

闫军营,孙笑梅,程传凯,等. 腐殖酸与氮肥配施对豫北潮土冬小麦光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):104-110.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.017

腐殖酸与氮肥配施对豫北潮土冬小麦光合特性的影响

闫军营¹, 孙笑梅¹, 程传凯¹, 张水清², 袁天佑¹

(1. 河南省土壤肥料站,河南郑州 450008; 2. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,河南郑州 450002)

摘要:为了评价减氮配施腐殖酸对冬小麦光合特性的影响,为科学利用氮肥提供有效依据,2017—2019 年在豫北潮土区开展田间定位试验,研究腐殖酸与不同氮肥水平配施对冬小麦光合特性的影响。试验设置单施磷钾肥、常规施肥、单施腐殖酸 3 000 kg/hm²、腐殖酸 3 000 kg/hm² + 常规施肥、腐殖酸 3 000 kg/hm² + 常规施肥减氮 15%、腐殖酸 3 000 kg/hm² + 常规施肥减氮 30% 等 6 个处理。结果表明,腐殖酸与氮肥配施可以有效改善冬小麦的光合特性,其中,以常规施肥减氮 15% 配施腐殖酸(T5 处理)的效果最佳。冬小麦叶片的 SPAD 值、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)随着生育时期的推移呈先升后降的趋势,而胞间 CO₂ 浓度(C_i)却与之完全相反。T5 处理的冬小麦叶片的 SPAD 值、 P_n 、 G_s 和 T_r 最高,而 C_i 最低,在整个生育期与常规施肥 T2 处理相比,SPAD 值增加 5.77% ~ 32.19%, P_n 增加 12.08% ~ 21.66%, G_s 增加 8.78% ~ 14.97%, T_r 增加 10.53% ~ 26.98%,而 C_i 降低 8.32% ~ 24.02%。因此,腐殖酸 3 000 kg/hm² + 常规施肥减氮 15% 是本研究区域最佳的施肥模式,对实现农业的高质量生产具有重要的意义。

关键词:腐殖酸;氮肥;潮土;冬小麦;光合特性

中图分类号: S512.1⁺10.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0104-06

肥料作为粮食的“粮食”,在现代农业高质量发展中起着非常重要的作用。研究显示,全球约 48% 的人口靠肥料投入生产的粮食来养活,其中,氮肥对生产粮食的贡献最大,高达 30% ~ 50%^[1-2],而我国有近 56% 的人口主要依靠氮肥投入生产的粮食来养活^[3]。近年来,由于我国氮肥的不合理利用引起了一系列生态环境问题,对农业高质量发展造成了一定的威胁。适度减少氮肥用量,通过科学合理配施氮肥的措施,提高氮肥利用率、减少氮素损失,有效及时防控农业面源污染已成为当前我国农业高质量发展的迫切需要。腐殖酸含有多种活性官能团,具有生化活性,在化肥增效方面有较好效果^[4-7]。有许多研究结果显示,腐殖酸与氮肥配施不仅能显著提高氮肥利用效率、提高作物产量、减少氮肥使用,还能进一步培肥改良土壤^[4,8-10]。

豫北潮土区是河南省的主要粮食生产区,也是我国重要的优质粮食生产基地,冬小麦是该区域最主要的粮食作物。近年来,有关腐殖酸在农业生产领域的研究越来越多,但鲜有腐殖酸与氮肥直接配施对冬小麦光合特性的影响研究。本研究运用减氮配施腐殖酸的肥料运筹技术模式,在保证冬小麦高产、优质和农民增收的前提下,探求提高氮肥利用率、减少氮肥使用量、降低农田面源污染的合理施氮技术模式,以期为实现农业高质量发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于河南省焦作市博爱县坞庄村,土壤为潮土,属豫北平原区,平均海拔 100 m 左右,属暖温带大陆性季风气候。年均气温 14 ~ 15 ℃,年均降水量 550 ~ 700 mm,无霜期 210 d。作物种植模式为冬小麦—夏玉米轮作。试验点地势平坦,试前土壤(0 ~ 20 cm)有机质含量为 18.08 g/kg,碱解氮含量 126.81 mg/kg,速效磷含量 32.56 mg/kg,速效钾含量 164.63 mg/kg,pH 值 8.2(1:5 水提)。

