光 15mins,测 560nm 处的光密度,以反应抑制氮蓝四唑(NBT)光化还原 50% 的酶量为 1 个酶活力单位,用 U·g⁻¹FW 表示。

1.2.4 旗叶 POD 活性的测定

POD 活性测定用愈创木酚法^[13],以每分钟内引起 POD₄₇₀变化 0.01 的酶量为 1 个酶活力单位,用 U·g⁻¹FW 表示。

1.2.5 旗叶丙二醛含量(MDA)的测定

MDA 含量测定参照 Heath 和 Packer^[9,10]的方法。

1.2.6 旗叶可溶性蛋白含量的测定

采用 Read 的考马斯亮蓝法^[9,10]。

1.2.7 抗衰老性综合评价

运用模糊数学中的隶属函数法对各指标进行综合评价^[14,15]。其计算标准如下:

$$U_{(ijk)} = \frac{U_{ijk} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \quad (1)$$

式中, $U_{(ijk)}$ 为第 i 个处理第 k 个采样时期下第 j 项指标的隶属度, X_{ijk} 为 I 处理 j 性状第 k 个采样时期下的测定值; X_{jmin} , X_{jmax} 为 j 项指标的最大值和最小值。

$$W_{ij} = \frac{CV_{ij}}{\sum_{i=1}^n CV_{ij}} \quad (2)$$

式中, W_{ij} 为第 I 处理 j 性状的权重系数; CV_{ij} 为第 I 处理 j 性状的变异系数; $\sum_{i=1}^n CV_{ij}$ 为各指标变异系数之和。

然后将各处理各测定时期下所有性状的抗衰老隶属值进行累加后乘以各指标权重系数, 求其平均值。

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{(ijk)} \times W_{ij} \quad (3)$$

式中, $\bar{X}_i$ 为 i 品种的抗衰老隶属函数, $\bar{X}_i$ 大则抗衰老性强, 另外, 如某一指标与抗衰老性为负相关, 可用反隶属函数计算其抗衰老隶属函数值:

$$U_{(ijk)} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{kmin}}{X_{kmax} - X_{kmin}} \quad (4)$$

最后同上也是求出其平均抗衰老隶属函数, 平均数越大, 抗衰老性越强。

1.3 数据分析

数据用 SAS 8.01 统计分析软件和 Excel2003 进行处理。

2 结果与分析

2.1 各处理对冬小麦旗叶绿素含量和光合速率的影响

一定程度上, 叶绿素含量的高低反映了叶片光合速率的大小, 也是叶片衰老的重要指标^[16]。叶片中叶绿素含量的降解速度在一定程度上反映了叶片衰老的快慢。各处理冬小麦旗叶的叶绿素含量在小麦开花期升高, 灌浆前期平缓下降, 灌浆中、末期迅速下降如(图 1A), 其变化趋势与已报道冬小麦叶绿素含量变化规律一致^[17]。旗叶绿素含量在灌浆中、末期的下降速率能够很好的反映叶片后期衰老性, 下降幅度小的叶片, 衰老的慢、功能期长。在灌浆中期, 各处理旗叶绿素含量下降幅度为处理 III (10.4%) < 处理 IV (18.6%) < 处理 II (21.6%) < 处理 I (32.7%) < 处理 V (37.8%); 在灌浆末期, 各处理旗叶绿素含量下降幅度依次为处理 V (33.8%) < 处理 I (35.9%) < 处理 III (36.0%) < 处理 II (40.6%) < 处理 IV (44.5%); 在花期-灌浆期, 各处理平均叶绿素含量大小依次为处理 III (3.10 mg/g) > 处理 IV (2.91 mg/g) > 处理 II (2.87 mg/g) > 处理 I (2.65 mg/g) > 处理 V (2.57 mg/g)。由以上分析可得, 在低施肥常规田间管理条件下, 适量的玉米秸秆还田(如处理 III 9000 kg/hm²)能抑制叶片叶绿素的降解, 对叶片的抗衰老正效应最强。

