

新老玉米杂交种氮素利用率比较

Johnny Johnston, Paul Fixen 和 Paul Poulton 著

谢玲译 涂仕华校

(国际植物营养研究所成都代表处 原文译自《Better Crops》2014 第4期 P19 - P21)

通过对现有已知相关玉米产量、施氮量、种植密度和全株氮素吸收研究(来自世界各地的100项研究)数据进行分析,比较了“老”(1940-1990)玉米杂交种和“新”(1991-2011)玉米杂交种产量与氮吸收量及氮肥利用率(NUE)的关系。结果证实了“新”杂交种的氮素利用率的增加主要依靠增加成熟期单位植株N的玉米籽粒产量来实现的。玉米籽粒中氮浓度随时间推移而降低,表明将来在提高玉米氮肥利用率的研究上,不应该忽视玉米籽粒的营养品质。

在上个世纪以来,玉米产量逐渐攀升,归因于遗传和管理措施的综合转变。在大多数玉米生产国中,过去60年玉米产量不断攀升的同时也提升了养分利用率,虽然每年的产量信息非常多,但实际上却缺少相应文件来记载这些进展。本研究的主要目的是总结以前发表的科学数据,提高人们理解“旧时期”和“新时期”玉米杂交种产量对氮素吸收量和与之相关的氮肥利用率(NUE)的明显变化关系。

我们从过去研究中搜集的数据(a)从1940起至2011止,以保证涵盖了各个年代广泛的基因型,覆盖了(b)各大洲玉米种植地区,(c)考虑了广泛施氮量范围(从0到37.4公斤N/亩)和种植密度(从741到7248株/亩)。本文只使用了试验数据的平均值。其次,使用的“N吸收”这个专业术语仅限于植株地上部分的吸N量,没有包括根系吸收。其他的玉米性状包括养分利用率及其组成因素。用下面的公式计算N肥利用率NUE(有时称为N素农学效率):

$$NUE = \Delta Y / \Delta N_{\text{肥料}} \quad (1)$$

ΔY 为施N处理(蒲式耳/英亩(bu/A)),1蒲式耳(bu)玉米籽粒=25.4公斤,1英亩(A)=6.07亩)的玉米产量与无N处理的玉米产量(蒲式耳/英亩(bu/A))之差, $\Delta N_{\text{肥料}}$ (lb N/A)指N肥用量(1磅(lb)=0.453公斤)。N肥利用率(NUE)项的组成因素之一是N内部效率(NIE),被定义为

$$NIE = Y / N_{\text{吸收量}} \quad (2)$$

NIE是按单位面积计算的(蒲式耳/磅(bu/lb)N吸收),Y为玉米产量。

另外一个评估氮素利用效率的参数是氮肥回收率(NRE):

$$NRE = \Delta N_{\text{吸收}} / \Delta N_{\text{肥料}} \quad (3)$$

$\Delta N_{\text{吸收}}$ 指施氮处理(磅/英亩(lb N/A))与无氮处理植株氮素吸收量的差值。设定了最大和最小边界值,以限定可能出现的NRE数值($0 < NRE < 1$),从而使计算得出的NRE结果更具有生物学意义^[2]。

籽粒产量和植株氮吸收: 老玉米基因型

表1是新时期和旧时期高产玉米杂交种的产量和全株氮素吸收量比较。N素内部效率为二次曲线模型(图1),随着N肥用量的增加,新品种的平均产量(1004公斤/亩或240 bu/A)明显高于老品种(837公斤/亩或200 bu/A)。