1.2 试验设计

试验田设在永久性耕地上,采取田间定位,试

收稿日期:2020-05-19

基金项目:国家粮食丰产科技工程(编号:2013BAD07B07);河南省政府与中国科学院合作项目[编号:STS(KFJ-SW-STS-142)]。

作者简介:闫军营(1978—),男,河南温县人,硕士,高级农艺师,主要从事土壤肥料与作物栽培等方面的研究。E-mail: tfzfk@126.com。

通信作者:袁天佑,博士,主要从事土壤肥料与作物栽培等方面的研究。E-mail: tianyouyuan_2010@163.com。

验时间为 2017 年 10 月至 2019 年 6 月,供试冬小麦品种为周麦 16,由河南天存种业有限公司提供。供试肥料: N 肥为尿素 (46%), P 肥为过磷酸钙 (12%), K 肥为氯化钾 (60%)。试验中所使用的腐殖酸 (全氮、全磷和全钾分别为 0.76%、0.38% 和 0.23%,有机质含量 80.92%, pH 值 4.74) 由南阳市沃泰肥业有限公司提供。冬小麦大约于每年 10 月 12 日左右播种,播量为 $225 \sim 300 \text{ kg/hm}^2$,次年 6 月 10 日左右收获。试验设 6 个处理 (表 1),随机区组

排列,重复 3 次,小区面积为 $48 \text{ m}^2 (6 \text{ m} \times 8 \text{ m})$,同时设置保护行和观察道。试验中所有处理除了 T3 处理 (单施腐殖酸) 外,其他所有处理 (T1、T2、T4、T5、T6) 全生育期磷钾肥均用做基肥一次性施入。其中 T2、T4、T5、T6 处理的氮肥均采用基追配合的模式即 50% 氮肥做基肥,剩余 50% 氮肥于冬小麦拔节期追施。腐殖酸用做基肥一次性施入。所有施肥处理的种植密度及其他水肥管理措施均按照当地冬小麦生产技术进行。

表 1 试验各处理编号及施肥情况

处理编号	处理	氮 (N) 用量 (kg/hm^2)	磷 (P_2O_5) 用量 (kg/hm^2)	钾 (K_2O) 用量 (kg/hm^2)	腐殖酸用量 (kg/hm^2)
T1	不施氮肥	0	135.00	60.00	0
T2	常规施肥	225.00	135.00	60.00	0
T3	单施腐殖酸	0	0	0	3 000.00
T4	常规施肥 + 腐殖酸	225.00	135.00	60.00	3 000.00
T5	常规施肥减氮 15% + 腐殖酸	191.25	135.00	60.00	3 000.00
T6	常规施肥减氮 30% + 腐殖酸	157.50	135.00	60.00	3 000.00

1.3 主要测定项目及方法

冬小麦各生育期以 50% 达到各个时期技术指标为标准,记载试验各生育期节点。

在冬小麦的关键生育时期同时测定冬小麦旗叶的叶绿素相对含量 (用 SPAD 值表示)、净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (G_s) 和胞间 CO_2 浓度 (C_i) 等参数。其中,叶绿素相对含量用便携式叶绿素测定仪测定 (日产 SPAD-502PLUS); 光合特性参数采用 Li-6400XT 便携式光合测定仪测定 (美国 LI-COR)。测定时间一般为晴朗天气的 09:00—11:00,测定条件采用红蓝光源 [光合有效辐射 $1\,000 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] 和 CO_2 注入系统 ($400 \mu\text{mol/L}$)。在冬小麦的孕穗期和扬花期测定冬小麦第 1 张新完全展开叶,在灌浆期则测量冬小麦的旗叶,测定部位均选择距离叶节 1 cm 处。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据均采用 Excel 2003 和 SAS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦叶片 SPAD 值的影响

由图 1 可以看出,不同处理冬小麦叶片的 SPAD 值总体呈现出随着其生育期的推移先缓慢升高而后又下降的趋势,并在冬小麦的开花期达到最高

点,在成熟期下降到最低。其中,不施氮肥处理即 T1 处理 (单施磷钾肥) 和 T3 处理 (单施腐殖酸) 的冬小麦叶片的 SPAD 值显著低于其他各施氮处理。

由图 1-A 可以看出,2018 年在冬小麦生长的整个生育期内,叶片的 SPAD 值总体上呈现 T5 处理 > T4 处理 > T6 处理 > T2 处理 > T1 处理 > T3 处理。其中,T2 处理的冬小麦叶片的 SPAD 值显著高于不施氮肥的 T1 处理和 T3 处理,在 5 个生育期分别高出 32.14% ~ 59.15% 和 33.62% ~ 52.72%。腐殖酸与氮肥配施的 T5 处理、T4 处理和 T6 处理的冬小麦叶片的 SPAD 值明显高于 T2 处理,在冬小麦的灌浆和成熟期的差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。但是,T3 处理与 T1 处理的 SPAD 值均处于较低水平。腐殖酸只有与氮肥配施才能更好地发挥肥效,提高冬小麦叶片的 SPAD 值,其中以 T5 处理的 SPAD 值最高。T4 处理的 SPAD 值较 T2 处理高 0.79% ~ 15.94%; 而 T5 处理的 SPAD 值较 T2 处理高 1.90% ~ 22.63%,在拔节期、灌浆期和成熟期的差异均达显著水平 ($P < 0.05$),较 T4 处理高 0.26% ~ 5.77%,T6 处理 SPAD 值较 T5 处理低 1.60% ~ 11.63%。