各处理旗叶光合速率在冬小麦开花期升高, 至灌浆前期达到最高, 而后随着灌浆进程逐渐下降(图 2B)。此变化与已报道冬小麦旗叶光合速率变化规律一致^[18]。旗叶光合速率在灌浆期的下降速率的大小能够很好的反映叶片衰老快慢。灌浆中期各处理旗叶光合速率下降表现为处理 III 8.35 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ < 处理 IV 8.80 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ < 处理 II 9.28 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ < 处理 I 10.05 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ < 处理 V 10.30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 在灌浆中期, 各处理旗叶光合速率下降幅度为处理 III (23.1%) < 处理 IV (25.3%) < 处理 II (26.0%) < 处理 I (29.3%) < 处理 V (30.7%)。在花期-灌浆期, 各处理平均光合速率大小为处理 III 15.85 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ >

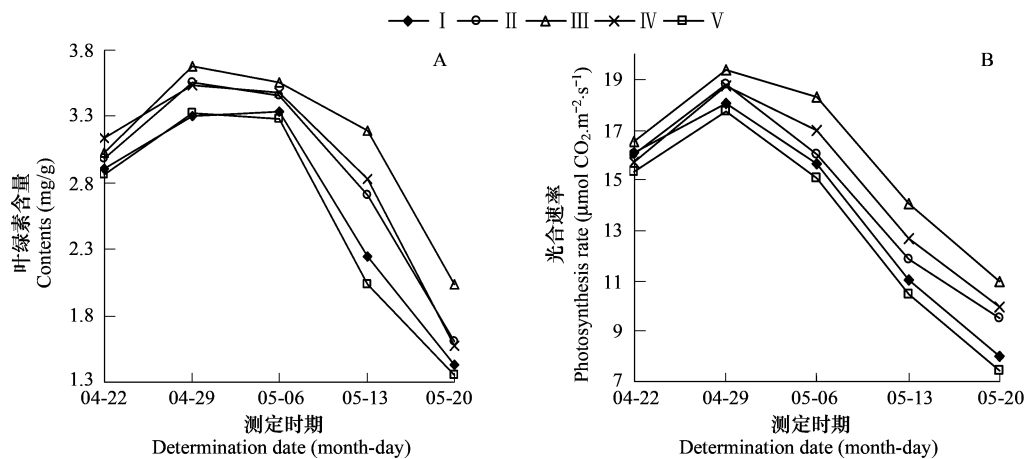


图1 花后各处理叶绿素含量和光合速率的变化

Fig. 1 Change of chlorophyll content and photosynthesis rate after flower in different treatment

处理Ⅳ $14.81 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ > 处理Ⅱ $14.45 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ > 处理Ⅰ $13.77 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ > 处理Ⅴ $13.20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。说明在低施肥常规田间管理下,冬小麦旗叶光合速率随秸秆还田量的增加而增大,但还田量达到一定数量时其光合速率随秸秆还田量的增加而降低,其变化规律与叶绿素含量变化表现一致。在整个测定期,处理Ⅲ旗叶平均光合速率最高,光合速率下降最小,处理Ⅴ平均光合速率最高,光合速率下降最小。这说明适量的玉米秸秆还田(如处理Ⅲ $9000 \text{kg}/\text{hm}^2$)可以延缓接茬冬小麦旗叶灌浆期光合速率的下降,提高光合速率,但还田量过高反而促进了叶片光合速率的下降,光合速率较低。

2.2 各处理对冬小麦旗叶 SOD 和 POD 活性的影响

随冬小麦开花后时间的推移,各处理旗叶 SOD 活性持续下降(图 2A),此规律与前人已报道的一致^[19,20]。在灌浆前期和末期,SOD 活性下降幅度较中期大。在花期-灌浆期,各处理 SOD 平均活性为处理Ⅲ ($358.60 \mu\text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{h}^{-1}$) > 处理Ⅱ ($338.41 \mu\text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{h}^{-1}$) > 处理Ⅳ ($337.01 \mu\text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{h}^{-1}$) > 处理Ⅰ ($311.41 \mu\text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{h}^{-1}$) > 处理Ⅴ ($287.40 \mu\text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{h}^{-1}$)。灌浆末期,各处理 SOD 平均活性下降幅度为,处理Ⅲ (31.7%) < 处理Ⅳ (34.1%) < 处理Ⅱ (40.3%) < 处理Ⅰ (44.6%) < 处理Ⅴ (50.8%)。

