

不同秸秆覆盖量对旱地小麦生理生化特性的影响

王贺正, 张 均, 徐国伟, 马 超, 黄 明, 李友军, 陈明灿, 付国占

(河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471023)

摘 要:为了阐明秸秆覆盖对小麦生理生化特性的影响,筛选出适宜豫西旱地小麦高产栽培的秸秆覆盖量,以豫麦49-198为材料,采用大田试验,设置5个秸秆覆盖量水平(不覆盖为对照(I)、2 000 kg·hm⁻²(II)、4 000 kg·hm⁻²(III)、6 000 kg·hm⁻²(IV)、8 000 kg·hm⁻²(V)),研究了小麦抽穗期后旗叶SPAD值和光合速率、可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白质、丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性等生理生化特性和产量特征。结果表明:小麦抽穗后,在一定秸秆覆盖量范围内随覆盖量的增加,各处理总体表现为小麦旗叶SPAD值升高,净光合速率增强,可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质含量升高,MDA含量降低,SOD、CAT和POD活性增强,小麦产量增加;且秸秆覆盖处理,除MDA含量减少外,其余各指标均较对照有所增加,但覆盖量超过一定水平后,各指标增幅(降幅)不明显。处理IV的各指标均优于其它覆盖处理并与对照有显著差异。综合分析可知,在豫西旱地生态条件下,6 000 kg·hm⁻²为最佳秸秆覆盖量。

关键词: 秸秆覆盖;旱地小麦;生理生化特性;产量

中图分类号: S512.1;S504.8 **文献标志码:** A

Effect of straw mulching rates on physiological and biochemical characteristics of wheat in dryland

WANG He-zheng, ZHANG Jun, XU Guo-wei, MA Chao, HUANG Ming,
LI You-jun, CHEN Ming-can, FU Guo-zhan

(College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023, China)

Abstract: To better understand the effects of straw mulching on physiological and biochemical characteristics of wheat and obtain optimal straw mulching rate for the best cultivation of wheat in dryland in the western Henan Province. The cultivar, Yumai 49-198 was used as test wheat crop with 5 straw mulching rates, 0 kg·hm⁻²(I), 2 000 kg·hm⁻²(II), 4 000 kg·hm⁻²(III), 6 000 kg·hm⁻²(IV), 8 000 kg·hm⁻²(V). The influence of straw mulching rates on physiological and biochemical indexes in different stages after heading of Yumai 49-198 and the yield were studied. The results showed that increasing straw mulching rates below 6 000 kg·hm⁻² increased chlorophyll content, photosynthetic rates, contents of soluble sugar, proline, soluble protein, the activities of superoxide dismutase(SOD), peroxidase(POD), and catalase(CAT) and wheat yield. It decreased malonaldehyde(MDA) content. Straw mulching rates above 6 000 kg·hm⁻² did not significantly impact these indexes. Consequently, straw mulching rate of 6 000 kg·hm⁻² was the most optimal rate in dryland of the western Henan.

Keywords: straw mulching; winter wheat in dryland; physiological and biochemical characteristic; yield

