

N、P 互作对烤烟碳氮代谢关键酶活性的影响

刘国顺¹, 彭智良¹, 黄元炯^{1,2}, 李立丹¹

1 河南农业大学农学院, 郑州市文化路 95 号 450002;

2 河南省烟草公司, 河南 郑州 450008

摘要: 通过大田试验研究了氮磷互作对烤烟碳氮代谢关键酶活性和叶绿素含量的影响。结果表明: 钾肥施用量一定的情况下, 随着氮素水平的提高, 烟叶硝酸还原酶活性在团棵期、旺长期呈上升趋势, 转化酶活性下降时间前移, 淀粉酶活性在中后期也增加, Chl 含量在叶片生长前期升高速度加快。施磷量 45 ~ 105 kg/hm² 范围内增加团棵期 NR 活性; 施磷量 105 kg/hm² 和 135 kg/hm² 对转化酶活性影响无显著差异; 增加施磷量可以明显增加叶片中后期淀粉酶的活性; 施氮量为 60 kg/hm² 水平下, 施磷量 45 ~ 105 kg/hm² 范围内提高 Chl 含量。总体来看, 中氮水平能使碳氮代谢适时转化, 满足优质烟叶的生长要求, 氮用量为 60 kg/hm² 水平下, m(N): m(P₂O₅): m(K₂O) = 1: 1.75: 3.375 的肥料配比相对有利于烤烟的生长发育。

关键词: 烤烟; 碳氮代谢; 氮磷互作; 硝酸还原酶; 转化酶; 淀粉酶; 叶绿素

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2009.05.008

中图分类号: S572.01

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2009)05-0033-05

Effects of nitrogen and phosphorus interaction on enzyme activity in carbon and nitrogen metabolism

LIU Guo-shun¹, PENG Zhi-Liang¹, HUANG Yuan-jiong^{1,2}, LI Li-Dan¹

1 College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2 Henan Tobacco Company, Zhengzhou 450008, China

Abstract: Effects of nitrogen and phosphorus interaction on enzyme activity in carbon and nitrogen metabolism and the content of chlorophyll were studied by field experiment. Results showed that with equal K fertilizer rate, the tendency of nitrate reductase (NR) activity declined at early and middle stage; the decline of invertase (INV) activity shifted to an earlier date; amylase activity increased at later stage and the chlorophyll content of tobacco leaves increased faster at earlier stage. The nitrate reductase (NR) activity increased at earlier stage under phosphorus application of 45 - 105 kg/hm²; the application of phosphorus at 105 kg/hm² and 135 kg/hm² had no effect on the invertase (INV) activity. Applying more phosphorus can greatly increase amylase activity at later stage. With nitrogen level of 60 kg/hm², chlorophyll content increased at the application of phosphorus of 45 - 105 kg/hm². In conclusion, mid level of nitrogen is inductive to carbon and nitrogen metabolism which can lead to high quality tobacco growth. With nitrogen level of 60 kg/hm², tobacco grows better at N and P20 and K₂O rate of 1:1.75:3.375.

Key words: flue-cured tobacco; carbon and nitrogen metabolism; nitrogen and phosphorus interaction; nitrate reductase (NR); transferase; amylase; chlorophyll

碳氮代谢是烤烟最基本的代谢过程, 与烟叶品质形成密切相关。在烟叶生长成熟过程中, 只有碳氮代谢平衡协调, 才能生产出优质烟叶。而在烟叶碳氮代谢过程中, 各种酶的活性变化起着决定性的调节作用,

探讨碳氮代谢关键酶的活性变化规律对研究碳氮代谢对烟叶品质形成的作用机理有重要意义。

氮、磷是烟草正常生长发育所必需的大量营养元素。氮素不仅是作物营养的三大要素之一, 而且是植

作者简介: 刘国顺, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培生理研究。Tel: 0371-63558128; E-mail: liugsh@371.net

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目: 南阳国家优质烟叶生产科技示范基地建设(合同号: 110200401004)

