



王囡囡,宋英博,张洪权,等.不同施肥量与种植密度下玉米叶片保绿性研究[J].黑龙江农业科学,2020(6):26-30.

不同施肥量与种植密度下玉米叶片保绿性研究

王囡囡,宋英博,张洪权,樊伟民,孟凡祥,李 于,王丽秋,靳晓春

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:玉米叶片保绿性是玉米生育后期综合体征的表达,与玉米产量、籽粒品质、植株抗病性、植株抗逆性等性状相关,因而合理利用玉米叶片保绿性越来越受到人们的重视。本研究以玉米禾育 187 和吉单 27 为研究对象,分析不同施肥与种植密度条件对叶片功能期和玉米叶片 SPAD 值的影响。结果表明:种植密度与玉米叶片保绿性呈负相关。高肥处理(施纯 N 300 kg·hm⁻²)可以适当延长两玉米品种叶片保绿性,但要注意玉米品种的正常成熟。可见在玉米平衡施肥的基础上,适当增加施肥量可延长玉米叶片保绿性。

关键词:保绿性;玉米;叶片功能期;SPAD 值

早衰问题是限制玉米高产稳产的重要因素,由于早衰而导致玉米减产和品质下降的现象时常发生^[1-3]。玉米生长后期是玉米产量形成的关键时期,此时早衰玉米的叶片开始衰老,导致光合能力下降,这严重制约着玉米有机物的积累,对玉米产量影响很大^[4-6]。因此,延缓叶片衰老,延长叶片功能期是提高光能利用率和产量的有效途径^[7-9]。

玉米叶片保绿性是植物在生育后期综合体征的表达,与玉米产量、品质、抗病性和抗逆性等重要性状紧密相关,因而玉米叶片保绿性状越来越受到人们的重视^[10-12]。目前国内外学者一致认为,保持叶片绿色,延缓叶片的衰老,延长玉米叶片的光合作用时间,能够提高和延长抽丝后群体光合速率,显著提高产量;花后叶片早衰,绿叶面积减小,光合时间缩短,会明显降低籽粒产量,保绿型玉米品种具有更长的叶片功能期和更高的产量,对逆境也具有更强的抗性,所以研究玉米叶片的保绿性对提高玉米产量或选育优良品种具有指导意义^[13-14]。本文以玉米禾育 187 和吉单 27 为研究对象,分别在不同施肥与种植密度条件下对玉米叶片功能期和玉米叶片 SPAD 值相比较,旨在通过合理的施肥与种植密度调控延缓叶片衰老

时间,提高玉米叶片保绿性从而达到高产、多抗和节肥的目的。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在黑龙江省农业科学院佳木斯分院试验地进行。试验地土壤类型为潮褐土,质地为中壤。有机质含量为 1.814%,碱解氮含量为 111.00 mg·kg⁻¹,速效磷含量为 62.20 mg·kg⁻¹,速效钾含量为 61.98 mg·kg⁻¹。

1.2 材料

供试玉米品种为吉单 27(非保绿性品种)和禾育 187(保绿性品种)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设 4 个密度水平,分别为 B1(2 500 株·667 m⁻²),B2(3500 株·667 m⁻²),B3(4 000 株·667 m⁻²)和 B4(5000 株·667 m⁻²)。每种密度下设置 3 种施氮量,分别为 A1:N 0 kg·hm⁻²、A2:N 150 kg·hm⁻²和 A3:N 300 kg·hm⁻²,所施氮肥为大庆牌尿素,播前底肥配施过磷酸钙(P₂O₅ 50 kg·hm⁻²)和氯化钾(K₂O 50 kg·hm⁻²),小区面积 32 m²(4 m×8 m),随机区组设计,3 次重复。管理同大田生产。

1.3.2 测定项目及方法 叶片分组:参照张福喜等^[15]的方法,将玉米一生中主茎出现的叶片分为 4 组,C1(1~6 片叶为基部叶组),C2(7~12 片叶为下部叶组),C3(13~16 片叶为中部叶组),C4(17~22 片叶为上部叶组)。