秸秆覆盖是保护性耕作中关键技术之一,能有效利用农作物残茬,减少传统焚烧秸秆造成的环境污染和资源浪费。大量研究证实秸秆覆盖可以增

加土壤含水量,提高土壤有机质含量,培肥地力,改善土壤结构,调节土温,对作物的产量产生明显影响^[1-4]。在玉米上的研究表明,秸秆覆盖能提高玉

米叶片净光合速率、最大光化学效率、实际光化学效率,提高单株干物质积累量,增加玉米穗长和穗粒数,具有增产效应^[5];秸秆覆盖能增加玉米叶片可溶性蛋白质和可溶性糖含量,提高 SOD、POD、CAT 活性,降低 MDA 的含量^[6]。武际等^[7]、代家凤等^[8]在水稻上研究认为,秸秆覆盖处理的水稻植株生长发育好,叶绿素含量高,光合功能强,叶功能期延长,光合产物积累增加,产量高。吴晓丽等^[9]研究表明,秸秆覆盖能显著增加干旱年份小麦干物质积累量,改善根系生长状况,抑制花后旗叶叶绿素降解,延缓后期叶片衰老,从而有利于小麦产量形成。王健波等^[10]研究认为,秸秆覆盖可提高小麦光能截获能力,增强净光合效率、瞬时水分利用效率及干物质积累与转运,协调产量构成因素之间的关系。秸秆覆盖能提高小麦 SOD、POD、CAT 等保护酶活性,降低 MDA 伤害和细胞膜透性,延缓小麦上部叶片衰老,延长叶片功能期,增加成穗数、每穗粒数、千粒重,提高产量^[2,11]。前人较多地研究了秸秆覆盖对小麦生长发育和产量的影响,不同学者提出的适宜小麦生长发育和产量提高的秸秆覆盖量存在较大差异^[12-14],而适宜豫西旱地小麦生产的秸秆覆盖量未见报道。小麦是豫西主要粮食作物之一,但由于该区属丘陵旱区,年降雨量少,旱灾发生频繁,土地瘠薄,耕性差,有机质含量低,严重制约着小麦产量的提高。本研究通过设置不同秸秆覆盖量研究了小麦生理生化特性及产量的变化特征,为阐明小麦生育后期旗叶生理生化特性及产量对不同秸秆覆盖量的响应机制,筛选适宜豫西旱地小麦高产栽培的秸秆覆盖量,以及秸秆覆盖在本地区小麦高产栽培中的推广应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为冬小麦品种豫麦 49-198。

1.2 试验方法

试验分别于 2013-2014 年和 2014-2015 年小麦生长季节在河南科技大学试验农场进行,土壤质地为壤土,试验前耕作层土壤有机质含量 $15.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,水解氮 $97.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $15.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。试验设 5 个处理,秸秆覆盖量分别为:不覆盖为对照 (I)、 $2\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (II)、 $4\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (III)、 $6\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (IV)、 $8\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (V)。每处理重复 3 次,小区面积 15 m^2 ($3 \text{ m} \times 5 \text{ m}$),随机排列,其他按田间常规管理。小麦均于当年 10 月 15 日播种,播量为 $112.5 \text{ kg} \cdot$

hm^{-2} ,出苗后在行间土壤表面覆盖粉碎的玉米秸秆 (长 $5 \sim 10 \text{ cm}$)。氮、磷、钾肥均作基肥一次施入,施肥量纯 N 为 $240 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 为 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K_2O 为 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。肥料来源:N-尿素,P-过磷酸钙,K-氯化钾。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生理生化指标的测定 分别于小麦抽穗后 0、10 和 20 d 选取小麦旗叶进行测定。净光合速率用光合测定系统 (CIRAS-1, 英国),于上午 9:00~11:00 测定 3 片旗叶,叶片重复测定 3 次,取平均值;叶绿素含量用叶绿素测定仪 (SPAD-502, 日本) 测定旗叶中部的 SPAD 值,每小区重复 10 次,取平均值。可溶性糖用蒽酮比色法测定;脯氨酸采用磺基水杨酸法测定;可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 法测定;MDA 采用硫代巴比妥酸比色法测定^[15]。超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)、过氧化物酶 (POD) 活性参照任红旭等^[16]方法提取酶液,酶活性按李合生方法^[15]测定。

1.3.2 产量及穗部性状考查 于小麦成熟期每小区选代表性植株 3 行,每行取 5 株,分别考查每穗粒数、每穗实粒数、千粒重等性状。每小区按实收株数测产。

1.4 数据分析

所测数据在 Excel、SPSS 软件中进行分析 and 处理。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖量对叶绿素含量和光合速率的影响