由图 1-B 可以看出,随着试验年限的增加,2019 年 T1 处理和 T3 处理的冬小麦由于长期缺失氮肥,二者 SPAD 值均分别比 2018 年对应的各时期有所下降,而其他处理的 SPAD 值均保持较高的优

势,各处理 SPAD 值总体上呈现 T5 处理 > T4 处理 > T6 处理 > T2 处理 > T3 处理 > T1 处理,施用氮肥的优势更加明显,尤其是腐殖酸与氮肥配施的处理优势更加突出,其中,仍以 T5 处理的 SPAD 值最高。T4 处理的 SPAD 值较 T2 处理高 3.65% ~ 19.69%,而 T5 处理较 T2 处理和 T4 处理分别高

5.77% ~ 32.19% 和 0.72% ~ 10.44%,在冬小麦生长的整体生育期均显著高于 T2 处理,在开花期和成熟期显著高于 T4 处理。当常规施肥减氮 30% 配施腐殖酸(T6 处理)时 SPAD 值较 T5 处理低 2.94% ~ 20.57%,且除了拔节期外的其余 4 个时期的差异均达显著水平($P < 0.05$)。

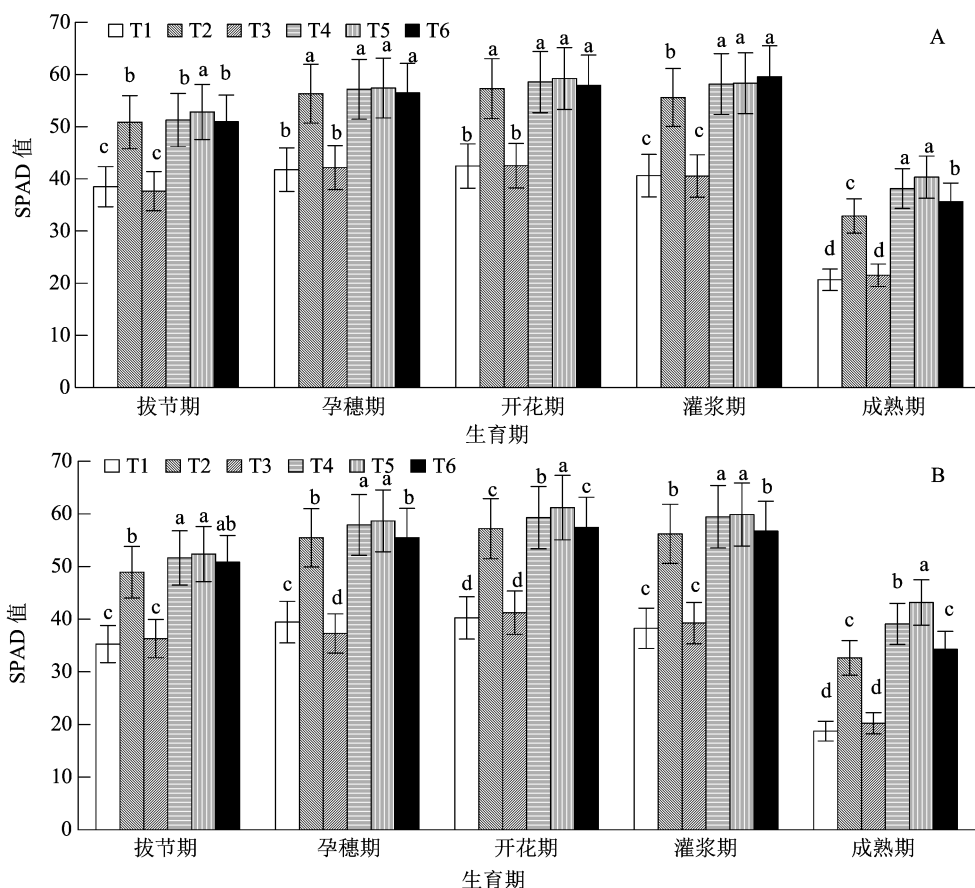


图1 不同施肥处理对 2018(A)、2019(B)年冬小麦 SPAD 值的影响

2.2 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦主要光合特性的影响

2.2.1 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦净光合速率(P_n)的影响

由图 2 可以看出,各处理冬小麦叶片 P_n 随其生育期的推移均呈现先上升后下降的趋势,在冬小麦的开花期上升到最高,在成熟期下降到最低,特别是在冬小麦的成熟期,其 P_n 下降较为剧烈,冬小麦不同时期的 P_n 总体呈现开花期 > 孕穗期 > 拔节期 > 灌浆期 > 成熟期。在冬小麦的整个生育时期,T1 处理和 T3 处理冬小麦叶片的 P_n 明显低于其他处理,且二者 P_n 比较接近。冬小麦的 P_n 大小总体上表现为不施氮肥处理的冬小麦叶片 P_n 最低,腐殖酸配施氮肥处理高于常规施肥处理,其中 T5 处理的 P_n 最高。