植株选取:玉米出苗后,选取长相一致,有代表性的植株,进行定点观测。每小区 10 株,挂牌

收稿日期:2020-03-25

基金项目:黑龙江省东部地区玉米新品种选育与推广(KJFW-2019-JFY-2);黑龙江省农业科学院院级科研项目(2019YYYYF015)。

第一作者:王囡囡(1982-),女,在读博士,助理研究员,从事植物营养与土壤肥料研究。E-mail:wangnannan_1787@163.com。

通信作者:张洪权(1966-),男,硕士,副研究员,从事玉米育种研究。E-mail:zhanghongquan92@163.com。

标记。每日定点观测玉米叶片的伸出、全展和衰亡的时期。同时,数取叶片全展后的总叶片数。

叶片 SPAD 值的测定:日本美能达公司生产的 SPAD-502 叶绿素计,选取玉米叶片中部较宽处(避开叶脉)进行测量 5 次,取平均值作为该叶片的 SPAD 值。

1.3.3 数据分析 试验数据采用 Excel 2007 进行数据处理和作图;SPSS 22.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥与种植密度下玉米叶片功能期的变化规律

叶片功能期是指叶片全部展开至 50% 以上叶面积枯黄的时间,根据叶片功能期在两个品种中不同施氮量的方差分析结果可以看出,施氮量(A 因子)在不同叶组中,3 个水平之间的叶片功能期差异达到了显著或者极显著水平。由表 2 可知,禾育 187 在基部和下部叶组片 A1 水平与 A3 水平的叶片功能期之间均存在显著差异,在上部和中部叶片 A1 水平与 A3 水平的叶片功能期之间均存在极显著差异;吉单 27,在下部、中部和上部叶片 A1 水平与 A3 水平的叶片功能期差异均达到了显著水平,而基部叶片 A1、A2、A3 水平的叶片功能期无显著性差异。随着施肥量的增加,禾育 187 和吉单 27 在叶组下部、中部、上部叶片功能期均延长,玉米叶片保绿性延长,增加光合作用时间,有利于玉米籽粒的干物质积累。根据

叶片功能期在两个品种中不同种植密度的方差分析结果可以看出,种植密度(B 因子)在不同叶组中,4 个水平之间的叶片功能期差异达到了显著或者极显著水平。由表 2 可知,禾育 187 在基部和下部叶片 B4 水平与其他水平的叶片功能期之间均存在显著差异,B1、B2、B3 水平间无显著差异,在叶组上部、中部各水平叶片功能期之间不存在显著差异;吉单 27 在叶组下部、中部、上部 B1 水平与 B4 水平的叶片功能期差异均达到了显著水平,在叶组基部,B₁ 和 B₄ 水平存在极显著性差异。随着种植密度的增加,禾育 187 和吉单 27 在叶组基部叶片功能期均缩短,基部叶片呈现早衰现象。

表 1 试验因素与水平设计

Table 1 Design of experimental factors and levels

水平 Levels	因素 Factors			
	A:施氮量 Nitrogen fertilizer amount/ (kg·hm ⁻²)	B:密度 Planting density/ (plants·667 m ⁻²)	C:叶组 Leaf groups/ (kg·hm ⁻²)	D:品种 Variety
1	0	2500	基部叶片	禾育 187
2	150	3500	下部叶片	吉单 27
3	300	4000	中部叶片	
4		5000	上部叶片	

表 2 不同因素玉米叶片功能期方差分析

Table 2 Analysis of variance in functional stage of maize leaves with different factors

