

葛 君, 孟自力, 任德超. 复配拌种下麦田减少施药次数的用药最佳时期和用量研究[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(17): 126–131.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.17.020

# 复配拌种下麦田减少施药次数的用药 最佳时期和用量研究

葛 君, 孟自力, 任德超

(商丘市农林科学院, 河南商丘 476000)

**摘要:**为探寻复配拌种下小麦减少施药的最佳时期及用量,以商麦 188 为试材,通过设置小麦起身拔节期、开花期和灌浆期等 3 个施药时期进行小麦减少施药次数试验,并研究同一处理时期内不同施药对小麦旗叶光合作用、根际土壤酶活性及产量的影响,明确最佳用药量。结果表明,在小麦扬花期处理 28 d 内,3 个不同用药处理小麦的净光合速率从第 1~5 天,总体呈下降趋势,下降程度为  $Y_3 > Y_2 > Y_1$ ,  $Y_1$  (75% 百菌清·戊唑醇可湿性粉剂 40 g/667 m<sup>2</sup>) 处理的净光合速率与其他 2 个处理具有显著性差异,3 个不同用药处理的净光合速率变化趋势分别在第 5、7、9 天出现转折,第 11 天小麦旗叶净光合速率均有不同程度恢复;蒸腾速率变化趋势与气孔导度基本一致,  $Y_1$  处理受影响相对较小,与其他 2 个处理具有显著性差异;不同用量百菌清·戊唑醇处理的过氧化氢酶活性在 1 d 时最低,呈现 21 d 内随用药量增加而上升的趋势,在 14 d 时,3 个不同用药处理恢复到对照水平,在 21 d 时,过氧化氢酶活性均显著高于对照,且浓度越高表现的更为明显,21 d 后各处理过氧化氢酶的活性降低速度均逐步加大至恢复到对照水平;1~21 d 期间  $Y_1$  处理和对照相比均高于对照,说明  $Y_1$  处理对蔗糖酶活性有一定的刺激作用;  $Y_2$  处理出现微弱降低,而  $Y_3$  处理与对照相比表现为显著的降低,说明  $Y_3$  处理对蔗糖酶活性有明显抑制现象;百菌清·戊唑醇浓度越低越有利于脲酶活性提高,  $Y_1$  处理对脲酶抑制作用不显著,小麦根际土壤脲酶活性可以快速恢复,并在 14 d 时  $Y_1$  处理对脲酶活性有一定的刺激作用;  $Y_2$ 、 $Y_3$  处理分别在 21、28 d 时才恢复到对照水平。  $Y_1$  和  $Q_2$  (扬花期用药) 处理增产作用最为明显,说明扬花期采用  $Y_1$  处理方案施药对增产最佳。

**关键词:**复配拌种;减少;施药;麦田;光合指标;酶活性;产量

**中图分类号:**S435.12 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)17-0126-06

农田污染给人类生存造成了严重的威胁,农田环境污染主要与农药等的过度使用有关。相关数据显示,国内农药年产量达到了 370 万 t,在土壤中有很多农药流入,引发了严重的土壤和河水污染问题,危害了农田生态环境,对于食品安全产生诸多不利的影响。2017、2019 年中共中央一号文件要求,深入推进化肥农药零增长和负增长行动<sup>[1-5]</sup>。河南省是我国小麦的主要产区,小麦常年种植面积为 546.67 万 hm<sup>2</sup>,平均单产约为 433 kg。该区域小麦生产存在病虫害发生严重、农药施用过量、土

壤污染等共性问题。因此如何在保证产量的前提下,提高农药利用率,减少农药造成的麦田环境污染,保证粮食安全生产,已成为我国农业可持续发展的当务之急<sup>[6-10]</sup>。因此,本试验立足豫东粮食主产区,在复配拌种下通过设置小麦不同施药时期和施药量进行小麦减少施药次数试验,探寻小麦减少施药的最佳时期和用量,并探讨不同施药对小麦旗叶光合作用、根际土壤酶活性及产量的影响,为小麦绿色丰产提供理论依据,该技术的推广应用可以显著降低农药造成的田间污染,改善生态环境和人居环境,提高种植者的收益,产生显著的经济、社会和生态效益。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