从图 1(A) 可以看出,两年度小麦抽穗后各处理旗叶叶绿素含量均呈下降趋势,且表现为抽穗后 0~10 d 下降幅度小,10~20 d 后降幅大。处理间比较,各测定时期均以处理 IV 叶绿素含量最高,对照处理最低。方差分析表明,除抽穗期外,其他测定时期秸秆覆盖处理叶绿素含量均显著高于对照,而处理 IV 又显著高于其他覆盖处理 ($P < 0.05$)。在秸秆覆盖下,各测定时期叶绿素含量均比对照下降幅度小。抽穗后 20 d 叶绿素含量与抽穗期相比,两年度降幅最大的为对照,分别下降了 9.5% 和 11.3%,降幅最小的为处理 IV,分别下降了 8.4% 和 7.3%。由此表明,秸秆覆盖在一定程度上能延缓小麦旗叶的衰老过程。

抽穗后 0~20 d,小麦旗叶光合速率与叶绿素含量变化规律表现基本一致 (图 1(B)),均呈下降趋势,不同处理降幅不同,其中处理 IV 降幅最小,两年度分别为 20.7% 和 20.9%,其次为处理 II,分别为 22.7%

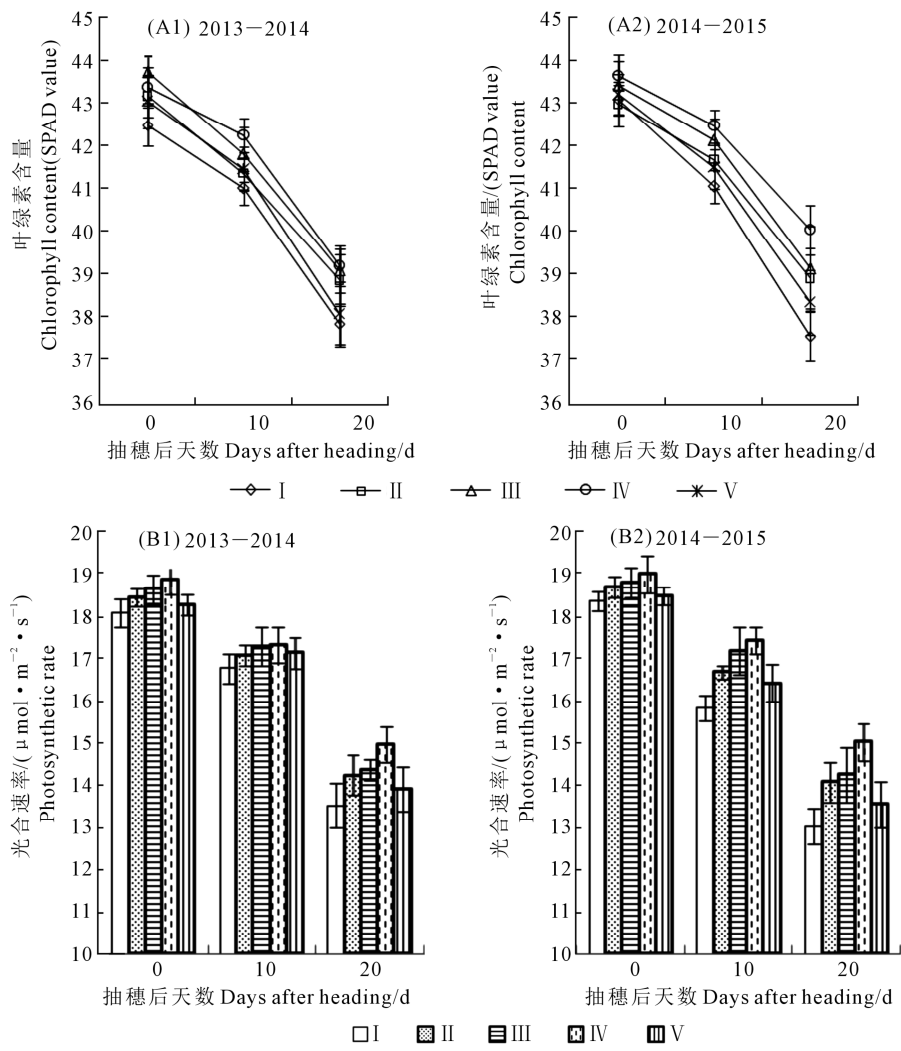


图 1 不同秸秆覆盖量对小麦旗叶叶绿素含量(A)和光合速率(B)的影响

Fig.1 Effect of straw mulching rates on chlorophyll content(A) and photosynthetic rate(B) in wheat flag leaves