收稿日期: 2008-12-29

物体内蛋白质、核酸、酶、叶绿素、内源激素或其前体物质的组成部分^[1]；氮是植物体最重要的结构物质，参与调控植物体生化反应的关键物质——酶及其辅基的合成，是植物体碳氮代谢过程中最关键的元素之一^[2]。磷是细胞内磷酸腺苷、糖酯、磷脂、核酸及含磷辅酶等的重要组分，在光合作用、光合磷酸化、三羧酸循环和氮代谢过程中起着重要的作用^[3]。本研究就不同氮、磷用量组合对其碳氮代谢关键酶活性的影响来阐述氮磷肥互作对烟叶生长发育过程中碳氮代谢的影响。

近年来，烤烟施肥中钾肥使用量充足，氮、磷肥施用量和施用比例多为经验施肥，且现在烤烟品种耐肥性较强，施用肥料量的确定上存在浪费现象。鉴于此，本试验设计不同氮、磷肥用量和比例处理，分析氮、磷肥不同比例对烟叶生长发育过程中的碳氮代谢规律，并根据烟叶产量和烟叶品质得出氮、磷肥最佳施用量和施用比例，为精准施肥提供决策依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于2008年在河南省南阳市方城县金叶园进行。供试土壤为黄褐土，土壤肥力中等，pH 7.18，有机质 11.18 g/kg，全氮 793.4 mg/kg，全磷 390.7 mg/kg，全钾 15.82 g/kg，碱解氮 65.01 mg/kg，速效磷 24.08 mg/kg，速效钾 75.56 mg/kg。

供试品种为云烟 87。试验采用两因素裂区设计，氮肥用量为主区，磷肥用量为副区，共设 12 个处理组合，重复 3 次，随机区组排列，小区面积为 52.8 m²。试验所施肥料为硝酸磷（含 N、P₂O₅ 比例为 26.5%、11.5%），过磷酸钙（含 P₂O₅ 12%），硫酸钾（含 K₂O 50%），各处理施肥方案见表 1，各处理钾肥施用量统一为 202.5 kg/hm²。其中全部肥料用量的 70% 作为基肥施入，30% 作为追肥施入。于 4 月 30 日移栽，基肥于移栽当日施入，追肥于移栽后 25 d 施入。植烟行距 1.2 m，株距 0.5 m，植烟密度为 1100 株/667m²，试验地设有保护行，烟株留 22 片叶。田间管理按规范化栽培措施进行，具有灌溉条件。

1.2 取样和分析测定方法

分别于移栽后 30 d（团棵期）、45 d（旺长期）、60 d（现蕾期）、75 d（成熟期）每小区取烟株顶端第 5 片功能叶测定烟叶中硝酸还原酶（NR）、转化酶（INV）和淀粉酶活性及叶绿素（chl）含量。硝酸还原酶活性采用活体法测定；转化酶和淀粉酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法；叶绿素含量乙醇浸提比色法测定^[4]。

表 1 试验处理

处理	N/(kg/hm ²)	P ₂ O ₅ /(kg/hm ²)
N1P1	30	45
N1P2	30	75
N1P3	30	105
N1P4	30	135
N2P1	60	45
N2P2	60	75
N2P3	60	105
N2P4	60	135
N3P1	90	45
N3P2	90	75
N3P3	90	105
N3P4	90	135

1.3 数据分析

采用 SPSS16.0 对试验数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 N、P 互作对烤烟叶片中 NR 活性的影响

从不同氮肥用量对叶片中 NR 活性的影响来看，氮肥处理（N1、N2、N3）与各施磷量互作，表现出随着叶片生长和成熟，NR 活性均逐渐下降，团棵期各处理 NR 活性最高，之后迅速下降，至叶龄 45 d 时酶活性下降为较低水平，以后缓慢下降，施氮水平越低，NR 活性下降越早且速度越快。随施氮量的增加，NR 活性在团棵期与旺长期均显著升高；在现蕾期 NR 活性 N2 > N3 > N1 处理，且差异显著；但在成熟期 N2、N3 处理之间差异不显著，显著高于低氮（N1）处理。表明增加施氮量可以提高烤烟生长发育前期的 NR 活性，但叶片生长进入现蕾期后，施氮量超过一定水平后将不再提高叶片的 NR 活性，到成熟期后差异不明显，说明增加施氮量不能提高烤烟生长后期的 NR 活性。