小麦品种为商麦 188 (偏弱筋、半冬性),由商丘市农林科学院提供;杀菌剂选用百菌清·戊唑醇,由江苏邦盛生物科技有限责任公司提供;除草剂选

收稿日期:2022-02-18

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0201700);国家现代农业产业技术体系专项(编号:CARS-03-31)。

作者简介:葛 君(1981—),女,河南商丘人,助理研究员,主要从事小麦栽培及病虫害防控技术研究。E-mail:2381105980@qq.com。

通信作者:孟自力,硕士,副研究员,从事小麦栽培及病虫害防控技术研究。E-mail:383676450@qq.com。

用炔草酯乳剂、氯氟吡氧乙酸异辛酯乳油、双氟磺草胺悬浮剂,由河南农科植保科技有限公司提供;杀虫剂选用吡虫啉,由山东百农思达生物科技有限公司提供;拌种剂选用苯醚甲环唑+咯菌腈+噻虫嗪+阿维菌素+澳佳生态壤动 FT 复配剂,由商丘市农林科学院笔者所在课题组提供。

## 1.2 试验设计

试验于 2019 年 10 月至 2020 年 6 月在河南省商丘市城乡一体化示范区贾寨镇保卫村进行,此地区属于暖温带亚湿润季风气候,年平均气温为 14℃,年降水量达到 700 mm,供试土壤为两合土。试验地 0~20 cm 土层有机质含量为 2.2%、速效钾含量为 93.37 mg/kg、全氮含量为 778 mg/kg、速效磷含量为 35.31 mg/kg。试验设置 21 个小区,每小区面积为 13.5 m<sup>2</sup>,宽为 1.5 m、长为 9 m,在小区周围埋 50 cm 的塑料膜用于隔离土壤,小区间走道 30 cm 宽,小麦播种时间为 10 月 6 日。在小麦扬花期时试验设置分为 4 个处理,分别是不施病害用药(CK)、病害用药方案 b(Y1)、病害用药方案 c(Y2)、病害用药方案 d(Y3);在病害用药方案 b 时试验设置 3 个处理,分别是起身拔节期用药(Q1)、扬花期用药(Q2)、灌浆期用药(Q3),详见表 1、表 2。以下为具体施药方案:(a)15% 炔草酯乳剂 50 g/667 m<sup>2</sup>+200 g/L 氯氟吡氧乙酸异辛酯乳油 30 g/667 m<sup>2</sup>+50 g/L 双氟磺草胺悬浮剂 10 g/667 m<sup>2</sup>;(b)75% 百菌清·戊唑醇可湿性粉剂 40 g/667 m<sup>2</sup>;(c)75% 百菌清·戊唑醇可湿性粉剂 80 g/667 m<sup>2</sup>;(d)75% 百菌清·戊唑醇可湿性粉剂 120 g/667 m<sup>2</sup>;(e)10% 吡虫啉可湿性粉剂 20 g/667 m<sup>2</sup>;(f)2.2% 苯醚甲环唑+2.2% 咯菌腈+22.6% 噻虫嗪+0.15% 阿维菌素+壤动 FT(1:100)复配拌种剂定量拌种。

表 1 冬小麦减少施药次数不同用药试验方案

处理	用药情况				
	病害用药	病虫害用药时期	杀虫剂	除草剂	复配拌种剂
CK	清水	扬花期	e	a	f
Y1	b	扬花期	e	a	f
Y2	c	扬花期	e	a	f
Y3	d	扬花期	e	a	f

## 1.3 样品采集与测定

1.3.1 光合指标的测定 待商麦 188 生长到扬花期,对 3 个处理 Y1、Y2、Y3 小麦的旗叶分别进行挂

表 2 冬小麦减少施药次数不同时期试验方案

处理	用药情况				
	病害用药	病虫害用药时期	杀虫剂	除草剂	复配拌种剂
Q1	b	起身拔节期	e	a	f
Q2	b	扬花期	e	a	f
Q3	b	灌浆期	e	a	f