和 24.2%,处理Ⅲ降幅分别为 22.9%和 24.7%,处理Ⅴ降幅分别为 23.7%和 26.7%,对照降幅最大,分别为 25.2%和 29.1%。抽穗后 20 d 光合速率大小表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅴ>Ⅰ。除抽穗期外,各测定时期覆盖处理光合速率均与对照差异显著,处理Ⅳ与其他覆盖处理差异显著($P<0.05$)。由此表明,合理的秸秆覆盖量能显著提高小麦旗叶光合速率,有利于小麦光合产物积累。

2.2 秸秆覆盖量对可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质含量的影响

抽穗后,不同年份可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质含量均呈先升后降的变化趋势,抽穗后 0~10 d 上升,第 10 d 达到峰值,随后下降(图 2)。在同一测定时期,不同处理可溶性糖含量表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅴ>Ⅰ,脯氨酸含量大小表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅴ>Ⅱ>Ⅰ,可溶性蛋白质含量表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅴ>Ⅱ>Ⅰ。各物质含量均以Ⅳ处理最高,对照最低。处理间比较,除脯氨酸含量在抽穗期处理Ⅳ与处理Ⅲ差异不显

著外,各物质含量在各测定时期均表现为处理Ⅳ与其他各处理差异显著($P<0.05$),且覆盖处理均与对照差异显著($P<0.05$)。结果表明,适宜的秸秆覆盖量能促进可溶性糖和脯氨酸积累,利于蛋白质的形成,对减缓叶片衰老和植株的抗旱性均有重要作用。

2.3 秸秆覆盖量对 MDA 含量和 SOD、CAT、POD 活性的影响

MDA 是膜脂过氧化产物,其含量的高低与叶片衰老速度密切相关。图 3(A)表明,抽穗后随生育进程推进,不同处理 MDA 含量不同,总体表现为Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ>Ⅴ>Ⅳ。抽穗后 0~10 d 各处理 MDA 含量增幅较小,抽穗 10 d 后,MDA 含量增加迅速。与抽穗期相比,抽穗后 20 d MDA 含量增幅最大的为对照处理,2013-2014 年增加了 4.1 倍,2014-2015 年增加了 6.9 倍,增幅最小的为处理Ⅳ,两年度分别增加了 3.2 倍和 5.3 倍。处理间比较,除抽穗期外,其他各测定时期,MDA 含量均以对照最高,与各覆盖处理间差异显著($P<0.05$)。