由图 2 - A 可以看出,2018 年 T2 处理的冬小麦叶片的 P_n 明显高于 T1 处理和 T3 处理。腐殖酸与氮肥配施的 T5 处理、T4 处理和 T6 处理的冬小麦叶片 P_n 高于单施氮磷钾化肥的 T2 处理,特别是在冬小麦的成熟期差异明显。其中,T5 处理的 P_n 最高,在整个生育期较 T2 处理高 4.45% ~ 35.55%,较 T4 处理高 0.058% ~ 0.25%;T4 处理的 P_n 在整个生育期较 T2 处理高 2.01% ~ 31.65%。当常规施肥减氮 30% 配施腐殖酸(T6 处理)时,冬小麦叶片的 P_n 却明显降低,在整个生育期较 T5 处理降低了 3.87% ~ 18.25%,且在生长后期即开花期后的差异明显。但是,单施腐殖酸的 T3 处理效果并不好,其 P_n 明显低于 T2 处理、T6 处理、T4 处理和 T5 处理,甚至有时低于单施磷钾肥的 T1 对照处理。

由图 2 - B 可以看出,随着试验年限的增加,2019 年 T1 处理和 T3 处理的 P_n 均有所下降,而其他施肥处理的冬小麦的 P_n 均高于 2018 年对应的各时期。施用氮肥的优势更加明显,尤其是腐殖酸与氮肥配施处理的优势更加突出。腐殖酸与氮肥配施的 T4 处理、T5 处理和 T6 处理的冬小麦的 P_n 在

整个生育期较 T2 处理分别高 1.33% ~ 40.71%、2.21% ~ 51.02%、0.36% ~ 13.93%;常规施肥配施腐殖酸或减氮配施腐殖酸处理对冬小麦的 P_n 影响有差异,以 T5 处理的效果最佳,在整个生育期分别较 T4 处理和 T6 处理高 0.87% ~ 10.14%、0.28% ~ 32.55%。

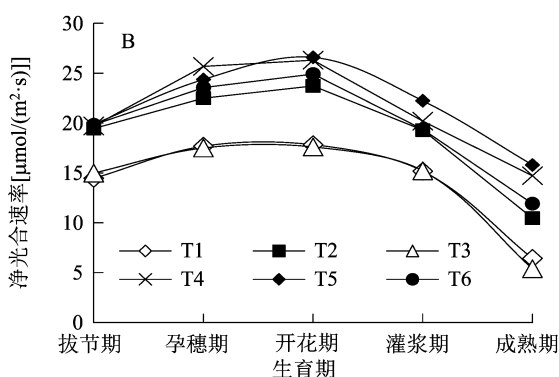
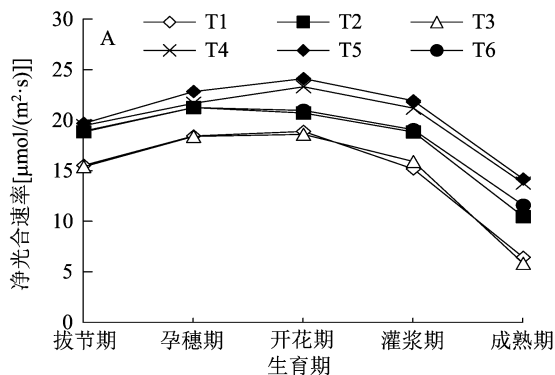


图2 不同施肥处理对 2018(A)、2019(B)年冬小麦叶片 P_n 的影响

2.2.2 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦叶片气孔导度 (G_s) 的影响 由图 3 可见,各处理冬小麦叶片的 G_s 随着冬小麦生育期的推移均呈现出先上升后下降的趋势,在冬小麦的开花期上升到最高,在成熟期达到最低,尤其是在冬小麦的生长后期,其 G_s 下降的更为剧烈,冬小麦叶片的 G_s 总体呈现 T5 处理 > T4 处理 > T6 处理 > T2 处理 > T1 处理 > T3 处理, T3 处理的始终处于最低水平,除 T1 处理外(两者相近),明显低于其他各施肥处理。

由图 3 - A 可见, T4 处理的冬小麦叶片 G_s 在 2018 年整个生育期较 T2 处理高 5.73% ~ 7.02%, 而 T5 处理的 G_s 最高,在整个生育期较 T2 处理高

6.83% ~ 13.72%, 较 T4 处理高 2.88% ~ 6.18%。当常规施肥减氮 30% 配施腐殖酸 (T6 处理) 时, G_s 却明显降低,在整个生育期较 T5 处理降低 5.97% ~ 9.98%。