牌标记。选择 1 个温度适宜且无风的晴朗时段,使用 LI-6400 便携式光合仪(LI-6400,LI-COR, Lincoln, NE, 美国)进行测定,选取挂牌标记的小麦,测定不同品种小麦灌浆期的旗叶净光合速率、气孔导度、蒸腾速率,每个处理测 3 株,交叉测量,间隔 2 d 连测 6 次。

1.3.2 土壤酶活性的测定 从 2020 年 4 月 25 日开始取样,以后每隔 7 d 取样 1 次,共取样 5 次。在每个小区取 10 个样点,并采取 S 形取样法,而后轻轻拔出植株,采集距离小麦根系 0.5 cm 距离以内的土壤,所有样点土样混匀后,风干后过 1 mm 筛,用于酶活性的测定。采用高锰酸钾滴定法测定过氧化氢酶活性,酶活性以 1 g 鲜质量样品 1 min 内分解 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的毫克数表示;采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定土壤蔗糖酶活性,以培养 24 h 后 1 g 土壤中生成葡萄糖毫克数表示;采用靛酚比色法测定脲酶活性,酶活性以 24 h 后 5 g 土壤中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的毫克数表示<sup>[11]</sup>。

1.3.3 考种及成熟期测产 于成熟期数 1 m 双行的穗数,取 20 株小麦进行考种,数穗粒数,称千粒重,计算理论产量。

## 1.4 数据统计分析

采用 Excel 2007 进行数据处理和作图,采用 DPS 7.02 软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同用药量对小麦旗叶净光合速率的影响

由表 3 可知,对照处理的净光合速率整体呈现下降趋势,与病虫害的发生有直接关系;在第 1 天,Y1、Y2、Y3 等 3 个处理小麦旗叶的净光合速率与对照相比差异不显著,处于稳定状态,Y1 处理的净光合速率略高于 Y2 和 Y3;在第 3 天,3 个处理小麦旗叶的净光合速率呈下降趋势,下降程度为 Y3(11.3%)>Y2(5.6%)>Y1(0.2%);在第 5 天,3 个处理小麦旗叶的净光合速率总体呈下降趋势,下

降程度为 Y3 ( 17. 3% ) > Y2 ( 10. 4% ) > Y1 ( 8. 0% ), 其中 Y1 的净光合速率在第 5 天停止下降, 趋于稳定状态, 在第 7 天时, 3 个处理中 Y1 呈上升趋势, Y2 和 Y3 还是呈下降趋势, 其中 Y2 停止下降, 趋于稳定状态; 在第 9 天时, 3 个处理中 Y1 和 Y2 呈上升趋势, Y3 停止下降, 趋于稳定状态。3 个

处理小麦的净光合速率从第 1 天至第 5 天, 总体呈下降趋势, 下降程度为 Y3 > Y2 > Y1, 第 3 天时 Y1 处理的净光合速率与其他 2 个处理具有显著性差异 ( $P<0.05$ ); Y1、Y2、Y3 处理的净光合速率变化趋势分别在第 5、7、9 天出现转折, 第 11 天小麦旗叶净光合速率均有不同程度的恢复。

表 3 扬花期不同用药量小麦旗叶的净光合速率

时间 (d)	净光合速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]			
	Y1	Y2	Y3	CK
1	32.73 ± 3.70a	32.07 ± 1.69a	31.57 ± 0.72a	32.75 ± 3.7a
3	32.67 ± 1.93a	30.27 ± 0.47b	28.00 ± 4.33c	30.11 ± 3.3b
5	30.10 ± 3.65a	28.73 ± 0.23ab	26.10 ± 2.08b	26.77 ± 2.9b
7	31.13 ± 2.25a	27.77 ± 2.61b	24.57 ± 4.48c	24.74 ± 3.4c
9	33.63 ± 3.15a	29.87 ± 1.60b	24.07 ± 7.41c	22.69 ± 2.8c
11	32.66 ± 2.13a	31.66 ± 1.68a	25.90 ± 3.22b	20.68 ± 3.6c