不同磷肥处理组合对叶片的 NR 活性影响效应不同。低氮（N1）处理与施磷处理的互作表现为团棵期和旺长期 NR 活性随施磷量的增加而升高；现蕾期叶片 NR 活性在施磷量 45 ~ 105 kg/hm²（P1 ~ P3 处理）范围内随施磷量增加而增高，但继续增加施磷量 NR 活性随之下降；到成熟期时各施磷量处理 NR 活性无显著差异。中氮（N2）、高氮（N3）处理与施磷量的互作表现为团棵期 NR 活性在施磷量 45 ~ 105 kg/hm²（P1 ~ P3 处理）范围内随施磷量增大而增高，但差异不显著，继续增大施磷量 NR 活性显著下降；旺长期 P1 处理 NR 活性显著低于 P2、P3、P4 处理，说明低磷处理 NR 活性下降早且速度快；现蕾期和成熟期各施磷量处理差异

不明显,说明中氮或高氮水平下施磷量对叶片后期 NR 活性影响不大。

表 2 N、P 互作对各生育期硝酸还原酶活性的影响

($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{mf}\cdot\text{h}^{-1}$)

处理	团棵期	旺长期	现蕾期	成熟期
N1P1	24.54 a	12.32 a	12.94 ade	5.97 ac
N1P2	24.98 a	17.54 b	15.50 bc	6.24 acd
N1P3	28.78 b	20.72 cdf	15.96 c	5.58 ac
N1P4	32.95 cdf	19.94 cd	11.11 ag	3.92 a
N2P1	31.17 cd	14.35 a	15.13 bcd	9.56 b
N2P2	31.22 cd	20.34 cd	13.83 bcde	7.06 cd
N2P3	31.75 cf	21.78 df	18.90 f	8.70 bd
N2P4	22.13 e	18.50 bc	15.66 bc	8.55 bd
N3P1	33.77 fg	19.40 bcd	13.24 bde	7.71 bcd
N3P2	34.42 g	25.15 e	10.61 a	7.78 bcd
N3P3	34.86 g	26.90 e	11.75 age	6.31 acd
N3P4	30.79 bcd	22.74 f	10.77 a	7.95 bcd

注:同一列不同小写字母表示处理间差异达到 5% 显著水平,下同

2.2 N、P 互作对烤烟叶片中 INV 活性的影响

从不同氮肥用量对叶片 INV 活性的影响来看,氮肥处理(N1、N2、N3)与各施磷量互作,表现出随着叶片生长和成熟,INV 活性均表现出先升高后降低的趋势。低氮(N1)和中氮(N2)处理与不同磷肥处理互作在团棵期的 INV 活性无显著差异,略低于高氮(N3)处理,而最高值出现在旺长期或现蕾期;各高氮(N3)处理最高值都出现在旺长期,说明增加施氮量不能明显增加团棵期的 INV 活性,但可以促使其活性下降时间前移。

不同磷肥处理组合对叶片的 INV 活性影响效应也不同。低氮(N1)、中氮(N2)处理与施磷处理互作都表现为在现蕾期 P1、P2 处理 INV 活性达到最大值,P3、P4 处理在旺长期达到最大值,说明施氮量在 30 ~ 60 kg/hm² 条件下增加施磷量可以促使其活性下降时间前移,使碳代谢高峰提前。团棵期低氮(N1)、中氮(N2)处理与施磷处理互作都表现为 P3 和 P4 处理差异不显著,P1 和 P2 处理差异不显著,且 P3 和 P4 处理 INV 活性显著高于 P1 和 P2 处理;高氮(N3)处理与施磷处理互作表现为 P1、P2、P3 处理差异不显著,显著低于 P4 处理。旺长期低氮(N1)、中氮(N2)和高氮(N3)处理与施磷处理互作 INV 活性都表现出 P3 > P4 > P2 > P1。现蕾期低氮(N1)、高氮(N3)处理与施磷处理互作 INV 活性差异都不显著;中氮(N2)处理与施磷处理互作 INV 活性差异不大。成熟期低氮(N1)、中氮(N2)和高氮(N3)处理与施磷处理互作都表现为 P3 和 P4 处理差异不显著。