由图 3 - B 可见, T4 处理的冬小麦叶片 G_s 在 2019 年整个生育期较 T2 处理高 2.78% ~ 6.73%, 而 T5 处理的 G_s 最高,在整个生育期较 T2 处理高 8.78% ~ 14.97%, 较 T4 处理高 2.92% ~ 6.34%。当常规施肥减氮 30% 配施腐殖酸 (T6 处理) 时, G_s 却明显降低,在整个生育期较 T5 处理降低 6.65% ~ 10.02%。

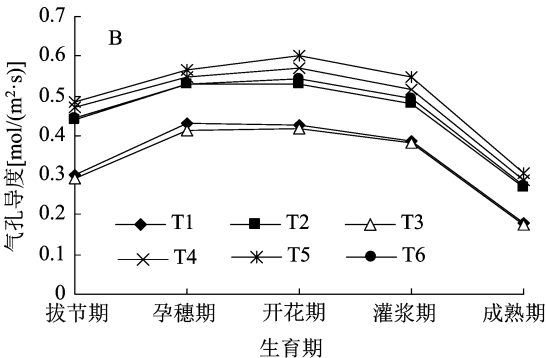
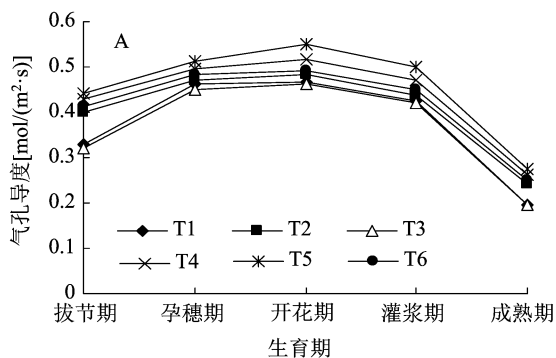


图3 不同施肥处理对 2018(A)、2019(B)年冬小麦叶片 G_s 的影响

2.2.3 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦叶片蒸腾速率 (T_r) 的影响 由图 4 可知,各处理冬小麦叶片的 T_r 随着冬小麦生育期的推移均呈现出先上升后下降

的趋势,总体上呈现 T5 处理 > T4 处理 > T6 处理 > T2 处理 > T1 处理和 T3 处理,可以看出腐殖酸与氮肥配施优于常规施肥,常规施肥优于不施氮肥,说

明氮肥有利于提升冬小麦叶片的蒸腾速率,腐殖酸与氮肥配施能激发冬小麦叶片产生更高的蒸腾速率,这与冬小麦叶片的光合速率的变化趋势保持一致。

由图 4-A 可知,在 2018 年各施肥处理的冬小麦叶片的 T_r 均在冬小麦开花期上升到最大值,开花期后开始缓慢下降,灌浆期后开始剧烈下降,在成熟期下降到最低值。冬小麦叶片的 T_r 以腐殖酸+化肥减氮 15% (T5 处理) 最高,明显高于其他各施肥处理。其中,T4 处理的 T_r 在这个生育期较常规施肥的 T2 处理高 6.11% ~ 8.83%,而 T5 处理较 T2 处理高 10.53% ~ 26.98%,较 T4 处理高 3.12% ~ 16.67%。

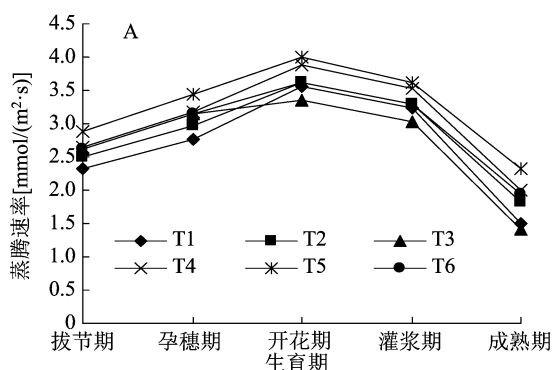
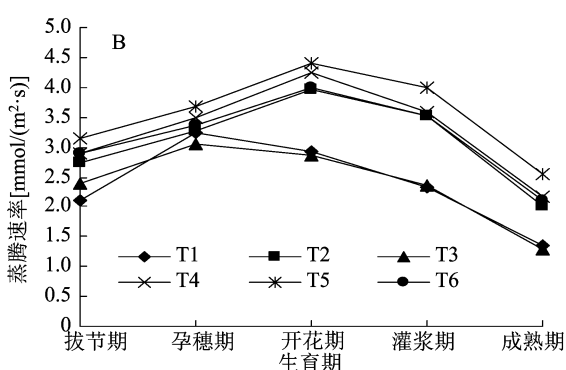