小麦开花后叶片衰老过程中,POD 活性呈上升趋势^[19,20],本试验各处理 POD 活性也表现同样的规律(图 2B)。在花期,各处理旗叶 POD 活性大幅度增加,到了灌浆前期缓和下降,中后期有进入剧增阶段。在整个灌浆期,各处理 POD 平均活性为,处理Ⅲ $384.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$ < 处理Ⅳ $393.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$ < 处理Ⅰ $407.47 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$ < 处理Ⅱ $420.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$ < 处理Ⅴ $433.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$ 。各处理灌浆中期较前期的变化值大小为,处理Ⅲ ($83 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$) < 处理Ⅱ ($103 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$) < 处理Ⅳ ($117 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$) < 处理Ⅰ ($130 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$) < 处理Ⅴ ($156 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM} \cdot \text{min}^{-1}$)。灌浆中、后期各处理 SOD 平均活性上升幅度为,处理Ⅲ (201%) < 处理Ⅱ (259%) < 处理Ⅳ (291%) < 处理Ⅰ (308%) < 处理Ⅴ (319%)。

2.3 各处理对对冬小麦旗叶丙二醛和可溶性蛋白含量的影响

丙二醛(MDA)含量可作为膜质过氧化的指标^[19],其含量的高低反映了膜质过氧化的程度,叶片 MDA 含量变化也可以反映了作物衰老的情况。各处理旗叶 MDA 含量表现为,小麦开花期下降,灌浆前、中期缓和上升,灌浆末期迅速上升的趋势(图 3A)。在灌浆中、前期,各处理旗叶 MDA 含量变化量分别为,处理Ⅰ $1.53 \text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$,处理Ⅱ $1.63 \text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$,处理Ⅲ $1.62 \text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$,处理Ⅳ $1.83 \text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$,处理Ⅴ $1.57 \text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。在灌浆末期,各处理旗叶 MDA 含量增加依次表现为,处理Ⅲ (86.6%) < 处理Ⅱ (104.9%) < 处理Ⅳ (106.7%) < 处理Ⅰ (121.1%) < 处理Ⅴ (122.2%)。可以看出,在灌浆中前期,各处理旗叶 MDA 含量变化无显著差异,而到了灌浆末期差异较为明显,其中处理Ⅱ的秸秆还田量效果最好。适宜的秸秆处理有利于抑制膜质过氧化。

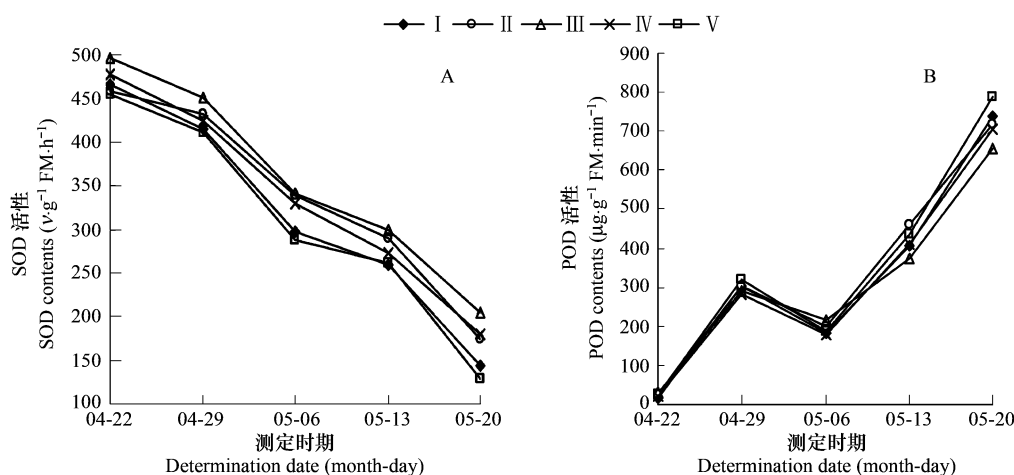


图2 花后各处理 SOD 活性和 POD 活性的变化

Fig. 2 Active change of the SOD and the POD after the flower in different treatment