表 3 N、P 互作对各生育期转化酶活性的影响

($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{mf}\cdot\text{h}^{-1}$)

处理	团棵期	旺长期	现蕾期	成熟期
N1P1	24.83 a	32.00 a	41.11 a	28.85 a
N1P2	24.92 a	38.14 b	43.72 ae	17.65 c
N1P3	29.78 b	51.92 ce	43.36 ae	24.40 bd
N1P4	29.55 b	43.29 df	40.34 ad	25.40 d
N2P1	25.10 a	39.36 b	47.43 bc	24.62 bd
N2P2	25.27 a	40.30 bd	44.60 ce	29.46 a
N2P3	30.82 b	53.81 e	43.10 ae	40.42 e
N2P4	30.07 b	50.15 c	49.53 b	40.34 e
N3P1	31.29 b	40.48 bd	37.82 df	24.96 bd
N3P2	32.43 b	43.68 f	35.10 f	24.18 bd
N3P3	32.57 b	49.67 eg	36.74 f	20.11 cf
N3P4	39.75 c	46.83 g	36.92 f	20.55 cf

2.3 N、P 互作对烤烟叶片中淀粉酶活性的影响

表 4 表明,各处理的淀粉酶活性变化总体趋势是:在叶片定长前酶活性最低,随着叶片进入功能盛期和叶片的定长,淀粉酶活性显著升高,功能盛期以后,随着叶片的进一步生长,活性又下降。

从不同氮肥用量对叶片中淀粉酶活性的影响来看,低氮(N1)处理与不同磷肥处理互作表现出在旺长期酶活性达到最大值,中氮(N2)和高氮(N3)处理表现出在现蕾期酶活性达到最大值,说明低氮水平下烟株开始由氮代谢为主转向碳代谢为主的时间提前。旺长期高氮(N3)处理与不同磷肥处理互作除 N3P1 处理外其它处理淀粉酶活性均显著高于低氮(N1)和中氮(N2)处理,N1 处理和 N2 处理差异不显著;现蕾期和成熟期淀粉酶活性均表现出 N3 > N2 > N1 处理,这与随着施氮水平的增加,烟叶光合强度增高,烟叶中淀粉的积累和分解代谢比较活跃有关。

不同磷肥处理组合对叶片的淀粉酶活性影响效应也不同。各相同施氮水平下,各施磷量处理对团棵期和旺长期叶片酶活性影响较小;现蕾期除低氮(N1)和中氮(N2)处理与施磷处理互作表现出 P1、P2 处理差异不显著外,其它相同施氮水平下各施磷处理均随施磷量的增加酶活性也增加。成熟期低氮(N1)水平各施磷处理表现出 P1、P2、P3 处理差异不明显,P4 处理与 P3 处理差异不显著,显著高于 P1、P2 处理;中氮(N2)水平各施磷处理表现出酶活性均随施磷量的增加而增加,但 P1、P2 处理差异不显著;高氮(N3)水平各施磷量水平表现出 P2、P3、P4 处理酶活性差异不显著,但显著高于 P1 处理。说明不同施磷量对烟叶中后期淀粉酶活性影响较大,增加施磷量可以明显增加淀粉酶的活性。