注:同一时间不同处理数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,表中时间一列数字表示第几天,如 1 表示第 1 天;下同。

2.2 不同用药量对小麦旗叶气孔导度的影响

由表 4 可知,在第 1 天时,3 个处理小麦旗叶起始的气孔导度较对照趋于一致;在第 3 天, Y1、Y2、Y3 处理气孔导度较第 1 天时变化不显著, Y2 和 Y3 等 2 个处理小麦旗叶的气孔导度都呈下降的趋势, 且分别在第 7 天和第 9 天时达到气孔导度的最小值, 而 Y1 的气孔导度变化是缓慢下降然后在第 5 天趋于稳定;在第 11 天时, 3 个处理小麦旗叶的气

孔导度相较于该处理最低气孔导度出现不同程度的上升, 其变化分别为: Y1 上升 3.7%、Y2 上升 15.7%、Y3 上升 42.8%, 此时, Y1 和 Y2 处理的气孔导度变化不显著, Y3 处理较最低气孔导度时具有显著性差异 ( $P<0.05$ ), 说明 Y3 处理对小麦旗叶的气孔导度影响较大; 对照处理的气孔导度整体呈现下降趋势, 与病虫害的发生有直接关系。

表 4 扬花期不同用药量小麦旗叶的气孔导度

时间 (d)	气孔导度[ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]			
	Y1	Y2	Y3	CK
1	466.67 ± 70.42aA	461.00 ± 49.92aA	459.00 ± 50.09aA	470.67 ± 60.40aA
3	463.33 ± 64.68aA	449.00 ± 75.02abA	422.67 ± 88.22bAB	443.48 ± 64.27abAB
5	449.67 ± 62.85aA	421.67 ± 83.41bA	388.00 ± 97.71cAB	406.32 ± 61.37bcAB
7	456.67 ± 76.65aA	396.67 ± 92.85bA	298.67 ± 90.60dCD	356.18 ± 63.81cB
9	460.67 ± 68.19aA	429.33 ± 111.51bA	247.00 ± 112.78cE	240.66 ± 70.22cC
11	466.33 ± 64.68aA	459.00 ± 75.02aA	352.67 ± 88.22bBC	205.34 ± 70.10cC

注:不同时间同一处理数据后不同大写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.3 不同用药量对小麦旗叶蒸腾速率的影响

由表 5 可知,在第 1 天时,3 个处理小麦旗叶的起始蒸腾速率关系为 Y1 > Y2 > Y3; 在第 1 ~ 5 天期间, 3 个处理小麦旗叶的蒸腾速率都呈下降趋势, 下降程度为 Y3 ( 22. 0% ) > Y2 ( 18. 2% ) > Y1 ( 16. 0% ); 在第 5 天后, Y1 处理的蒸腾速率开始上升, 而 Y2 处理的蒸腾速率持续下降到第 7 天, Y3 处理的蒸腾速率持续下降到第 9 天; 在第 5 ~ 9 天期间, Y1 蒸腾速率持续上升, 在第 11 天恢复到对照处

理水平, 而 Y2 处理的蒸腾速率在第 5 ~ 7 天期间下降, 在第 7 ~ 11 天上升, Y3 在第 11 天才出现上升; 在第 11 天时, 3 种小麦旗叶的蒸腾速率大小关系为 Y1 > Y2 > Y3, Y1 处理的蒸腾速率与其他 2 个处理有显著性差异 ( $P<0.05$ ); 对照处理的蒸腾速率整体呈现下降趋势, 与病虫害的发生有直接关系。