图4 不同施肥处理对 2018(A)、2019(B) 年冬小麦叶片 T_r 的影响



2.2.4 腐殖酸与氮肥配施对冬小麦胞间 CO_2 浓度 (C_i) 的影响 由图 5 可知,各处理冬小麦 C_i 呈先缓慢下降而后急剧上升的趋势,均在冬小麦的开花期下降到最低,在成熟期上升到最高,这刚好与冬小麦叶片的 P_n 、 G_s 和 C_i 的变化趋势相反,总体上呈现 T3 处理 > T1 处理 > T2 处理 > T6 处理 > T4 处理 > T5 处理,T3 处理和 T1 处理明显高于其他各施肥处理。在冬小麦开花期之后,冬小麦叶片 C_i 随着 P_n 、 G_s 和 T_r 的下降而迅速增加,这充分说明此时冬小麦叶片细胞光合活性下降和 CO_2 同化能力减弱限制冬小麦叶片的光合作用强度,同时也表明了冬小麦开花后其旗叶衰老加剧。在冬小麦开花期之后,T3 处理和 T1 处理的 C_i 比其他施肥处理上升较为剧烈,说明二者冬小麦旗叶衰老得较为严重,不利于冬小麦后期的光合作用。

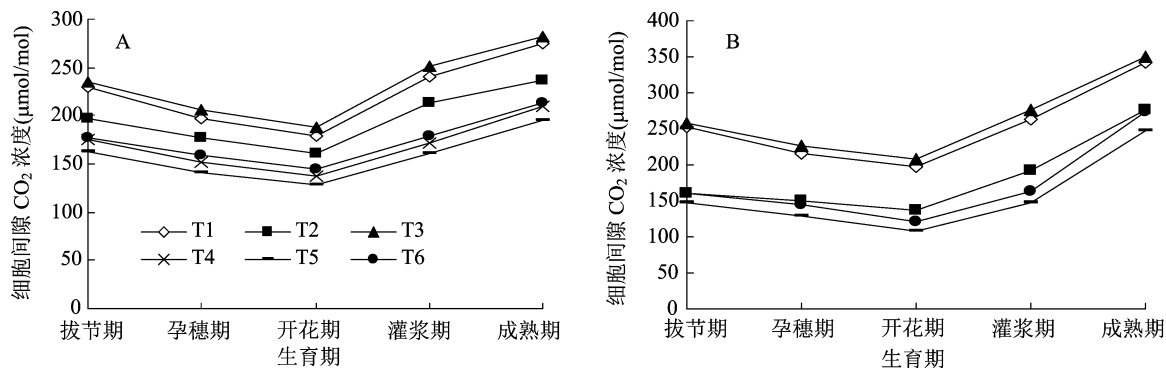
由图 5-A 可见,在 2018 年以腐殖酸+常规施肥减氮 15% (T5 处理) 的冬小麦的 C_i 最低,明显低于其他处理。其中,T4 处理的 C_i 在整个生育期较 T2 处理低 11.12% ~ 19.47%,而 T5 处理的 C_i 较 T4 处理低 5.65% ~ 7.20%。

由图 4-B 可知,随着种植年限的增加,在 2019 年各处理冬小麦叶片的 T_r 均发生了较大变化。不施氮肥即 T1 处理和 T3 处理的冬小麦叶片的 T_r 在孕穗期达到最大值,然后开始下降,在成熟期达到了最低值;而施氮肥即 T2 处理、T4 处理、T5 处理和 T6 处理的 T_r 仍然在开花期上升到最高,花期后开始下降,直至降到成熟期的最低值。冬小麦叶片的 T_r 仍以腐殖酸+常规施肥减氮 15% (T5 处理) 最高,明显高于其他各施肥处理。其中,T4 处理的 T_r 在整个生育期较 T2 处理高 6.22% ~ 8.94%,而 T5 处理较 T4 处理高 3.14% ~ 16.72%。

由图 5-B 可见,在 2019 年以腐殖酸+常规施肥减氮 15% (T5 处理) 的冬小麦的 C_i 最低,明显低于其他处理。其中,T4 处理的 C_i 在整个生育期较 T2 处理降低 1.18% ~ 22.34%,而 T5 处理的 C_i 较 T4 处理低 0.65% ~ 7.12%。

3 结论与讨论

一般地,作物生长发育受生态环境因素(水、肥、气、热)和人为环境(栽培管理)的影响,在二者相对一致的情况下,施肥是影响作物生长发育的关键因素^[11]。其中施氮对作物叶绿素和光合速率等主要酶和光呼吸都有明显的影响,并直接或间接对光合作用产生影响。氮素是叶绿素的重要成分,同时也是作物组织形成的重要物质,因此,合理施用氮肥对作物叶片叶绿素合成、光合特性和作物组织的建成具有重要作用^[12-15]。本研究结果表明,施氮有利于冬小麦对氮素的吸收,提高冬小麦叶片的 SPAD 值,不施氮的处理不能提升冬小麦的 SPAD 值。冬小麦叶片的 SPAD 值随着生育期的推移呈先上升后下降的趋势,在其开花期达到最大值,这主