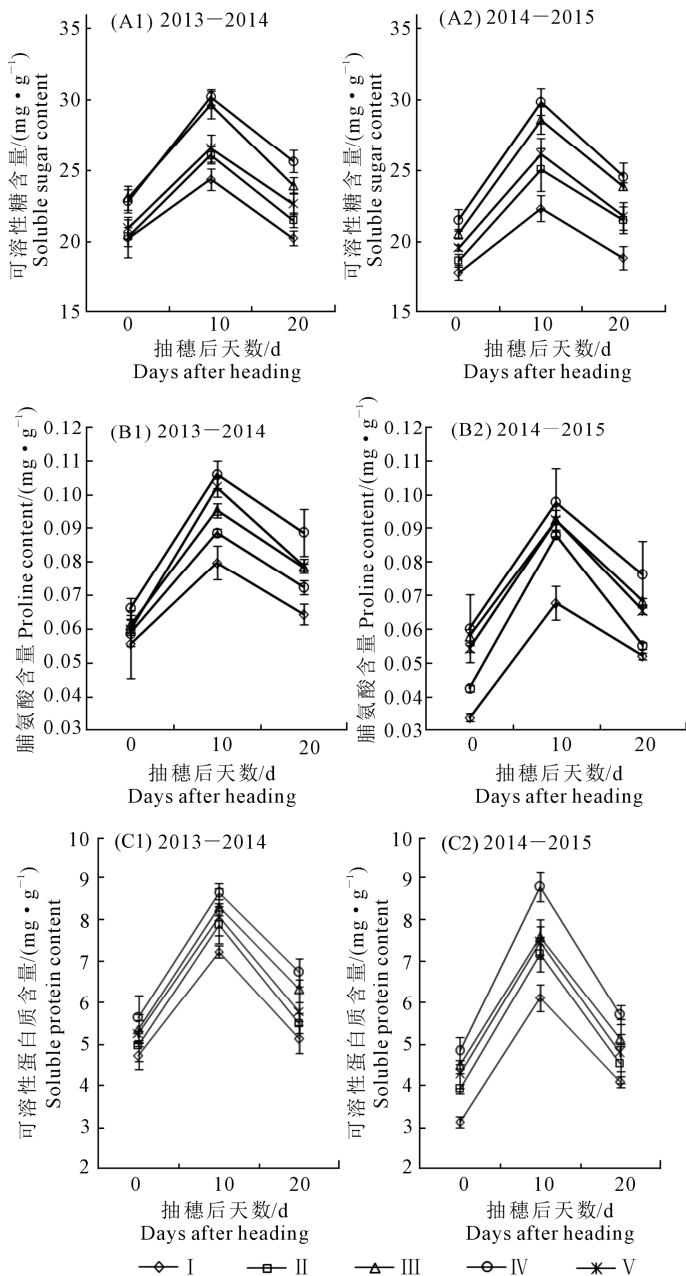


图2 不同秸秆覆盖量对小麦旗叶可溶性糖(A)、脯氨酸(B)和可溶性蛋白质含量(C)的影响

Fig.2 Effect of straw mulching rates on contents of soluble sugar (A), proline (B), and soluble protein (C) in wheat flag leaves

SOD、CAT 和 POD 是生物防御活性氧伤害的重要保护酶,其活性大小是植株衰老和抗性的指标之一。由图 3(B),(C),(D)可以看出:随生育期延长,两年度各处理 3 种酶活性均呈先增后降的变化趋势,抽穗期酶活性最低,抽穗后第 10 d 活性最高。不同处理间比较,大体表现为 IV>III>V>II>I。各测定时期均以处理 IV 酶活性最高,且显著高于其他各处理($P<0.05$),对照处理活性最低。抽穗后 10 d,酶活性与抽穗期相比,两个年份表现基本一致,以 2014-2015 年生长季为例,POD、CAT、POD 酶活性增幅最大的为处理 IV,分别增加了 109.6%、137.3%、161.3%,增幅最小的为对照,分别增加了 89.8%、97.8%、141.6%。由此表明,秸秆覆盖处理能

不同程度地提高旗叶酶活性。

2.4 秸秆覆盖量对小麦产量及其构成因素的影响

从表 1 可以看出,两个年份秸秆覆盖处理的小麦产量均高于对照,除处理 V 与对照差异不显著外,其余处理均与对照差异显著($P<0.05$)。两个年份覆盖处理小麦产量与对照相比,处理 II 分别提高了 24.8% 和 19.6%,处理 III 分别提高了 18.5% 和 19.8%,处理 IV 分别提高了 30.2% 和 33.2%,而处理 V 却分别下降了 6.6% 和 1.5%,表明,适宜秸秆覆盖量对增加小麦产量有显著作用,但秸秆覆盖量过大增加效应并不明显,甚至对产量提高产生负面影响。从产量构成因素看,除穗数外,各覆盖处理下穗粒数、千粒重均比对照有所增加。各处理间比较,不同年份存在一定差异,2013-2014 年度,处理 IV 的穗数除与处理 III 差异不显著外,与其他处理差异显著,穗粒数显著高于对照和处理 V,千粒重除与处理 III 差异不显著外,与其他处理均差异显著;2014-2015 年度,处理 IV 的穗数显著高于其他各处理,穗粒数显著高于对照和处理 V,千粒重除与处理 II 差异不显著外,与其他处理均差异显著。