2.4 不同用药量对小麦根际土壤过氧化氢酶活性的影响

由图 1 可知, 在处理 28 d 内, 不同用量百菌清 ·

表 5 扬花期不同用药小麦旗叶的蒸腾速率

时间 (d)	蒸腾速率[mmol/(m <sup>2</sup> ·s)]			
	Y1	Y2	Y3	CK
1	7.58 ± 0.29a	7.37 ± 0.23ab	7.18 ± 0.41b	7.69 ± 0.47a
3	6.99 ± 0.77a	6.40 ± 0.76bc	6.00 ± 1.04c	6.63 ± 0.39b
5	6.37 ± 0.58a	6.03 ± 0.80b	5.60 ± 0.89c	5.78 ± 0.56bc
7	6.68 ± 0.68a	5.54 ± 0.78b	4.87 ± 1.14c	4.68 ± 0.44c
9	7.32 ± 0.67a	5.68 ± 0.72b	4.17 ± 1.18c	4.07 ± 0.62c
11	7.58 ± 0.67a	6.20 ± 0.55b	5.06 ± 0.99c	3.62 ± 0.35d

戊唑醇处理的过氧化氢酶活性均随用药量增加呈逐渐降低后逐渐上升的趋势,1 d 时为最小值,之后过氧化氢酶活性开始上升。在 7 d 时,Y1、Y2、Y3 较对照分别降低了 38.20%、47.75%、60.11%,说明 7 d 内百菌清·戊唑醇对过氧化氢酶活性有抑制作用;在 14 d 时,Y2、Y3 高于对照水平,Y1 过氧化氢酶活性略高于对照,说明低浓度百菌清·戊唑醇处理只能够适度激活过氧化氢酶活性;在 21 d 时,Y1、Y2、Y3 均显著高于对照,此时过氧化氢酶活性表现

为 Y3 > Y2 > Y1,说明 21 d 时百菌清·戊唑醇对过氧化氢酶活性刺激性最为明显,且浓度越高表现的更为明显,21 d 后各处理过氧化氢酶的活性降低速度均逐步加大。表明百菌清·戊唑醇对过氧化氢酶活性的抑制作用是短暂的,很快可以得到恢复;同时,还可以看出 14~21 d 期间有明显的刺激作用,且百菌清·戊唑醇施用浓度越高对小麦根际土壤酶活性的刺激越强。

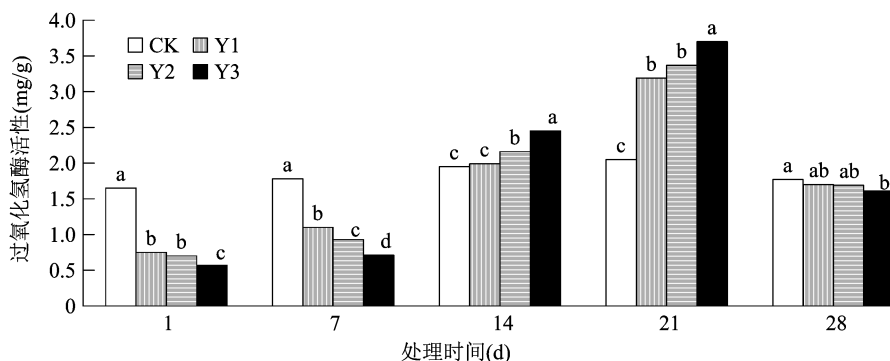


图1 不同用药量各时间节点小麦根际土壤过氧化氢酶活性的变化

## 2.5 不同用药量对小麦根际土壤蔗糖酶活性的影响

由图 2 可知,1~21 d 时 Y1 处理蔗糖酶活性高于对照,Y2、Y3 处理较对照均有不同程度的下降,其中 Y3 下降较为明显,另外小麦根际土壤蔗糖酶活性变化趋势对照与各处理相同,均整体呈逐渐升高的态势,至 21 d 时达到最大值,此时对照的蔗糖酶活性较 1 d 时提高 48.48%,Y1 处理高于对照,说明 Y1 处理对蔗糖酶活有一定的刺激作用;Y2 处理出现微弱降低,而 Y3 处理与对照相比表现为明显降低,说明 Y3 处理对蔗糖酶活性有明显的抑制现象;28 d 时 3 个处理和对照的蔗糖酶活性均下降到一定水平并趋于稳定,说明蔗糖酶的活性升降跟其他因素存在某种关联。