图5 不同施肥处理对 2018(A)、2019(B) 年冬小麦叶片 C_i 的影响

要是由于土壤供氮能力在开花期达到最大。腐殖酸与氮肥配施才能发挥更高的肥效,提高冬小麦叶片的 SPAD 值,但是,与腐殖酸配施的氮肥用量要适宜,其中以腐殖酸 + 化肥减氮 15% 处理的效果最好,明显高于其他处理,说明减氮配施腐殖酸能有效提升冬小麦的 SPAD 值,有效延缓冬小麦叶片的衰老,有利于持续保持冬小麦较高的光合作用,促进冬小麦生长。但是,不施氮肥、过量施氮以及较低氮肥的施用均不利于冬小麦叶片 SPAD 值的提升,尤其在冬小麦生长后期下降的幅度非常大,呈急剧下降趋势,脱肥比较严重,容易出现早衰现象,这与前人的研究结果^[16-17]一致。

光合作用是作物物质生产的基础,光合能力的大小是作物光合作用强弱的主要标志,与其产量的高低呈正相关关系^[15]。冬小麦叶片净光合速率的大小是其光合能力强弱的主要指标,它的高低能直接反映出光合作用的强弱^[18]。本研究显示,腐殖酸与氮肥配施更有利于冬小麦叶片净光合速率、气孔导度和蒸腾速率的提升,并明显降低胞间 CO_2 浓度。其中以腐殖酸 + 化肥减氮 15% 处理的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率最高,明显高于其他处理,而胞间 CO_2 浓度却最低,说明合理施用氮肥并配施一定量的腐殖酸能有效提升冬小麦的光合速率,有利于持续保持冬小麦较高的光合作用,且此效果较为明显,尤其是在冬小麦生长后期,明显高于单施化肥氮磷钾的处理。这与前人的研究结果^[19]一致。卓武燕等通过对陕西和黄淮海类型的冬小麦光合特性的比较指出,黄淮海类型冬小麦的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率均随着生育期的推进呈先上升后下降的趋势,在开花期达到最大值,在成熟期达到最低值^[20]。本研究显示,在冬小麦的整个生育期内,其叶片的净光合速率、气孔导

度和蒸腾速率变化趋势一致,均随着生育期的推进呈先上升后下降的趋势,在开花期达到最大值,随后缓慢下降,并在成熟期达到最低值。这也与张成军等的研究结果^[21-22]一致,即在开花期后,作物各类光合参数都出现降低的趋势。本研究还显示,冬小麦叶片胞间 CO_2 浓度的变化趋势恰好与其净光合速率、气孔导度和蒸腾速率变化趋势相反,即随着生育期的推进呈先下降后上升的趋势,在开花期达到最小值,随后开始迅速上升,并在成熟期达到最大值,这与卓武燕等的研究结果^[20]一致。

参考文献:

- [1] Erisman J W, Sutton M A, Galloway J, et al. How a century of ammonia synthesis changed the world[J]. *Nature Geoscience*, 2008, 1(10): 636-639.
- [2] 朱兆良, 金继运. 保障我国粮食安全的肥料问题[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(2): 259-273.
- [3] 张卫峰, 马林, 黄高强, 等. 中国氮肥发展、贡献和挑战[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(15): 3161-3171.
- [4] 郝青, 梁亚勤, 刘二保. 腐殖酸复混肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. *山西农业科学*, 2012, 40(8): 853-856.
- [5] Peuravuori J, Zbankova P, Pihlaja K. Aspects of structural features in lignite and lignite humic acids[J]. *Fuel Processing Technology*, 2006, 87(9): 829-839.
- [6] 刘丹, 黄占斌, 李柯, 等. 腐殖酸对氮、磷肥的增效机理研究综述[J]. *腐植酸*, 2016(2): 1-5.
- [7] 张树清, 刘秀梅, 冯兆滨. 腐殖酸对氮、磷、钾的吸附和解吸特性研究[J]. *腐植酸*, 2007(2): 15-21.
- [8] Akhtar K, Shah S N M, Amjad A, et al. Effects of humic acid and crop residues on soil and wheat nitrogen contents[J]. *American Journal of Plant Sciences*, 2014, 5(9): 1277-1284.
- [9] 王曰鑫, 秦慧娟. 腐殖酸的增氮解磷促钾作用[J]. *腐植酸*, 2008(4): 27-32.
- [10] 孙建好, 郭天文, 杨思存, 等. 腐殖酸类肥料对小麦/大豆带田产量的影响[J]. *甘肃农业科技*, 2001(1): 35-36.
- [11] 刘欢, 陈苗苗, 孙志梅, 等. 氮肥调控对小麦/玉米产量、氮素

戈晓峰,薛丰昌,姬菲菲,等. 水稻气候品质定量化认证模型构建——以宁夏吴忠市灌区水稻为例[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):110-115.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.018