3 讨论

3.1 秸秆覆盖量对小麦产量的影响

光合作用为作物生长发育和产量形成提供了物质基础,作物产量的提高都是通过直接或间接改善作物光合特性来实现的^[17-18]。适量的玉米秸秆覆盖可提高小麦的叶绿素含量与光合速率^[9],促进小麦有效穗数、穗粒数和千粒重提高,从而达到增产效果^[9,11,19]。本研究结果表明,小麦抽穗后 10 d 和 20 d 秸秆覆盖均能显著提高叶绿素含量和光合速率,而不同秸秆覆盖量对旗叶叶绿素含量和光合速率影响也存在明显差异,以处理 IV 效果最佳。就产量及其构成因素而言,虽然处理 V 的穗数和产量均比对照有所减少,但二者差异不显著,而其他覆盖处理的穗数、穗粒数均比对照显著增加,产量也显著提高。覆盖处理间比较,处理 IV 的穗数和产量均显著高于其他处理。有研究表明,有效穗、穗粒数和千粒重均与产量呈极显著正相关,相关程度为有效穗>穗粒数>千粒重,说明穗数对产量的贡献最大^[19]。本研究表明,处理 II、III、IV 的产量均显著高于对照,这与小麦穗数显著高于对照密切相关,而处理 IV 的产量显著高于其他覆盖处理,其贡献来源于穗数比其他处理的显著增加,由此表明,增加单位面积穗数是秸秆覆盖显著增产的原因。这可能与秸秆覆盖改善了土壤墒情,增加了有效分蘖,优化