在小麦开花之后,各处理可溶性蛋白含量持续降低(图3B)。在开花期和灌浆前期,各处理除可溶性蛋白含量有着一定的差异外,其变化幅度无明显差异。在灌浆中期,各处理可溶性蛋白含量变化幅度差异明显,各处理下降幅度依次为,处理Ⅲ(18.6%) < 处理Ⅱ(23.7%) < 处理Ⅳ(26.3%) < 处理Ⅰ(37.5%) < 处理Ⅴ(39.2%)。在花期-灌浆期,各处理可溶性蛋白平均含量依次为,处理Ⅲ(26.1mg/g) > 处理Ⅱ(24.62mg/g) > 处理Ⅳ(24.29mg/g) > 处理Ⅰ(22.91mg/g) > 处理Ⅴ(22.28mg/g)。看来在其它条件不变的情况下,叶片中可溶性蛋白含量随着秸秆还田量的增加呈单峰变化(先增加后降低的变化趋势)。

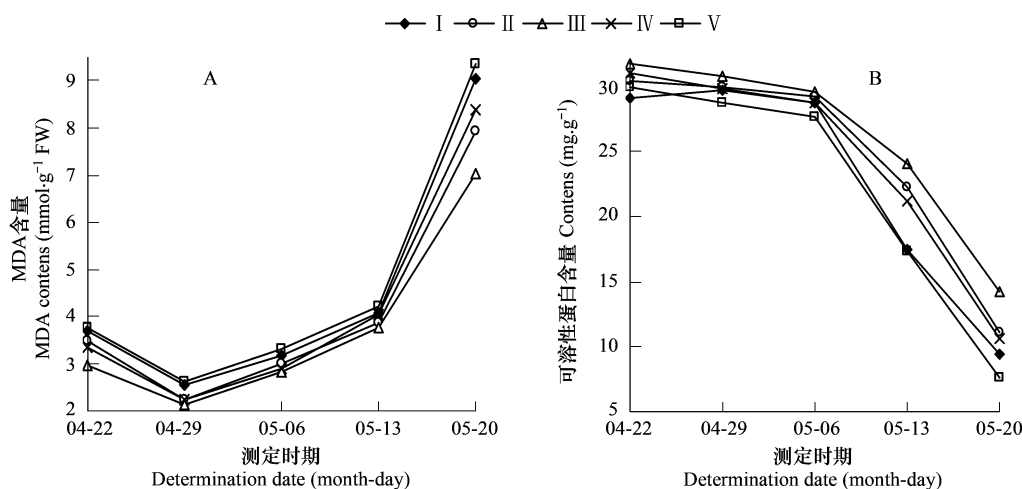


图3 花后各处理丙二醛和可溶性蛋白的含量变化

Fig. 3 Content change of malondialdehyde and soluble protein after the flower in different treatment

2.4 光合速率与其它已测生理指标的相关性分析

由表1可知,冬小麦旗叶开花后光合速率与叶绿素含量、可溶性蛋白含量和超氧化物歧化酶活性呈显著正相关,且随着秸秆还田量的加大,其相关系数呈单谷变化(即先减小后正增大)。光合速率与过氧化物酶和丙二醛的含量呈显著负相关,随着秸秆还田量的加大,光合速率与过氧化物酶的相关系数呈单谷变化,而与丙二醛含量的相关系数呈单峰变化(即先增大后减小)。