## 2.6 不同用药量对小麦根际土壤脲酶活性的影响

由图 3 可知,在同一处理期内,1、7、14、21 d 各时间段 Y2、Y3 处理土壤脲酶活性变化规律相似,对小麦根际土壤脲酶活性的影响呈先抑制后脲酶活性呈逐渐升高的变化趋势,至 21 d 时值最大,而后 Y1 和 Y2 处理变化不明显,Y3 处理却继续升高至 28 d 时值最大。1 d 时,Y2、Y3 处理脲酶活性均受抑制;1、14 d 时只有 Y1 处理超过对照水平,说明 Y1 对脲酶活性抑制作用不显著,小麦根际土壤脲酶活性可以快速恢复,并在 14 d 时 Y1 处理对脲酶活性有一定的刺激作用;Y2、Y3 处理分别在 21、28 d 时才恢复到对照水平,说明 Y2 和 Y3 处理能持续对脲酶活性产生抑制。可见百菌清·戊唑醇浓度越低越有利于脲酶活性提高。

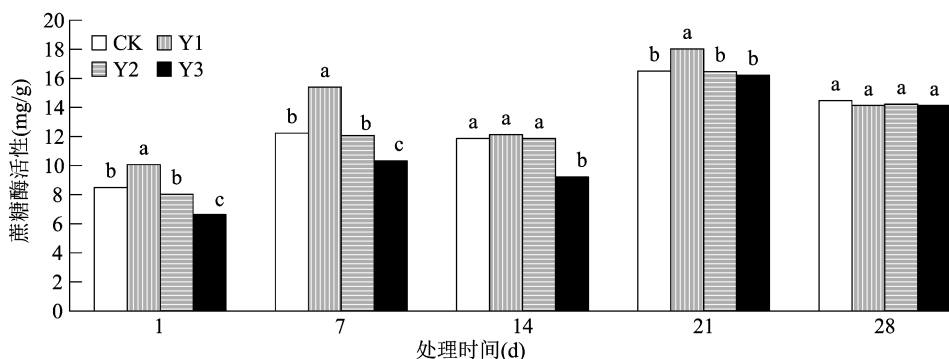


图2 不同用量对小麦根际土壤蔗糖酶活性的影响

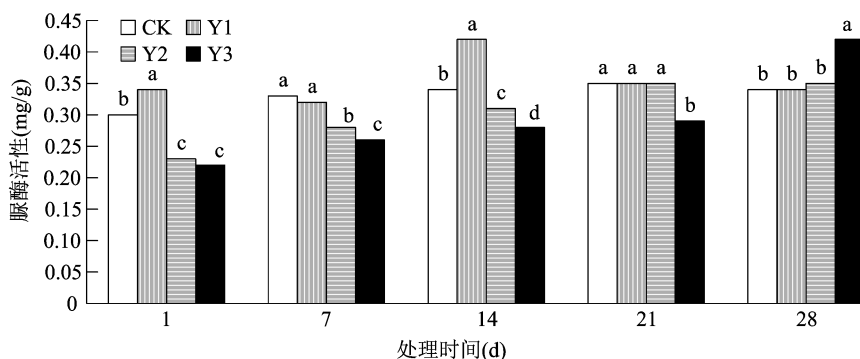


图3 不同用量对小麦根际土壤脲酶活性的影响

## 2.7 不同用量和用药时期对小麦产量的影响

由图 4 - a 可知,扬花期不同施药量在 40 ~ 120 g/667 m<sup>2</sup> 范围内时,小麦产量呈现不断降低的趋势且均高于对照,产量表现为 Y1 > Y2 > Y3 > CK, Y1 较其他处理增产达到显著性差异水平 ( $P < 0.05$ ),说明 Y1 处理增产作用最为明显。由图 4 - b 可知,在不同时期施药,小麦产量表现为 Q2 > Q1 > Q3, 3 个处理产量之间均达到显著性差异水平 ( $P < 0.05$ ),其中 Q2 处理产量最高,说明扬花期施药对增产最佳。