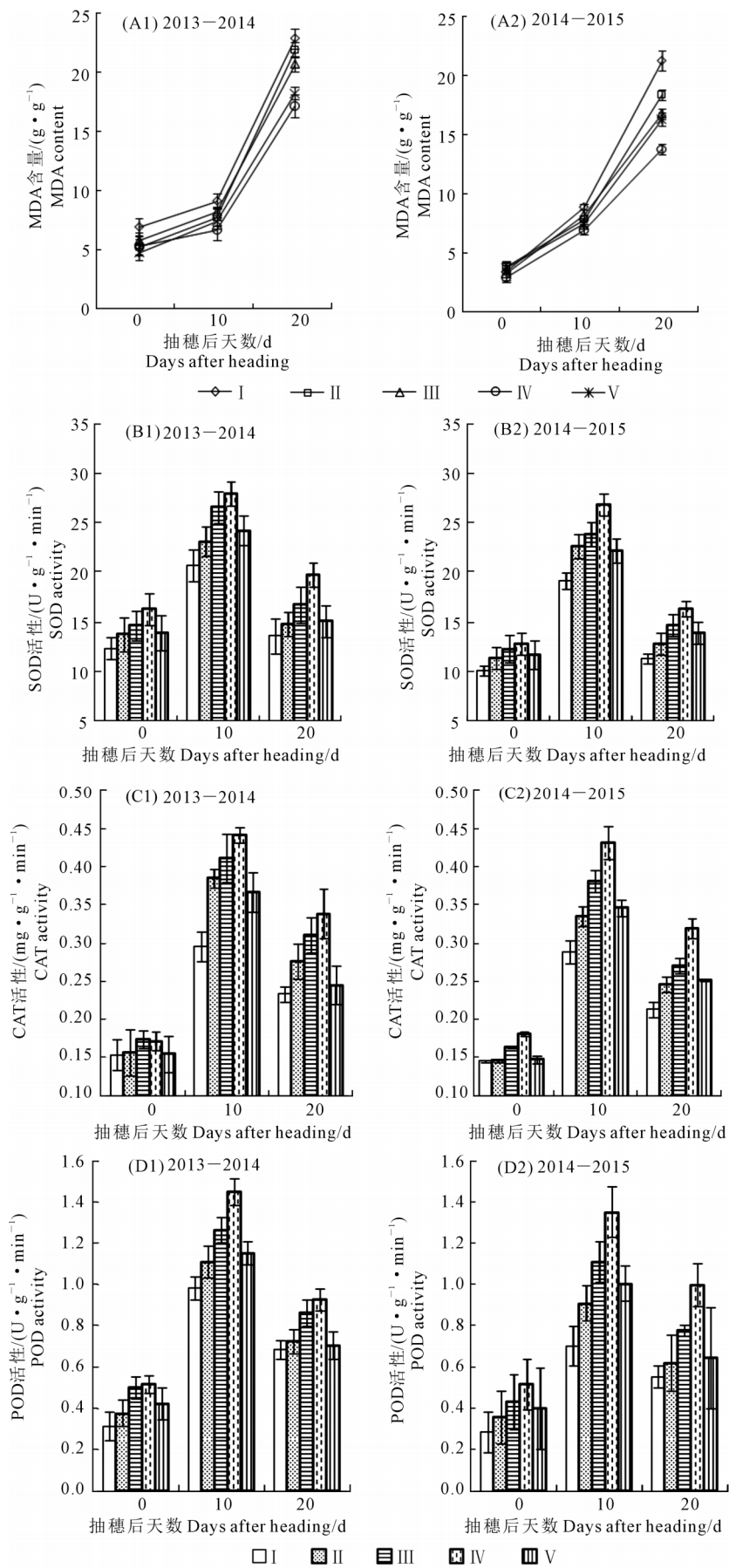


图 3 不同秸秆覆盖量对小麦旗叶 MDA 含量(A)和 SOD(B)、CAT(C)、POD(D)活性的影响

Fig.3 Effect of straw mulching rates on MDA content(A) and activities of SOD(B), CAT(C), and POD(D) in wheat flag leaves

了群体结构等有关,这也与前人研究结果一致^[20]。本研究发现,秸秆覆盖量偏高和偏低皆不利于产量的增加,且秸秆覆盖量过大,反而导致产量降低。从本试验结果看,在豫西旱地生态条件下,秸秆覆

盖量 6 000 kg · hm⁻²较为适宜。

3.2 秸秆覆盖量对生理生化特性的影响

可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质能缓解干旱等逆境对细胞膜系统的伤害,不仅是植物细胞内重

表 1 不同秸秆覆盖量对小麦产量及其构成因素的影响
Table 1 Effect of straw mulching rates on yield and its components of wheat

年度 Year	处理 Treatment	穗数/(10 ⁴ · hm ⁻²) Panicles number	穗粒数 Grains per panicle	千粒重/g 1000-grain weight	产量/(kg · hm ⁻²) Yield
2013-2014	I	471.3±22.35c	31.1±1.23b	41.8±1.12b	4959.6±553.22c
	II	513.5±16.53b	32.5±1.65a	42.2±1.23b	6191.5±504.34b
	III	522.5±18.23ab	33.1±1.68a	43.6±1.01ab	6101.2±487.37b
	IV	534.2±21.62a	33.6±1.22a	44.1±1.25a	6804.8±456.52a
	V	442.7±23.36c	31.8±1.57b	42.2±1.32b	4507.4±356.22c
2014-2015	I	484.5±25.36c	30.8±2.12b	42.1±1.22b	5186.6±547.12c
	II	548.1±17.65b	33.6±1.64a	43.1±1.21ab	6203.8±585.24b
	III	539.4±21.31b	33.4±1.26a	42.7±1.08b	6215.2±643.23b
	IV	573.7±18.84a	34.5±1.65a	44.4±1.24a	6908.1±679.51a
	V	478.6±21.02c	31.4±1.57b	42.8±1.26b	5108.1±581.13c

注:同列不同字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平下差异显著。
Note: Different letters indicate significant difference at $P<0.05$ level in the same column.