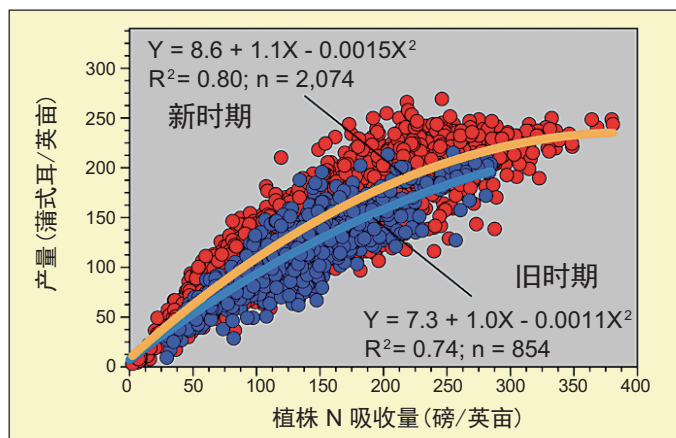


图1 1940-2011 玉米成熟期籽粒产量与植株氮吸收量的关系,蓝圈代表1940-1990旧时期的观察值(n=854),红圈代表1991-2011新时期的观察值(n=2074)。(1蒲式耳(bu)玉米籽粒=25.4公斤,1英亩(A)=6.07亩,1磅(lb)=0.453公斤,文中所有图、表中的单位换算相同)

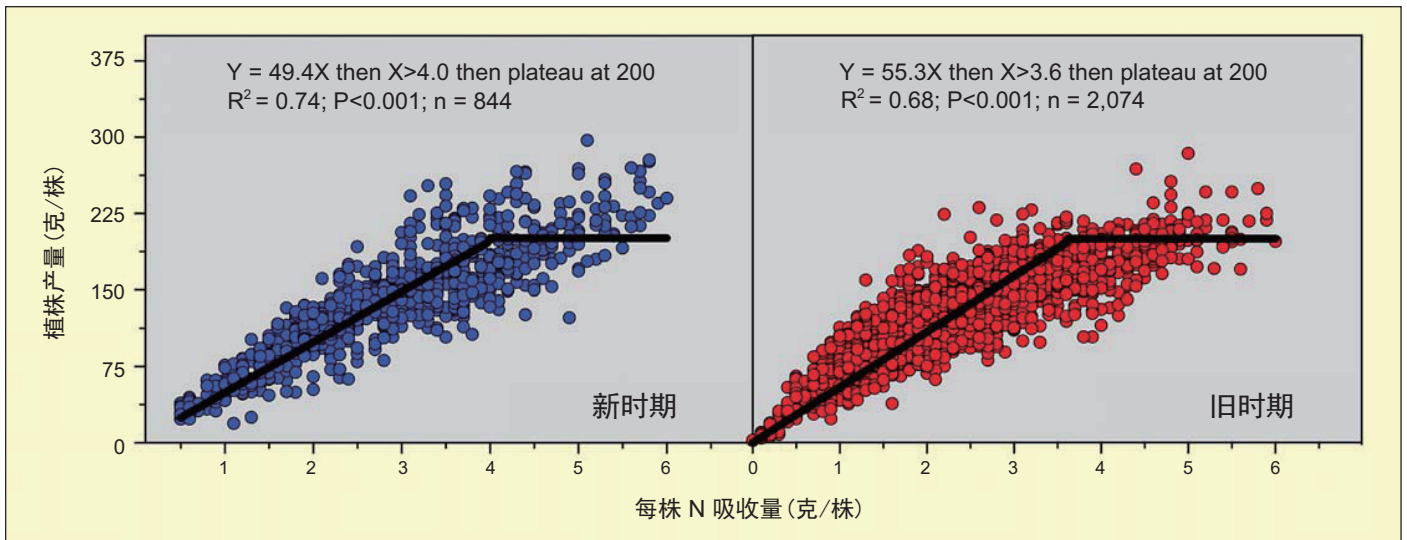


图2 老(蓝色:1940-1990)、新(红色:1991-2011)基因型玉米单株籽粒产量与植株含氮量的关系。

表1 新老玉米杂交种的变量总结

| 变量 | 旧时期 | 新时期 |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| 平均施氮量(公斤 N/亩, 括号内单位为 bl N/A) | 9.4 (126) | 9.3 (125) |
| 种植密度(株/亩, 括号内单位为株/A) | 3756 (22800) | 3756 (22800) |
| 氮吸收量(公斤 N/亩, 括号内单位为 bl N/A) | 10.1 (136) | 10.7 (143) |
| 产量(公斤/亩, 括号内单位为 bu/A) | 481 (115) | 603 (144) |
| 氮素利用率(公斤籽粒/公斤 N, 括号内单位为 bu/bl N) | 32.5 (0.58) | 37.0 (0.66) |
| 氮素内部效率(公斤/公斤 N 括号内单位为 bu/bl N) | 49.9 (0.89) | 56.1 (1.00) |
| 粮食收获指数 ¹ (HI)(%) | 48 | 50 |
| N 收获指数 ² (NHI)(%) | 63 | 64 |
| 籽粒 N (%) | 1.33 | 1.2 |
| 秸秆 N (%) | 0.77 | 0.69 |
| 占玉米吐丝(R1)后植株新吸收 N 的百分比 | 31% | 36% |
| 占玉米吐丝(R1)后籽粒新吸收 N 的百分比 | 52% | 56% |