2.5 各处理冬小麦旗叶抗衰老性的综合评价

植物衰老性是许多因素综合作用的结果,评价指标和方法的选取较多。本研究采用经常用的隶属函数法

并结合各个测定指标的权重系数,综合评价各处理冬小麦的抗衰老性。隶属函数值越大,抗性就越强^[21,22]。表2为各个处理冬小麦旗叶各测定指标的隶属函数平均值和综合抗衰老隶属函数值。根据其隶属函数值大小得出各处理抗衰老性强弱依次为:Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>Ⅰ>Ⅴ,从各测定指标的隶属函数平均值来看,处理Ⅲ有较强的抗衰老性。各个测定指标的权重的系数大小表明,测定指标中,过氧化物酶对各处理抗衰老隶属函数值差异贡献最大,且显著大于其他指标,超氧化物歧化酶对各处理抗衰老隶属函数值差异贡献影响次之。说明适量秸秆处理主要是通过影响细胞内的保护酶水平来影响叶片的衰老。

表1 光合速率与其它已测生理指标的相关性分析

Table 1 The relevant analysis about the photosynthesis speed with others

处理 Treatment	叶绿素 Chlorophyll	超氧化物歧化酶 SOD	过氧化物酶 POD	丙二醛 MDA	可溶性蛋白 Soluble protein
I	0.9624	0.8928	-0.8260	-0.8821	0.9822
II	0.9281	0.9010	-0.7798	-0.8840	0.9206
III	0.9263	0.7713	-0.7285	-0.9397	0.9165
IV	0.9400	0.8135	-0.7689	-0.9143	0.9203
V	0.9730	0.8809	-0.8108	-0.8803	0.9615

表2 各处理旗叶抗衰老性的综合评价

Table 2 Flag leaf anti-senile synthesis appraisal in different treatment

处理 Treatment	隶属度平均值 Means of subjection-function values ratio						抗衰老隶属函数值
	叶绿素 Chl	光合速率 Pn	超氧化物歧化酶 SOD	过氧化物酶 POD	丙二醛 MDA	可溶性蛋白 SP	
I	0.5605	0.4966	0.4617	0.5811	0.3368	0.5963	0.0759
II	0.7328	0.5702	0.5748	0.4952	0.4925	0.7315	0.0867
III	0.8761	0.7594	0.6353	0.5905	0.5456	0.8049	0.1014
IV	0.7578	0.6315	0.5606	0.6071	0.4333	0.6874	0.0901
V	0.5133	0.4401	0.4069	0.5179	0.3140	0.540	0.0682
权重系数 Weighting coefficient	0.0167	0.0224	0.0276	0.0386	0.0237	0.0206	

2.6 各处理冬小麦产量对比

从表3可以看出,除处理Ⅱ与处理Ⅳ的产量差异不显著外,其他各处理的产量均达到显著差异,处理Ⅲ产量最高,处理Ⅴ产量最低。各处理较对照增产依次为,处理Ⅲ(7.47%)>处理Ⅱ(1.98%)>处理Ⅳ(1.67%)>处理Ⅴ(-2.16%)。结果表明,适量的秸秆还田(如处理Ⅲ玉米秸秆还田量为9000kg/hm²)较未施秸秆和施入少量或过量的秸秆处理有显著的增产效果。由于适量秸秆还田对接茬冬小麦旗叶衰老有抑制作用,进而旗叶的光合能力加强,产量提高。

3 讨论

冬小麦籽粒干物质的70%~80%是在抽穗后形成的,其中1/3由旗叶供给,因此冬小麦旗叶功能期的长短,尤其是开花后功能叶的寿命,对冬小麦籽粒产量有着重要作用。本试验结果表明,在低施肥常规田间管理下,不同秸秆还田量还田后冬小麦旗叶叶绿素含量不同,在整个测定期,处理Ⅲ旗叶叶绿素含量最高,叶绿素降解最慢,处理Ⅴ旗叶叶绿素含量最低,叶绿素降解最快。表明适量的秸秆还田有利于提高

表3 各处理产量对比

Table 3 Wheat yield with straw into field treatment

处理 Treatment	产量 Yield(kg/hm ²)
I	6401.9c
II	6528.7b
III	6880.2a
IV	6508.9b
V	6263.3d