因子 Fator	水平 Level	禾育 187 Heyu 187				吉单 27 Jidan 27			
		基部叶片	下部叶片	中部叶片	上部叶片	基部叶片	下部叶片	中部叶片	上部叶片
		Base leaf	Bottom leaf	Middle leaf	Top leaf	Base leaf	Bottom leaf	Middle leaf	Top leaf
施肥 Fertilizer amount	A1	25.53 aA	53.73 aA	49.70 aA	48.93 aA	24.63 aA	46.85 aA	51.60 aA	48.80 aA
	A2	29.05 abA	59.50 abA	54.75 bAB	54.23 bAB	27.85 aA	51.15 abA	54.40 abA	52.88 abA
	A3	30.48 bA	62.53 bA	59.88 bB	59.85 bB	28.23 aA	53.10 bA	56.90 bA	54.15 bA
种植密度 Planting density	B1	30.00 aA	62.47 aA	58.17 aA	57.63 aA	30.63 aA	54.73 aA	57.07 aA	54.83 aA
	B2	29.87 aA	60.80 aA	57.03 aA	55.83 aA	28.00 abAB	51.63 abA	55.47 abA	52.53 abA
	B3	29.40 aA	60.40 aA	55.37 aA	55.77 aA	25.87 bcAB	48.77 abA	54.17 abA	51.37 abA
	B4	24.13 bA	50.67 bA	48.53 aA	48.10 aA	23.10 cB	46.33 bA	50.50 bA	49.03 bA

注:同列数据后不同大小写字母表示处理间差异显著或极显著($P\leq 0.05$ 或 $P\leq 0.01$)。
Note:Different capital and lowercase letters after the data in the same column indicate significant or extremely significant difference ($P\leq 0.05$ or $P\leq 0.01$).

2.2 不同施肥与种植密度下对玉米叶片 SPAD 值的影响

以 A2(N 150 kg·hm⁻²)条件下 4 个密度水平, 分别以 B1(2 500 株·667 m²), B2(3 500 株·667 m²), B3(4 000 株·667 m²)和 B4(5 000 株·667 m²)为例分析种植密度对 SPAD 值的影响。在玉米苗期和拔节期, 玉米叶片 SPAD 值在 4 种密度水平下无显著差异, 这与玉米前期的空间分布与需肥

量有关^[16-17]。由图 1 和图 2 可知, 在玉米大喇叭口期, 禾育 187 和吉单 27 两品种 SPAD 值均达到整个生育期最高值。吐丝期后玉米株高和叶片数基本固定, 玉米群体中存在较大竞争关系, 对养分的需求量加大, 不同密度的变化对玉米后期影响明显。随着密度的加大, 玉米叶片 SPAD 值呈下降趋势, 玉米叶片保绿性下降^[18-20]。

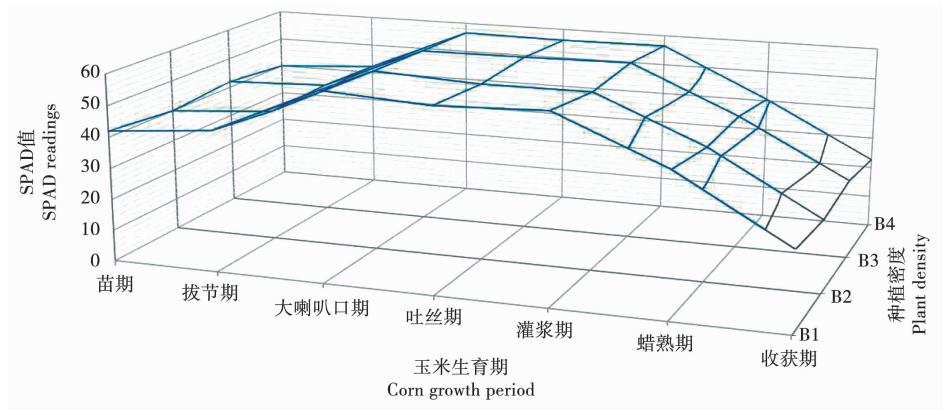


图 1 不同种植密度下各时期禾育 187 叶片 SPAD 值

Fig. 1 SPAD value of Heyu 187 leaves at different planting densities in different periods