¹籽粒收获指数指籽粒重占地上部分干物重的百分比; ²N 收获指数指籽粒 N 占地上部分 N 累计量的百分比。来源: Campitti 和 Vyn, 2012。

通过对每个试验种植密度的调整(表1),可以非常清楚地看到新基因型的N素内部效率高于老基因型(图2)。此外,尽管新基因型的种植密度有所增加,但成熟期单株玉米的最大吸氮量(6克N/株)并没有改变。

氮利用效率的组成部分: NIE 和 NRE

以前记录的NIE改变主要是由于籽粒N浓度改变(%N,图3)。从旧基因型到新基因型,籽粒中的N%下降了约10%(植株中也减少同样的%N)。在分析不同代表性时期玉米杂交种籽粒蛋白质含量后,Duvick^[4]和Scott等^[5]也记录了同样的递减模式。

新旧玉米基因型的NRE值相似,平均值为0.46。土壤氮素供应和作物氮需求之间同步(以下称为N同步)是确定N回收率项(NRE)的关键^[1]:

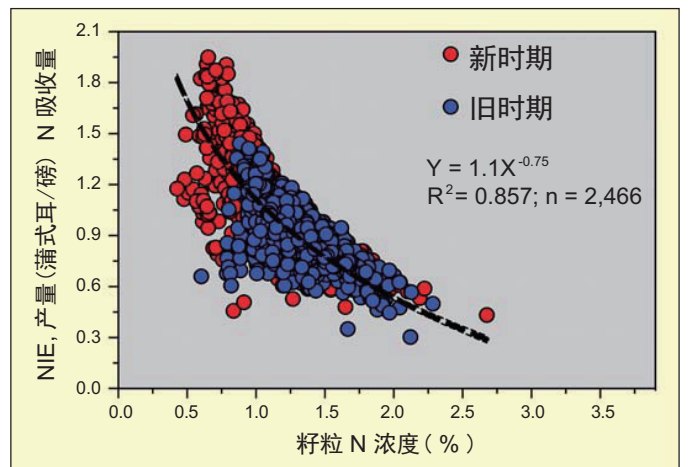


图3 老时期(蓝色,1940-1990年的研究)和新时期(红色,1991-2011年的研究)NIE(基于单位面积的计算结果)与成熟期测定的籽粒N浓度之间的关系。

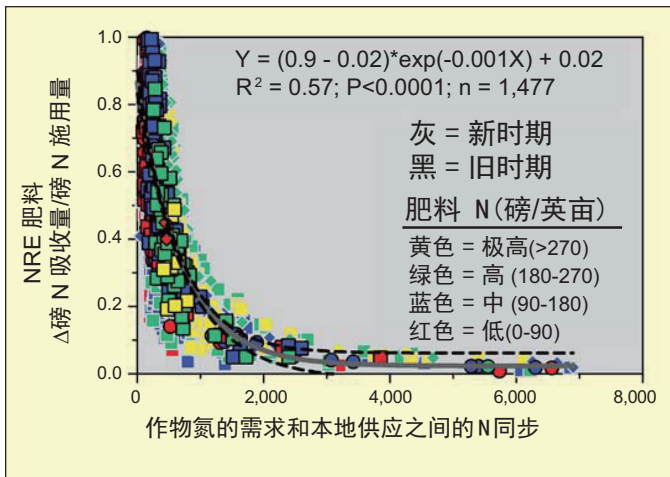


图4 N同步与氮肥的利用效率的关系。新时期=1991-2011试验, 旧时期=1940-1990试验。

$N_{同步} (N_s) = N_{施用} / (1 - N_{无N处理吸收量} / N_{施N处理吸收量})$
NS值越小, N同步性越大。

N_s 和NRE的关联性表明, 好的N同步性可以获得0.4-1.0范围内的NRE值, 这主要对应于低、中施N水平(0-13.4公斤/亩(0-180lb/A))(图4)。当氮肥施用过量时(>20.2公斤/亩(270lb/A)), 平均NRE急剧下降(通常为0.3-0.1)。降低NRE值增加了N损失的环境风险, 并降低了农民的效益。