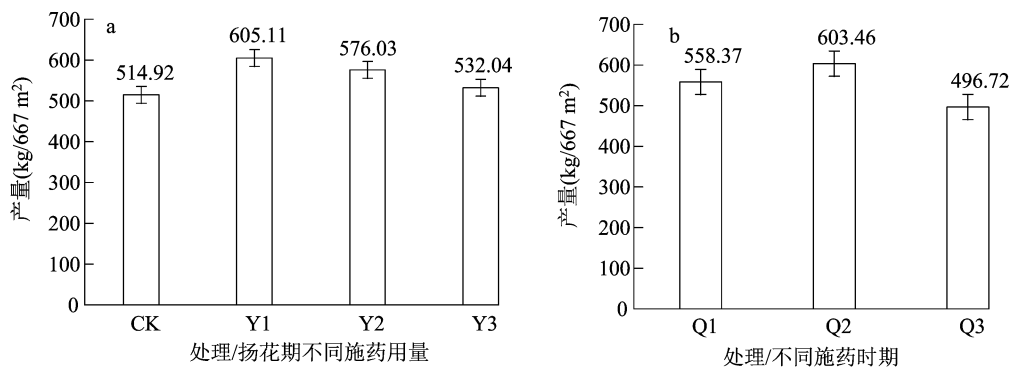


图4 扬花期不同用量和不同用药时期对小麦产量的影响

## 3 结论与讨论

农药能通过抑制光合电子链的传递、光合磷酸化和光合色素的形成来抑制植物的光合作用。有相关报道表明,农药能降低水稻营养生长期的气孔开度及大豆花荚期的光合速率。研究表明,农药对小麦旗叶的光合作用有抑制作用<sup>[12-15]</sup>。夏玉荣等进行杀虫剂对小麦旗叶光合特性的影响试验时,指

出杀虫剂处理会改变小麦旗叶的光合速率且剂量越高越明显<sup>[16]</sup>;王正贵等进行除草剂对小麦光合特性的影响试验时,发现除草剂会不同程度地降低小麦净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,且表现出不同的剂量的对应关系<sup>[17]</sup>。本试验结果表明,小麦在不同浓度的杀菌剂百菌清·戊唑醇喷施药剂后的旗叶净光合速率 5 d 内总体呈下降趋势,且单位面积施剂量越高影响越大, Y1、Y2、Y3 处理的净光合

速率分别在第 5、7、9 天出现恢复;蒸腾速率变化趋势与气孔导度基本一致,低剂量 Y1 处理的气孔导度和蒸腾速率受影响相对较小,与其他 2 个处理具有显著性差异,Y2 和 Y3 等 2 个处理对小麦旗叶气孔导度的影响较大。试验结果进一步支持了前人在农药对小麦光合特性影响方面的研究,补充了杀菌剂对小麦旗叶光合作用的抑制规律。

农药只有 10% 左右作用于植株表面,其中一大部分落入土壤,通过直接或者间接影响微生物的组成来抑制或者激活酶活性。目前研究农药对土壤酶的影响多集中在过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、磷酸酶和脱氢酶等方面,其中过氧化氢酶、蔗糖酶及脲酶研究更为深入。本研究试验结果显示,不同剂量的百菌清·戊唑醇对过氧化氢酶的影响总体表现出抑制-激活-恢复的现象,不同农药对过氧化氢酶的影响不一样,鲁赫鸣等发现多菌灵和氯氰菊酯低剂量条件下对过氧化氢酶影响不明显<sup>[18]</sup>,而高剂量的情况下与本试验结论一致;有关农药对蔗糖酶活性影响方面,闫颖等研究发现,百菌清等杀菌剂可以明显抑制土壤蔗糖酶活性<sup>[19]</sup>,这与本研究 Y2 和 Y3 处理结果一致,但本研究发现低剂量的 Y1 处理对土壤蔗糖酶有一定激活作用,尚需进一步研究考证;在对土壤脲酶的研究中,徐珍指出,土壤脲酶活性在高浓度的农药条件下表现为长时间的抑制作用,低浓度的处理则表现出抑制-激活-抑制的状态<sup>[20]</sup>,与本研究结论一致,进一步证明了低浓度的农药更有利于土壤脲酶的恢复。由此可以看出适度使用农药更有利于保护小麦根系周围蔗糖酶和脲酶活性。