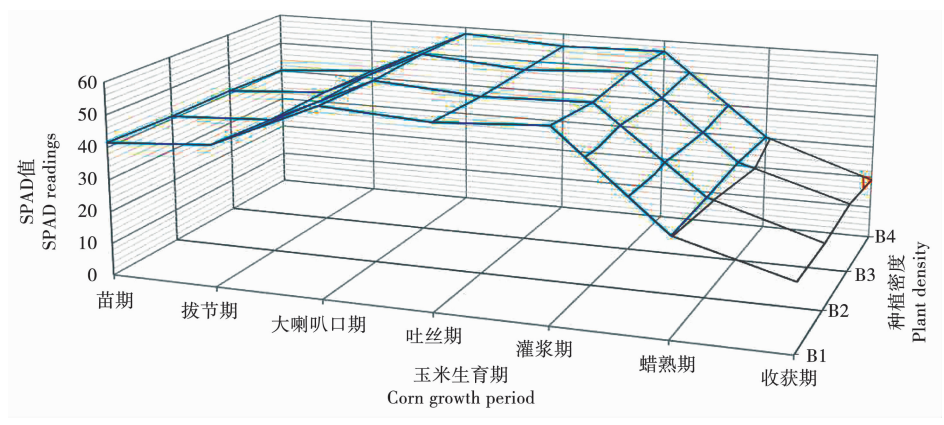


图 2 不同种植密度下各时期吉单 27 叶片 SPAD 值

Fig. 2 SPAD value of Jidan 27 leaves at different planting densities in different periods

以 B3(4 000 株·667 m²)条件下 3 种施肥水平, 分别以 A1(N 0 kg·hm⁻²), A2(N 150 kg·hm⁻²)和 A3(N 300 kg·hm⁻²)为例分析不同施肥对 SPAD 值的影响。由图 3 和图 4 可知, 在玉米苗期 3 种施肥水平下, 禾育 187 和吉单 27 两品种叶片 SPAD 值无明显差异, 这与玉米苗期的需肥特点有关。在玉米拔节期以后, 禾育 187 和吉单 27 两品种叶片 SPAD 值随着施肥量的增加增大, 在玉米灌浆期后, 禾育 187 叶片 SPAD 值一直高于吉

单 27 叶片 SPAD 值, 随着施肥量的增加, 玉米叶片功能期延长, SPAD 值下降缓慢。施肥可以有效的增加禾育 187 和吉单 27 两品种叶片 SPAD 值。禾育 187 和吉单 27 两品种 SPAD 值都随着玉米生育期先增大后减小, 规律趋于一致。在玉米灌浆期后, 吉单 27 SPAD 值比禾育 187 SPAD 值下降明显, 可见禾育 187 在后期叶片保绿性更长一些, 光合效率和干物质积累更多。

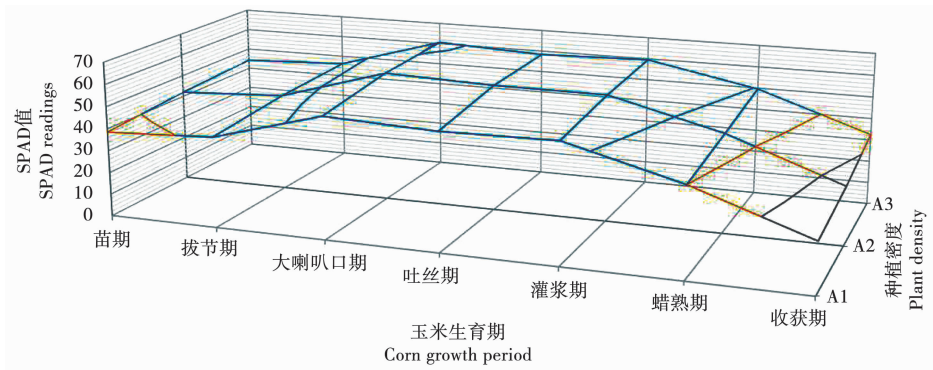


图3 不同施肥水平下各时期禾育187叶片SPAD值

Fig. 3 SPAD value of Heyu 187 leaf in different periods under different fertilization levels