表4 N、P互对各生育期淀粉酶活性的影响

处理	(mg·g ⁻¹ mf·h ⁻¹)			
	团棵期	旺长期	现蕾期	成熟期
N1P1	0.92 ad	1.69 ab	1.42 a	1.26 ab
N1P2	0.86 a	1.37 ab	1.32 a	1.07 a
N1P3	1.27 be	1.96 bd	1.83 b	1.34 abc
N1P4	1.76 c	1.88 b	2.4 c	1.63 c
N2P1	0.96 abd	1.35 b	2.26 c	1.47 bc
N2P2	1.67 c	1.69 ab	2.10 bc	1.64 c
N2P3	1.00 abd	2.25 df	3.16 d	2.69 d
N2P4	1.07 abde	1.55 ab	2.78 e	2.21 e
N3P1	0.9 ad	0.79 e	2.18 c	1.67 c
N3P2	1.14 abde	2.43 fg	2.83 e	2.73 d
N3P3	1.22 be	2.36 f	3.26 d	2.73 d
N3P4	1.35 e	2.69 g	3.97 f	2.96 d

2.4 N、P互对烤烟叶片中叶绿素(Chl)含量的影响

从表5可以看出,各处理叶绿素含量的总体变化趋势是随生育期的推移而先升高后递减。

从不同氮肥用量对叶片中Chl含量的影响来看,低氮(N1)处理与不同磷肥处理互作表现出除N1P4处理Chl含量在旺长期达到较高水平外,其它3个处理均在现蕾期达到最大值;中氮(N2)处理与不同磷肥处理互作表现出除N2P1处理Chl含量在现蕾期达到较高水平外,其它3个处理均在旺长期达到最大值;而高氮(N3)处理与不同磷肥处理互作均表现出在旺长期达到最大值,说明增加施氮量可以使叶片前期Chl含量升高速度加快。低氮(N1)处理与不同磷肥处理互作在团棵期和旺长期Chl含量低于中氮(N2)和高氮(N3)处理,在现蕾期与N2、N3处理差异不大,成熟期表现出N3>N2>N1处理。说明低氮处理Chl含量前期较低,到现蕾期与N2、N3处理差异不大,后期下降速度较快,到成熟期下降到较低水平,叶片褪绿早,落黄早,高氮处理叶片褪绿晚,影响叶片的正常落黄。

不同磷肥处理组合对叶片的Chl含量影响效应也不同。团棵期低氮(N1)、高氮(N3)处理与施磷处理互作Chl含量都表现为P1、P2处理差异不显著,P3、P4处理差异不显著,且P3、P4处理显著高于P1、P2处理,中氮(N2)处理各施磷量处理Chl含量差异均不显著,说明施氮量为60 kg/hm²水平下,施磷量对团棵期Chl含量没有显著影响。旺长期N1水平下随施磷量的增加Chl含量也增加,N2、N3水平下在施磷量45~105 kg/hm²(P1~P3处理)范围内Chl含量随施磷量增加而增加,但继续增加施磷量则下降。现蕾期N1、N2、N3水平下各施磷量组合Chl含量差异均不大。成熟期N1、N2水平下各施磷量处理差异也不大,但N3水平下随施磷量的增加,Chl含量也随之升高,说明高氮水平下

增加施磷量可以使后期叶片叶绿素含量居高不下,影响叶片的正常落黄成熟。

表5 N、P互对各生育期叶绿素含量的影响

处理	(mg·g ⁻¹ mf)			
	团棵期	旺长期	现蕾期	成熟期
N1P1	1.25 a	2.07 a	2.39 abc	1.38 ac
N1P2	1.43 acd	2.09 ab	2.46 abc	1.27 a
N1P3	1.64 bef	2.30 bd	2.52 b	1.46 ac
N1P4	1.55 bcd	2.72 c	2.35 abc	1.56 bcd
N2P1	1.61 bde	2.23 abd	2.34 abc	1.62 bd
N2P2	1.70 bef	2.32 d	2.26 a	1.61 bd
N2P3	1.67 bef	3.29 e	2.49 bc	1.65 bd
N2P4	1.78 ef	3.08 f	2.54 b	1.70 bde
N3P1	1.39 ac	3.09 f	2.30 abc	1.49 bc
N3P2	1.50 bcd	3.18 e	2.35 abc	1.61 bd
N3P3	1.82 fg	3.30 e	2.71 d	1.75 def
N3P4	2.00 g	3.05 f	2.56 b	1.91 f