小写字母表示,在0.05水平上差异显著 normal letters show significant differences at $P=0.05$

叶绿素含量,抑制叶绿素的丧失。不同处理旗叶光合速率与叶绿素含量的变化趋势大体致,适量的玉米秸秆还田延缓了冬小麦旗叶光合速率的下降幅度。

许多植物衰老叶片中丧失的蛋白质主要是可溶性蛋白。丧失可溶性蛋白主要是 RuBisCO,它位于叶绿体间质中,在叶片衰老前,它作为光合作用的关键酶为植物固定 CO_2 做出贡献^[23]。因此叶片自然衰老过程中可溶性蛋白含量的变化可以作为叶片衰老程度的指标。本试验研究表明,可溶性蛋白质含量的下降要比叶绿素的降解早一周左右,这与张承烈等^[24,25] 研究结果一致。随着秸秆还田量的增加,叶片可溶性蛋白的丧失呈现单峰变化。在冬小麦开花期,叶绿素的生长未能抑制可溶性蛋白的丧失,叶绿体间质中的可溶性蛋白对叶片的总蛋白的丧失贡献不大,此期间叶片丧失的可溶性蛋白可能主要是部分 II 蛋白^[26]。适量的秸秆还田抑制叶片可溶性蛋白的丧失,不仅抑制了叶绿体间质的部分 I 蛋白的丧失也有效的抑制了部分 II 蛋白的丧失。

超氧化物歧化酶(SOD)广泛存在于需氧代谢细胞中,是保护酶系统中的关键酶,能清除活性氧自由基而起保护细胞的作用。过氧化物酶(POD)能清除 H_2O_2 ,它与 SOD 协同作用,共同维持植物体内活性氧的平衡^[27]。本试验研究表明,在低施肥条件下,随着秸秆还田量的增加冬小麦旗叶 SOD 活性增大,在冬小麦灌浆后期旗叶 SOD 活性下降幅度缓慢,但秸秆还田超过一定量($9000\text{kg}/\text{hm}^2$)时,SOD 活性开始下降,且后期 SOD 活性下降幅度加大;适量的秸秆还田对旗叶自然衰老后期 POD 活性有抑制作用,尤其在灌浆中前期旗叶 POD 活性保持较稳定的水平。

通过运用隶属函数法对各指标进行综合评价,结果表明处理 III 能有效抑制冬小麦后期旗叶衰老,处理 V 的冬小麦抗衰老能力最弱。高茂盛等^[28] 的研究表明适宜的秸秆还田量能较好地保持土壤肥力和水分,使冬小麦开前发育成较壮个体,在营养期向生殖期过度时养分亏缺较低,从而保护酶水平较高,膜系统破坏轻,所以叶片抗衰老性较强。在抗氧化酶系统中,POD 比 SOD 对旗叶的衰老影响较大,此结果与施大伟^[29] 等人及高茂盛^[28] 等人的研究结论一致。

4 结论

在低施肥常规田间管理下,与接茬冬小麦旗叶抗衰老性正相关的指标随秸秆还田量的增加呈单峰趋势,与接茬冬小麦旗叶抗衰老性负相关的指标随秸秆还田量的增加呈单谷趋势。各测定指标中,抗氧化酶系统对旗叶的衰老影响较大,尤其是 POD 对旗叶的衰老影响最大。各处理产量的变化也表现一致的趋势,间接地反映了作物抗衰老性的情况。适量秸秆还田(处理 III)抗衰老性最强,产量显著高与其他处理,而过量的秸秆还田(处理 V)抗衰老性最差,产量也最低。本试验表明,在本地区低施肥常规田间管理下, $9000\text{kg}/\text{hm}^2$ 的玉米秸秆还田量对接茬冬小麦旗叶抗衰老性最佳,产量最高。

References:

- [1] Lai R, Stewart B A. eds. Soil Degradation. Advances in Soil Science, 1990. 11:1—12.
- [2] Li L L, Huang G B, Zhang R Z. Effect of no-till with stubble retention on soil water regimes in rain fed areas. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(5): 94—97.
- [3] Huang Q, *et al.* The effect on soil fertilization of crop stalks returning to fields. Journal of Shihezi University (Nat. Sci. ed.), 2006, 24(3): 277—279.
- [4] Ma Y L, Shi H K, Zhang S K, *et al.* Whole maize straw addition the changes of soil physical and chemical properties and the effect on winter wheat. Journal of China Agricultural University, 2003, 8(s): 42—46.
- [5] Gao Y J, Li SH X, Li S Q. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on winter wheat yield under straw mulch. Chin J Appl Ecol, 2005, 16(8): 1450—1454.
- [6] Liu Z X, Zheng Z P, Wang J. Effect of interaction between water and fertilizer on wheat and maize semiarid region of western Liaoning. Chin J Appl Ecol, 2000, 11(4): 540—544.
- [7] Li X M, Xu C X, Li K Y. Effect of water and fertilizer on economic properties of winter wheat in Loess Plateau galley region. Chin J Appl Ecol, 1999, 10(3): 309—311.
- [8] Guo Z Y. Shanxi soil. Beijing: Scientific Press, 1992.

- [9] Gao J F. Psychophysiology experiment technology. Guangzhou: World Books Press, 2000.
- [10] Hao Z B, Cang P, Xu Z. Psychophysiology experiment. Haerbin: Haerbin Industrial University Press, 2004.
- [11] Gismopolitis C, Nries S K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plant. Psychophysiology, 1977, 59:309.
- [12] Wang A G, Lou G H, Shao C B, *et al.* Study on superoxide dismutase of soybean seeds. Acta Phytophysiological Sinica, 1983, 9(1):77—84.
- [13] Amalo K, Chen G X, Asade K. Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplastic and cytosolic isohyets of ascorbate peroxidase in plants. Plants Cell Physiology, 1994, 35:497—504.
- [14] Li Y. The identification method and index for crop drought resistance. Agricultural Research in the Arid Areas, 1993, 11(1):91—99.
- [15] Duan B H, Yin W L, Han B P, *et al.* Drought tolerance of six cool-season turf grasses under different consistency PEG-6000 solutions. Grassland and Turf, 2005, 112(5):38—45.
- [16] Wang F H, Ren D C, Wang X Q. Effect of applying fertilizer on root activity, delaying the senescence of the flag leaf and yield in winter wheat. Journal of Triticeae Crops, 2001, 21(3):51—54.
- [17] Niu L Y, Rr Z G. Study on Wheat leaf chlorophyll content changes of systems. Journal of Tritical Crops, 1999, 19(2):36—38.
- [18] Zuo T X, Dai Y B, Jiang D. Effects of nitrogen and potassium application levels on flag leaf photosynthetic characteristics after anthesis in winter wheat. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(10):1667—1673.
- [19] Yang S S, Gao J F, Li X J. Leaf senescence and protective enzyme system of spring Wheat Hybrid. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(3):460—463.
- [20] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts, kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry & Biophysics, 1968, 125:189—198.
- [21] Su G X, Hong F S. Evaluation of salt tolerance for partial mulberry varieties with subordinate function. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2002, 18(1):42—47.
- [22] Zhang W E, Wang F, Pan X J, *et al.* Comprehensive evaluation on coldhardiness of vitis species by subordinate function. Journal of Fruit Science, 2007, 24(6):849—853.
- [23] Makino A, Mac T, Ohire K. Changes in photosynthetic capacity in rice leaves from emergence through senescence-analysis from ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase and leaf conductance. Plant Cell Physiol, 1984, 25:511—514.
- [24] Zhang C L, Yang C D, Liang H G. The relationship between senescence and membrane lipid peroxidation in detached cotyledons of radish. Acta Phytophysiological Sinica, 1990, 16(3):227—232.
- [25] Lu D Z, Pan Y C, Ma Y F, *et al.* Physiological and biochemical studies on leaf senescence at heading and grain formation stage In Hybrid Rice. Scientia Agricultura Sinica, 1988, 4(2):21—26.
- [26] Lu D Z, Fu J R, S S Q. Aging plant and its control? Beijing: Chinese Agriculture Press, 1997.
- [27] Lin Z F, Li S S, Lin G Z, *et al.* Superoxide dismutase and lipid peroxidation in relation to senescence of rice leaves. Journal of Integrative Plant Biology, 1984, 26(6):605—615.
- [28] Gao M S, Li Y C, Wu Q L, *et al.* Physiological Effects of Ploughing Wheat Straw under Soil on Flag-Leaf Resistance of Winter Wheat under Wheat-Summer Corn Rotation. Acta Bot. Boreal-occident. Sin., 2007, 27(2):0303—0308.
- [29] Shi D W, Cheng G X, Zhang C Z. Comparison of Physiological Properties between Two High-yield Wheat Varieties during Flag Natural Senescence. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2005, 14(2):23—26.