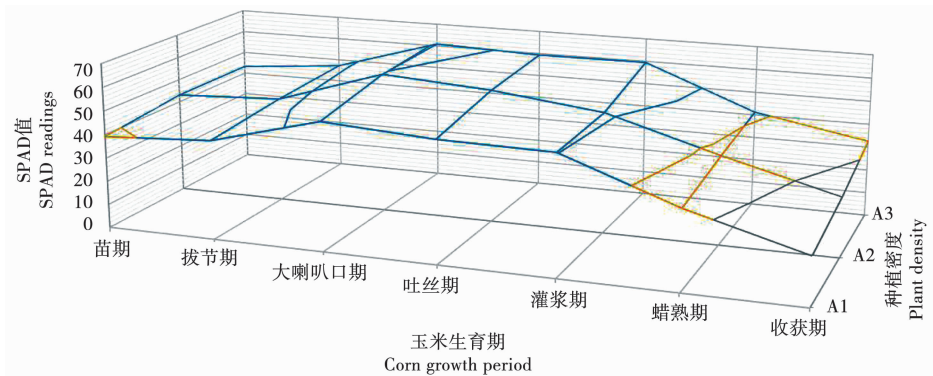


图4 不同施肥水平下各时期吉单27叶片SPAD值

Fig. 4 SPAD value of Jidan 27 leaf in different fertilization periods under different fertilization levels

3 讨论

保绿性玉米品种叶片具有3个特点:一是籽粒形成期叶片保绿度高,叶面积持续期长,籽粒充实度高,容易获得高产;二是对病害、旱灾、倒伏等具有较强的抗性,具有稳产性。三是保绿型玉米带绿成熟,叶绿素含量持续期长^[21-23]。本研究选用禾育187和吉单27两个玉米品种,两品种熟期相当。在玉米灌浆期后,两品种玉米叶片的功能期和玉米叶片SPAD值变化明显,禾育187叶片的功能期比吉单27叶片的功能期更长、抗性更好,在灌浆期后,吉单27叶片的SPAD值比禾育187叶片的SPAD值下降明显,这因为禾育187属于保绿性玉米品种,吉单27属于非保绿性玉米品种。禾育187种植密度在5.5万~6.0万株·hm²,吉单27种植密度在5.0万~5.5万株·hm²,试验设4个密度水平3.75万,5.25万,6.00万和7.50万株·hm²。以品种的最适密度为对照,比较高密度和低密度之间变化规律。玉米品种高密

度条件下,群体间竞争激烈,下部叶片最先衰老,中上部叶片的功能期变短,叶片功能期变短,叶片SPAD值下降。低密度虽可以延长叶片的功能期和缓解叶片SPAD值下降,但群体株数少,不利于玉米高产。两玉米品种叶片保绿性与种植密度呈负相关。试验设3个施肥水平下,随着施肥量的增加,禾育187和吉单27在叶片功能期均延长,玉米叶片保绿性均延长,叶绿素含量持续期延长,叶片SPAD值缓慢下降。高施肥量可以适当延长叶片功能期和延缓叶片SPAD值下降,但需要综合考虑当地积温情况,不可延长叶片功能期,造成植株贪青,影响玉米后期脱水。

4 结论

本研究选用禾育187和吉单27两个玉米品种,种植密度与玉米叶片保绿性呈负相关。在不同施肥条件下,高肥处理A3对玉米叶片保绿性影响较为明显,增施氮肥可作为调控玉米叶片保绿性的有效手段,为了更好地利用玉米叶片保绿

性,可以根据当地气候条件,选择玉米品种,对当地土壤化验分析,做到合理密植,在保证玉米正常成熟的前提下,通过施肥可适当延长玉米叶片功能期,延长光合作用和干物质积累。

参考文献:

- [1] 杨双,韩晓日.玉米早衰相关性状的遗传分析[J].玉米科学,2015,23(3):1-7,14.
- [2] 吴含玉,张雅君,张旺锋,等.田间密植诱导抽穗期玉米叶片衰老时的光合作用机制[J].作物学报,2019,45(2):248-255.
- [3] 王芳,彭云玲,方永丰,等.花后干旱胁迫对不同持绿型玉米叶片衰老的影响[J].水土保持通报,2018,38(4):60-66.
- [4] 刘全永,李林峰,李娜,等.玉米早衰影响因素及其调控措施[J].河南农业科学,2015,44(5):18-21.
- [5] 张忠学,尚文彬,齐智娟,等.不同水氮管理下玉米叶片衰老对氮转移效率的影响[J].农业机械学报,2019,50(12):297-303,267.
- [6] 张子山,杨程,高辉远,等.保绿玉米与早衰玉米叶片衰老过程中叶绿素降解与光合作用光化学活性的关系[J].中国农业科学,2012,45(23):4794-4800.
- [7] 张子山,李耕,高辉远,等.玉米持绿与早衰品种叶片衰老过程中光化学活性的变化[J].作物学报,2013,39(1):93-100.
- [8] 邵瑞鑫,郑会芳,李蕾蕾,等.不同玉米品种叶片衰老动态变化及其化学调控[J].玉米科学,2014,22(6):80-83.
- [9] 陈业婷.配方施肥提高玉米抗衰老生理特性[J].土壤与作物,2016,5(3):166-170.
- [10] 王建国.玉米叶片衰老研究概况[J].安徽农学通报,2006,12(13):96-97.
- [11] 谢幸华,郭书亚,张艳,等.水肥管理对夏玉米叶片衰老及产量的影响[J].农业科技通讯,2017,48(1):93-96.

- [12] 李荣发,刘鹏,杨清龙,等.玉米密植群体下部叶片衰老对植株碳氮分配与产量形成的影响[J].作物学报,2018,44(7):1032-1042.
- [13] 曹琦,牛建龙.不同钾肥用量对玉米叶片 SPAD 值含量的影响[J].新疆农垦科技,2017,40(3):77-78.
- [14] 李姚姚,范盼盼,明博,等.基于高斯函数的春玉米叶片功能期模型构建与应用[J].作物学报,2019,45(8):1221-1229.
- [15] 张福喜,蔡瑞国,张敏,等.春玉米叶片生长动态变化及其对种植密度的响应[J].河北科技师范学院学报,2009,23(2):15-21.
- [16] 童淑媛,宋凤斌.SPAD 值在玉米氮素营养诊断及推荐施肥中的应用[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(2):233-238.
- [17] 高鑫,高聚林,于晓芳,等.基于不同玉米品种叶片高光谱的 SPAD 值估测模型研究[J].玉米科学,2016,24(2):108-114.
- [18] 陈志强,王磊,白由路,等.整个生育期玉米叶片 SPAD 高光谱预测模型研究[J].光谱学与光谱分析,2013,33(10):2838-2842.
- [19] 张丽,张中东,陶宏斌,等.利用玉米叶片 SPAD 值预测子粒蛋白质含量分析[J].玉米科学,2014,22(6):74-79.
- [20] 李忠南,王克伟,王越人,等.玉米品种先玉 335 苗期叶绿素 SPAD 值的遗传分析[J].作物杂志,2016,32(4):101-104.
- [21] 刘开昌,王庆成,张海松,等.玉米叶片保绿性生理机理及遗传特性研究进展[J].山东农业科学,2003,41(2):48-51.
- [22] 岳杨,郑永照,倪玉春,等.玉米叶片保绿性研究进展[J].现代农业科技,2015(23):12-14.
- [23] 郑洪建,孔令杰,许瑞瑞,等.玉米叶片保绿性数量遗传分析[J].玉米科学,2013,21(6):17-20.

Study on Green Retention of Maize Leaves Under Different Fertilization Amounts and Planting Densities

WANG Nan-nan, SONG Ying-bo, ZHANG Hong-quan, FAN Wei-min, MENG Fan-xiang, LI Yu, WANG Li-qiu, JIN Xiao-chun

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: Greenness of maize leaves is the macroscopic expression of maize at the later growth stage, which is related to maize yield, grain quality, plant disease resistance, plant stress resistance and other traits. In this study, the effects of different fertilization amounts and planting densities on leaf function stage and SPAD value of maize leaves were analyzed by taking corn Heyu 187 and Jidan 27 as research objects. The results showed that there was a negative correlation between planting density and stay-green of maize leaves. High-fertilizer treatment of A3 (N 300 kg·hm⁻²) could extend leaf green retention of two maize varieties, but the normal maturity of maize varieties should be paid attention to. We could see that on the basis of balanced fertilization, the green retention of maize leaves could be prolonged by increasing the amount of fertilizer applied.

Keywords: stay-green; maize; leaf function period; SPAD value