3 结论与讨论

(1)硝酸还原酶(NR)是植物氮代谢的限速酶,其活性大小与氮代谢的强弱呈正相关关系,对氮代谢的强弱起关键作用。因此,氮代谢强度常用NR活性表示^[4-5]。烟叶品质与成熟期的物质代谢、施肥水平密切相关,特别是氮素营养对烟叶品质形成的影响最大。它不仅涉及氮碳代谢的水平及其转化时间的早迟,并进而影响到糖、氮、烟碱等的积累^[6]。本试验结果表明NR活性总的变化趋势是前期较高,至叶龄45 d时酶活性下降为较低水平,这与已有研究结果一致^[7-8],施氮水平越低,NR活性下降越早且速度越快,随着施氮量的增加,NR活性在团棵期与旺长期均显著升高,但叶片生长进入现蕾期后,施氮量超过一定水平后将不再提高叶片的NR活性,到成熟期后差异不明显,说明增加施氮量可以增强烤烟前期氮代谢能力,但不能提高烤烟生长后期的NR活性。施磷量在一定范围内可以提高低氮水平下前中期的NR活性,成熟期差异不明显;中氮和高氮水平下施磷量45~105 kg/hm²范围内增加团棵期NR活性,对叶片后期NR活性影响不大,低磷处理NR活性下降早且速度快,说明施磷量在一定范围内也可以增强烤烟生长前期的氮代谢水平,促进烟叶的生长发育。

(2)转化酶(INV)与植物的碳代谢密切相关^[9-10],可催化细胞质中蔗糖转化形成单糖,促进叶绿体内磷酸丙糖向外运转,使叶绿体中淀粉积累减少,并通过与呼吸作用偶联的氧化磷酸化产生能量,使光合碳固定过程加强^[11]。随着叶片生长和成熟,INV活性均表现出先升高后降低的趋势。增加施氮量不能明显增加团

裸期的 INV 活性,但可以促使其活性下降时间前移。施氮量在 30 ~ 60 kg/hm² 水平下增加施磷量可以促使其活性下降时间前移,使碳代谢高峰提前。增加施磷量可以提高团裸期的 INV 活性,使碳代谢能力增强,促进蔗糖的转化并使碳固定的能力增强。这是因为磷参与烟株体内碳水化合物代谢,磷酸从光合作用一开始就参与 CO₂ 的固定和光能转变为化学能的作用。旺长期酶活性以 P3 处理为最高值,现蕾期施磷量对酶活性影响不大,成熟期 P3 和 P4 处理差异不显著,说明施磷量 105 kg/hm² 和 135 kg/hm² 对 INV 活性影响无显著差异,增加施磷量会造成肥料的浪费。

(3)淀粉酶对碳水化合物代谢起重要作用,可将叶绿体中积累的淀粉转化为单糖,因而直接关系到烟叶中淀粉的积累量,进一步影响整个光合碳固定的强度和其它以单糖分解和转化为基础的代谢过程。本试验表明淀粉酶活性变化总体趋势是:在叶片定长前酶活性最低,随着叶片的定长和进入功能盛期,淀粉酶活性显著升高,功能盛期以后,随着叶片的进一步生长,活性又下降,这与史宏志等^[9]研究结果一致。低氮水平下烟株在旺长期开始由氮代谢为主转向碳代谢为主,中氮和高氮在现蕾期开始转化。随着施氮量的增加,叶片中后期的淀粉酶活性也随之增加,这与岳红宾^[5]研究结果一致。不同施磷量对团裸期和旺长期叶片淀粉酶活性影响较小,现蕾期和成熟期随施磷量的增加淀粉酶活性也相应增加,说明不同施磷量对烟叶中后期淀粉酶活性影响较大,增加施磷量可以明显增加淀粉酶的活性,促使碳代谢能力增强。