氮肥用量对产量和N吸收量影响: 新型和旧型杂交品种

为了综合评估不同施N水平下玉米产量与N吸收量的关系, 把试验数据人为地分成7个施氮量范围, 从3.4公斤/亩(45lb N/A)开始, 随后每两级施氮水平间的差值均为3.4公斤/亩(45lb N/A)。

图5中的分析指出 i) 当不施N时, 新玉米基因型比老玉米基因型(ΔGY_{0N})增产~54.4公斤/亩(13bu/A); ii) 随着施氮量的增加, 玉米产量差距增大; iii) 在最大施氮水平(>16.0公斤/亩(215lb/A))时, 增产优势(ΔGY_N)提高到133.9公斤/亩(32bu/A); iv) 在整

参考文献

- [1] Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. *Ambio*, 2002, 31:132-140.
[2] Ciampitti, I.A., H. Zhang, P. Friedemann, and T.J. Vyn. *Crop Sci.*, 2012, 52:2728-2742.
[3] Ciampitti, I.A., and T.J. Vyn. *Field Crops Res.*, 2012, 133:48-67.

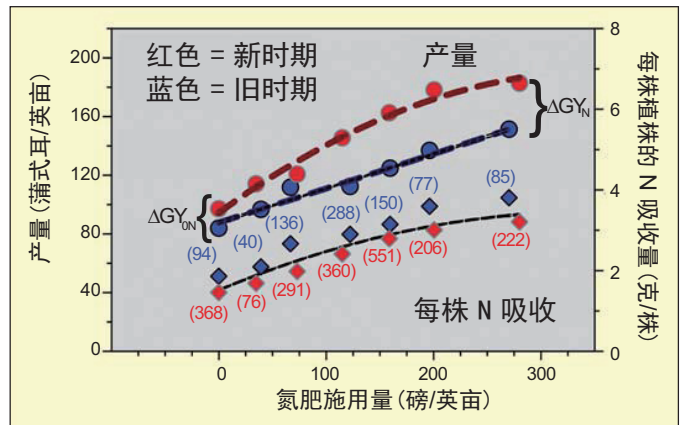


图5 玉米产量和成熟期单株吸氮量与总施氮量的关系。红色和蓝色标识分别代表新时期和旧时期。菱形符号代表N吸收量, 圆形符号代表产量。数值代表每一施氮量新、老时期数据点的总数。 ΔGY_{0N} 为不施N时新、老杂交种籽粒产量的差值。同样, ΔGY_N 为施N时新、老杂交种籽粒产量的差值。

个N肥用量范围内, 新、旧时期单株吸N量非常相似。该分析使我们得出这样的结论, 从1940以来, 单株吸氮量没有改变; 尽管如此, 就单位面积来看, 新玉米杂交种对缺N胁迫的忍耐性更强, 对N肥的反应也更好。

小结

在过去的数十年间, NUE的提高主要是通过增加N素内部效率, 以牺牲籽粒氮浓度为代价来实现的。未来NUE的提高应该尝试同时增加N素利用效率和玉米产量, 而不应再牺牲籽粒的氮浓度。从管理的角度来看, 进一步优化最佳管理措施(“四正确”, 即正确的肥料品种、用量、时间和位置)需要更多研究, 以提高全球食品安全, 同时最大限度地减少全球玉米生产体系中的氮“足迹”。

这篇文章是一篇综述论文的摘要, 最初发表于田间作物研究学报^[3]7月/8月刊。Ciampitti博士是位于美国堪萨斯州曼哈顿市堪萨斯州立大学的助理教授, E-mail: Ciampitti@ksu.edu。Vyn博士是位于美国印地安那州西拉斐特普渡大学的耕作制教授, E-mail: tvyn@purdue.edu。

- [4] Duvick, D.N. CIMMYT, El Batan, Mexico, D.F., 1997, 332-335.
[5] Scott, M.P., J.W. Edwards, C.P. Bell, et al. Smith. Maydica, 2006, 51:417-423.