参考文献:

- [2] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作农田水分的影响. 水土保持学报, 2005, 19(5):94—97.
- [3] 黄琴, 等. 秸秆还田对土壤肥力的影响. 石河子大学学报(自然科学版), 2006, 24(3):277—279.
- [4] 马永良, 师宏奎, 张书奎, 等. 玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响. 中国农业大学学报, 2003, 8(s):42—46.
- [5] 高亚军, 李生秀, 李世清. 农田秸秆覆盖对冬小麦水氮效应的影响. 应用生态学报, 2005, 16(8):1450—1454.
- [6] 刘作新, 郑昭佩, 王建. 水肥互作对辽西半干旱区小麦和玉米的影响. 应用生态学报, 2000, 11(4):540—544.
- [7] 李向民, 许春霞, 李开元. 黄土高原沟壑区水肥因子对冬小麦经济性状的影响. 应用生态学报, 1999, 10(3):309—311.
- [8] 郭兆元. 陕西土壤. 北京: 科学出版社, 1992.
- [9] 高俊凤. 植物生理实验技术. 广州: 世界图书出版社, 2000.

- [10] 郝再彬,苍品,徐仲. 生理学实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [12] 王爱国,罗广华,邵从本,等. 大豆种超氧化物歧化酶的研究. 植物生理学报,1983,9(1):77~84.
- [14] 黎裕. 作物抗旱性指标及鉴定方法. 干旱地区农业研究,1993,11(1):91~99.
- [15] 段碧华,尹伟伦,韩宝平,等. 不同 PEG-6000 浓度处理下几种冷季型草坪草抗旱性比较研究. 草原与草坪,2005,112(5):38~45.
- [16] 王法宏,任德昌,王旭清,等. 施肥对小麦根系活性、延缓旗叶衰老及产量的效应. 麦类作物学报,2001,21(3):51~54.
- [17] 牛立元,茹振钢. 小麦叶片叶绿素含量系统变化规律研究. 麦类作物学报, 1999, 19(2):36~38.
- [18] 邹铁祥,戴廷波,姜东. 氮钾水平小麦花后旗叶光合特性的影响. 作物学报,2007,33(10):1667~1673.
- [19] 杨淑慎,高俊凤,李学俊. 杂交春性小麦叶片衰老与保护酶系统活性的研究. 中国农业科学,2004,37(3):460~463.
- [21] 苏国兴,洪法水. 桑品种耐盐性的隶属函数法之评价. 江苏农业学报,2002,18(1):42~47.
- [22] 张文娥,王飞,潘学军,等. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性. 果树学报,2007,24(6):849~853.
- [24] 张承烈,杨成德; 梁厚果. 萝卜离体子叶衰老与膜脂过氧化的关系. 植物生理与分子生物学学报,1990,16(3):227~232.
- [25] 陆定志,潘裕才,马跃芳,等. 杂交水稻抽穗结实期间叶片衰老的生理生化研究. 中国农业科学,1988, 4(2):21~26.
- [26] 陆定志,傅家瑞,宋松泉. 植物衰老及其调控. 北京:中国农业出版社,1997.
- [27] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系. 植物学报, 1984, 26(6):605~615.
- [28] 高茂盛,廖允成,吴清丽,等. 麦秸翻压还田对隔茬冬小麦旗叶抗性的生理效应. 西北植物学报,2007,27(2):0303~0308.
- [29] 施大伟,陈国祥,张成军,等. 两种高产小种旗叶自然衰老过程中生理特性的比较. 西北农业学报, 2005. 14(2): 23~26.