本研究结果显示,在扬花期不同施药量在 40 ~ 120 g/667 m<sup>2</sup> 范围内时,小麦产量呈现不断降低的趋势且均高于对照,表现为 Y1 > Y2 > Y3 > CK, Y1 较其他处理增产达到显著性差异水平( $P < 0.05$ ),说明 Y1 处理增产作用最为明显,是由于低剂量的百菌清·戊唑醇对小麦旗叶光合作用和土壤酶活性抑制作用不大,反而低剂量的百菌清·戊唑醇在施药后的不同时间段都有激活作用;在不同施药时期下,小麦产量表现为 Q2 > Q1 > Q3, 3 个处理产量之间均达到显著性差异( $P < 0.05$ ),其中 Q2 产量最高,说明扬花期施药对增产最佳,这是因为在复配拌种的条件下起身拔节期小麦的病害仅纹枯病有轻微表现,而此时施药后再等到扬花期锈病、白粉

病和赤霉病暴发的时候已不能够起到防病的作用,同样,灌浆期施药错过了赤霉病的防治时期也错过了防治锈病和白粉病的关键时期,这也是在复配拌种条件下扬花期施药增产显著的根本原因。

#### 参考文献:

- [1] 马 畅,刘新刚,吴小虎,等. 农田土壤中的农药残留对农产品安全的影响研究进展[J]. 植物保护,2020,46(2):6-11.
- [2] 赵 玲,滕 应,骆永明. 中国农田土壤农药污染现状和防控对策[J]. 土壤,2017,49(3):417-427.
- [3] 张娜娜,姜 博,邢 奕,等. 有机磷农药污染土壤的微生物降解研究进展[J]. 土壤,2018,50(4):645-655.
- [4] 丁浩东,万红友,秦 攀,等. 环境中有机磷农药污染状况、来源及风险评价[J]. 环境化学,2019,38(3):463-479.
- [5] 丛晓男,单菁菁. 化肥农药减量与农用地土壤污染治理研究[J]. 江淮论坛,2019,62(2):17-23.
- [6] 李志明,吉庆勋,杨曼利,等. 我国农田土壤污染现状及防治对策[J]. 河南农业,2019(23):46-49.
- [7] 王心义,赵明坤,潘文维. 河南焦作市土壤有机氯农药污染状况调查[J]. 土壤通报,2009,40(2):415-419.
- [8] 何利文. 农药对地下水的污染影响与环境行为研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [9] 李 浩. 河南省粮食生产与生态环境协调发展研究[D]. 郑州:河南工业大学,2017.
- [10] 杜 江. 转型期中国农业增长与环境污染问题研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [11] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [12] 李 霞,张小平,喻 晓,等. 代森锰锌类农药对生姜种植地土壤酶活性及微生物群落结构的影响[J]. 生态环境学报,2016,25(9):1569-1574.
- [13] 彭小琴. 24-表油菜素内酯和百菌清处理对葡萄光合和生理代谢的调控[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [14] 杨明明. 不同基因型小麦光合特性及病虫害防控效果研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [15] 夏玉荣. 杀虫剂对小麦产量和品质的影响及其机理[D]. 扬州:扬州大学,2010.
- [16] 夏玉荣,封超年,周立云,等. 几种杀虫剂对小麦旗叶光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 麦类作物学报,2010,30(4):644-650.
- [17] 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):1037-1043.
- [18] 鲁赫鸣,闫 颖,王文思,等. 农药对土壤过氧化氢酶活性的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版),2004,36(4):93-97.
- [19] 闫 颖,袁 星,樊宏娜. 五种农药对土壤转化酶活性的影响[J]. 中国环境科学,2004,24(5):588-591.
- [20] 徐 珍. 氟铃脲在菜园环境中的持久性及对几种土壤生物学指标的影响研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2007.