要的渗透调节物质,还参与植物的生长和发育,常被作为衡量植物叶片衰老程度的重要指标^[12,21]。本试验结果表明,秸秆覆盖能显著提高小麦叶片可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质含量,对维持细胞的微环境和正常代谢起着重要作用,这与杨江山^[12],曲超^[22]等研究结果一致。适宜的秸秆覆盖量提高了小麦叶片可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白含量,覆盖量过大则会降低三者的含量。正常条件下生长的植物细胞内活性氧的产生与清除处于动态平衡,活性氧水平低,不会伤害植物,但在植株生长后期,活性氧代谢平衡遭到破坏,细胞膜脂过氧化作用加剧,膜系统损伤严重,植物衰老加速^[23-24]。前人研究表明,秸秆覆盖能降低小麦生育后期 MDA 含量,增加 SOD、CAT、POD 等保护性酶活性,从而延缓叶片的衰老进程,对小麦生长发育具有重要的保护作用^[16-17]。本试验表明,各测定时期秸秆覆盖处理 MDA 含量均低于对照,3 种酶活性均高于对照,并且在一定秸秆覆盖量范围内,随秸秆覆盖量的增加,MDA 含量呈降低趋势,而酶活性则呈增加趋势,但覆盖量过大(处理 V)对 MDA 含量的降低及酶活性的升高反而有抑制作用。综上所述,适宜的秸秆覆盖量能提高小麦的叶绿素含量与光合速率,增加小麦叶片可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白含量,增强细胞内抗氧化酶活性,从而有效清除植株体内活性氧,降低细胞膜脂过氧化程度,延迟叶片衰老速度,有利于小麦籽粒灌浆和产量形成。为充分发挥秸秆覆盖的优势效应,在豫西旱作区秸秆覆盖量不宜过高或过低。在覆盖量为 6 000 kg · hm⁻² 水平下,小麦叶片各项生理指标最佳,产量最高,为豫麦 49-198 的最佳秸秆覆盖量。因小麦的生长还会受

秸秆覆盖时间、长度、腐熟度等因素的影响,即使同一品种在不同生态条件下对秸秆覆盖的反应也会不同,因此,不同秸秆覆盖时间、长度、腐熟度等对小麦的影响以及同一品种在不同生态环境下的最佳秸秆覆盖量仍需深入研究。

参 考 文 献:

[1] Liu Y, Li S Q, Chen F, et al. Soil water dynamics and water use efficiency in spring maize (*Zea mays* L.) fields subjected to different water management practices on the loess plateau, China [J]. Agricultural Water Manage, 2010, 97(5): 769-775.

[2] Sharma P, Abrol V, Sharma R K. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rain fed sub humid in capitols, India [J]. European Journal of Agronomy, 2011, 34(1): 46-51.

[3] 冯爱青,张摇民,李成亮,等. 秸秆及秸秆黑炭对小麦养分吸收及棕壤酶活性的影响[J].生态学报,2015,35(15):5269-5277.

[4] 彭义,解宏图,李军,等. 免耕条件下不同秸秆覆盖量的土壤有机碳红外光谱特征 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(11): 2257-2264.

[5] 张向前,钱益亮. 秸秆覆盖对玉米生长、光合及产量的影响 [J]. 华北农学报,2015,30(4):174-180.

[6] 郭书亚,张艳,尚赏,等. 秸秆覆盖保水剂对夏玉米花后穗位叶衰老和产量的影响[J]. 江西农业学报,2015,27(7):25-27.

[7] 武际,郭熙盛,鲁剑巍,等.连续秸秆覆盖对土壤无机氮供应特征和作物产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(9): 1741-1749.

[8] 代家凤. 不同耕作、秸秆覆盖及灌溉方式对水稻生长及土壤理化性状的影响[D]. 成都:四川农业大学,2014.

[9] 吴晓丽,汤永禄,李朝苏,等. 秋季玉米秸秆覆盖对丘陵旱地小麦生理特性及水分利用效率的影响 [J]. 作物学报,2015,41(6):929-937.

[10] 王健波,严昌荣,刘恩科,等. 长期免耕覆盖对旱地冬小麦旗叶光合特性及干物质积累与转运的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):296-305.