(4)烟草叶片叶绿素含量的高低是反映叶片光合性能强弱的重要指标^[12],它直接关系到光合碳固定生成有机物。叶绿素含量的总体变化趋势是随生育期的推移而先升高后递减,这与方明等^[13]、常思敏等^[14]的研究结果一致。本研究表明增加施氮量可以使叶片前期 Chl 含量升高速度加快。低氮处理 Chl 含量前期较低,到现蕾期与 N₂、N₃ 处理差异不大,后期下降速度较快,到成熟期下降到较低水平,叶片褪绿早,落黄早,高氮处理叶片褪绿晚,影响叶片的正常落黄。团裸期低氮和高氮水平增加施磷量可以增加 Chl 含量,施氮量为 60 kg/hm² 水平下,施磷量对团裸期 Chl 含量没有显著影响。旺长期施磷量 45 ~ 105 kg/hm² (P₁ ~ P₃ 处理)范围内随施磷量的增加 Chl 含量也相应增加。现蕾期不同施磷量对叶绿素含量无明显影响。成熟期高氮水平增加施磷量可以使叶片叶绿素含量居高不下,影响叶片的正常落黄成熟。

(5)钾肥施用量为 202.5 kg/hm² 条件下,随着氮素水平的提高,烟叶前中期硝酸还原酶活性呈上升趋势,转化酶活性下降时间前移,中后期淀粉酶活性也增加;低氮处理叶绿素含量前期较低,不能满足优质烟的生长要求,高氮处理叶片褪绿晚,影响叶片的正常落黄。低氮水平时前期氮代谢水平较弱,在一定程度上影响了烟叶的正常生长发育,高氮水平影响碳氮代谢的适时转化,使烟叶贪青、落黄晚,从而影响烟叶品质,中氮水平能使碳氮代谢适时转化,满足优质烟叶的生长要求。中氮水平下施磷量为 105 kg/hm² 可以在烟株整个生育期中硝酸还原酶活性、转化酶活性、淀粉酶活性和叶绿素含量的变化相对较为合理。总体来看,氮用量为 60 kg/hm² 水平下, m(N): m(P₂O₅): m(K₂O) = 1: 1.75: 3.375 的肥料配比相对有利于烤烟的生长发育。

参考文献

- [1] Ma B L, Morrison K, Maleom J, et al. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of maize[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88(3): 915-920.
- [2] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 127-141.
- [3] Holden M, Pirie N W. A report at the Song Inem Biochim Resumes Communs[C]. Paris, 1952.
- [4] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [5] 岳红宾. 不同氮素水平对烟草碳氮代谢关键酶活性的影响[J]. *中国烟草科学*, 2007(1): 18-20.
- [6] 刘敬业, 冉帮定, 李天福, 等. 烤烟 K326 成熟期中物质代谢与品质形成关系的研究[J]. *昆明师范高等专科学校学报(自然科学版)*, 1994(1): 98-106.
- [7] Ratnavathi C V. Nitrate reductase of tobacco in relation to age and nitrogen fertilizer[J]. *Tob Res*, 1992, 18(1/2): 121-124.
- [8] 邵惠芳, 胡亚杰, 焦桂珍, 等. 转化酶种类与生理功能及对烟草品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2007(7): 318-321.
- [9] 史宏志, 韩锦峰, 赵鹏, 等. 不同氮量与氮源下烤烟淀粉酶和转化酶活性动态变化[J]. *中国烟草科学*, 1999(3): 5-8.
- [10] 官长荣, 刘东洋. 烤烟叶内几种酶活性变化及对化学成分的影响[J]. *中国烟草科学*, 2003(1): 1-2.
- [11] 史宏志, 韩锦峰. 烤烟碳氮代谢几个问题的探讨[J]. *烟草科技*, 1998(2): 34-36.
- [12] 刘雪松, 刘贞琦, 赵振刚, 等. 烟草生育期光合特性的变化[J]. *烟草学刊*, 1991(2): 23-29.
- [13] 方明, 符云鹏, 刘国顺, 等. 磷钾配施对晒红烟碳氮代谢和光合效率的影响[J]. *中国烟草科学*, 2007(2): 27-30.
- [14] 常思敏, 马新明, 张贵龙, 等. 钾对烤烟碳氮代谢及其产量和品质的影响[J]. *植物生态学报*, 2006(4): 682-688.