水稻气候品质定量化认证模型构建 ——以宁夏吴忠市灌区水稻为例

戈晓峰¹, 薛丰昌¹, 姬菲菲², 张嫣然¹

(1. 南京信息工程大学气象灾害地理信息工程实验室, 江苏南京 210044; 2. 宁夏回族自治区吴忠市气象局, 宁夏吴忠 751100)

摘要:农产品气候品质认证是指气候条件对农产品品质影响的优劣等级的评定,传统技术方法主要依据经验及历史数据对农产品生长气候条件进行定性化评分认证。以宁夏吴忠市灌区水稻为例,以历史气候数据作为参考背景,构建水稻品质气象条件适宜性梯度级,结合当年水稻各生育期的气候因素,综合考虑气象灾害对水稻品质的影响,建立水稻气候品质定量化认证模型,实现对水稻气候品质定量化评价。2019年宁夏吴忠市灌区水稻的气候品质认证结果与农业气象观测站记录基本吻合,表明该认证模型具有较好的实践应用性。

关键词:水稻;气候品质;定量化认证模型;吴忠市

中图分类号: S162.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0110-06

水稻是我国种植面积最广、总产量和单位面积产量(简称单产)单产均最高的粮食作物,在我国粮食生产和消费中一直处于主导地位^[1]。但水稻的产量和质量与其各生育期所处环境因素有着密切关系,樊晓玲等研究表明,水稻各生育期所处环境的温度、降水、日照时长以及是否有灾害发生都与该地水稻最终产量及品质有着密不可分的直接关系^[2-4]。因此,通过评价某水稻种植区各生育期的

环境因素,进行气候品质认证分析,便可客观反映出该地水稻的产品品质优劣情况。

所谓农产品气候品质认证是指天气气候条件对农产品品质影响的优劣等级的评定^[5]。随着农产品市场的发展,消费者对其品质的关注也日益增加,由此诞生的农产品气候品质认证工作也迅速普及。但目前认证工作还普遍停留在人工阶段,需要大量的人力和物力,且耗时,目前相关报道中出现的认证方法仅涉及根据经验进行定性化的描述^[5-7],未见有认证过程中每一参数评分定量化标准的报道,这一现状极大地阻碍了农产品气候品质认证工作的发展。本研究以宁夏吴忠市灌区水稻为例,将吴忠市往年历史气候数据作为参考背景,结合当年水稻各生育期的气候因素,同时考虑气象灾害发生对水稻品质及产量的影响,建立水稻气候

收稿日期:2020-03-05

基金项目:江苏省研究生科研创新计划(编号:SKY19_0969)。

作者简介:戈晓峰(1997—),男,江苏宿迁人,硕士研究生,主要从事农业气象方向研究。E-mail: xiaofeng3740@163.com。

通信作者:薛丰昌,博士,教授,主要从事智慧气象、气象GIS、气候资源调查评价与气候可行性论证等研究。E-mail: xfc9800@126.com。

利用及农田氮素平衡的影响[J]. 华北农学报,2016,31(1): 232-238.

[12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:134-138.

[13] 刘允芬,张宪洲,周允华,等. 西藏高原田间冬小麦的表现光合量子效率[J]. 生态学报,2000,20(1):35-38.

[14] 许大全,丁勇,武海. 田间小麦叶片光合效率日变化与光合“午睡”的关系[J]. 植物生理学报,1992(3):279-284.

[15] 张耀兰,齐华,金路路,等. 氮肥对春小麦叶片光合特性的影响[J]. 辽宁农业科学,2005(6):5-7.

[16] 唐延林,王人潮,张金恒,等. 高光谱与叶绿素计快速测定大麦氮素营养状况研究[J]. 麦类作物学报,2003,23(1):63-66.

[17] 谢华,沈荣开,徐成剑,等. 水、氮效应与叶绿素关系试验研究

[J]. 中国农村水利水电,2003(8):40-43.

[18] 刘全吉,孙学成,胡承孝,等. 砷对小麦生长和光合作用特性的影响[J]. 生态学报,2009,29(2):854-859.

[19] 张向前,乔玉强,赵竹,等. 长期不同施肥模式下砂姜黑土小麦根系和光合的差异性研究[J]. 华北农学报,2016,31(3):175-183.

[20] 卓武燕,张正茂,刘苗苗,等. 不同类型小麦光合特性及农艺性状的差异[J]. 西北农业学报,2016,25(4):538-546.

[21] 张成军,陈国祥,施大伟,等. 两种高产小麦旗叶光合功能衰退特性的比较[J]. 植物研究,2005(02):163-168.

[22] Baker D N, Musgrave K B. The effects of low level moisture stresses on the rate of apparent photosynthesis in corn[J]. Crop Science, 1964,4(3):249-253.