

植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉含量及品质的影响

官占元^{1,2}, 项洪涛²

(1. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319)

摘 要: 大田栽培条件下, 以马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 荷兰 212 为材料, 叶面喷施不同植物生长调节剂, 通过比较块茎中转化酶、淀粉酶活性变化以及蔗糖、淀粉、维生素 C 等含量变化的差异, 研究喷施植物生长调节剂对马铃薯块茎品质的调控效应。结果表明: 在块茎生长过程中, 2-N, N-二乙氨基乙基己酸酯 (DTA-6) 对块茎内转化酶活性、维生素 C 和可溶性蛋白质含量的影响很大, 而 SOD 模拟物 (SOD_M) 和氯化胆碱 (Cc) 处理对块茎生长过程中蔗糖、淀粉含量的调控效应不明显。对于块茎品质而言, SOD 模拟物 (SOD_M) 显著提高块茎内淀粉和还原糖含量, 显著降低酚类物质、可溶性蛋白质以及维生素 C 含量; 氯化胆碱 (Cc) 显著提高可溶性蛋白质和维生素含量, 显著降低淀粉、酚类物质和还原糖含量; DTA-6 处理对马铃薯块茎品质影响不大。

关键词: 植物生长调节剂; 马铃薯块茎; 淀粉含量; 品质

中图分类号: S143.8; S532.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)01-0187-06

马铃薯是一种高产作物, 同时也是资源利用效率较高的作物。发展马铃薯生产在人口压力比较大、农业资源比较缺乏的国家和地区无疑是一种理智的选择^[1]。植物生长调节剂具有微量刺激的独特特点, 效果显著, 所以, 研究者们一直十分重视植物生长调节剂对植物生长发育、产量、品质的影响^[2]。SOD 模拟物 (SOD_M) 与天然 SOD 相比, SOD_M 具有活性高、分子量小、稳定性好、水溶性强、无毒、无污染等特点, 在清除动植物体内过多的超氧化自由基的效果方面与 SOD 相同。目前, 国内外 SOD 模拟物在农业上的应用还仅限于实验室和田间小规模试验, 并取得了良好的效果, 而在农作物上的大规模应用尚未见公开报道。氯化胆碱 (Choline chloride, 简称 Cc) 是一种季胺盐^[3], 在调节膜脂的流动性方面起重要作用^[4,5], 能够提高植物体的抗氧化能力^[6]。张立明等报道, 氯化胆碱浸根处理能够改变甘薯源、库器官多种激素的含量水平, 调控地上部茎叶的生长与地下部块根的膨大, 提高块根产量^[7]。黄少华等研究表明, 经氯化胆碱浸种处理的油菜, 其地上部干物质积累显著增加^[8]。2-N, N-二乙氨基乙基己酸酯 (Diethyl aminoethyl hexanoate, 简称 DTA-6), 是一类新型、广谱性植物生长促进剂, 具有高度安全性。据王俊平等^[9]报道, DTA-6 不仅可以提高苜蓿叶片和茎秆中的粗蛋白含量, 也能提高叶片中含硫氨基酸和必需氨基酸含量。董学会等研究表明, 30% DTA-6 处理能降低玉米空秆率和秃尖长, 提

高行粒数和穗粒重, 显著提高产量^[10]。另有研究表明, DTA-6 在低浓度下 (1~40 mg/kg) 对多种植物有调节和促进生长的作用, 可以促进碳水化合物代谢和物质积累, 显著提高产量, 并能改善作物品质^[11,12]。

淀粉是马铃薯块茎的主要品质指标。在植物碳水化合物代谢的途径中, 淀粉—糖代谢受诸多因子控制, 已经证明转化酶、蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶、尿苷葡萄糖焦磷酸化酶和腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶是参与马铃薯块茎淀粉—糖代谢的主要酶类, 它们分别控制着淀粉代谢的各个环节^[13~15]。维生素 C 和可溶性蛋白质也是评价马铃薯块茎品质的两个重要指标。虽然国内外有关植物生长调节剂在马铃薯应用上的研究较多, 但主要集中在打破马铃薯休眠、叶片生理、植株发育、结薯数量、产量提高以及内源激素调控等方面^[16~24]。目前, SOD 模拟物 (SOD_M)、氯化胆碱和 2-N, N-二乙氨基乙基己酸酯在马铃薯淀粉—糖代谢、维生素 C 和可溶性蛋白质积累方面的研究少见报道。因此, 本试验用此 3 种植物生长调节剂对马铃薯进行叶面喷施, 通过研究马铃薯块茎中蔗糖、还原糖、淀粉含量与相关酶活性变化的关系以及维生素 C 和可溶性蛋白质积累规律, 以期确定这 3 种植物生长调节剂对提高马铃薯糖分的合成及转化、淀粉积累以及维生素 C 和可溶性蛋白质积累的作用, 为获得高品质马铃薯块茎提供栽培技术依据。

收稿日期: 2010-09-03

基金项目: 黑龙江省大庆市科技攻关项目 (SGG2009-054); 黑龙江省西部地区马铃薯综合高产栽培技术示范推广项目 (PC07B09)

作者简介: 官占元 (1972—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 副研究员, 在读博士, 主要从事马铃薯栽培方向科研工作。E-mail: kjegzy@163.com。

1 材料与方法

试验于 2007 年在黑龙江八一农垦大学林甸试验基地进行,播种时间为 4 月 26 日,试验田土壤类型为草甸黑钙土,含碱解氮 178.50 mg/kg、速效磷 25.40 mg/kg、速效钾 257.40 mg/kg、有机质 30.8 g/kg, pH 值 7.88。采用大田叶面喷施方式,以清水为对照(文中用 CK 表示),调节剂分别为 SOD 模拟物(SOD_M)、氯化胆碱(Cc)和 2-N,N-二乙氨基乙基己酸酯(DTA-6),使用浓度分别为 6.67 ml/L、200 mg/L 和 100 mg/L,公顷用量均为 225 L,于始花前期喷施。小区为 8 行区,行距为 65 cm,株距为 23 cm。试验随机区组设计,3 次重复。

喷药后,每 8 d 取一次样,每个小区选取有代表性植株 10 株,取有代表性均匀度一致的块茎进行实验。马铃薯块茎品质于收获后 60 d 进行测定。取样期测定指标包括蔗糖转化酶和淀粉酶的活性,蔗糖、淀粉、维生素 C 和可溶性蛋白质的含量。马铃薯块茎品质测定指标包括淀粉含量、还原糖含量、维生素 C 含量、酚类物质含量以及可溶性蛋白质含量。

采用何钟佩方法测定转化酶活性^[25];采用微量滴定法测定淀粉酶活性^[26];酚类物质含量采用 Folin 酚试剂法进行测定^[27];淀粉含量采用碘比色法测定^[26];还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法进行测定^[27];维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚法测定^[28];可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定^[29]。

2 结果与分析

2.1 植物生长调节剂对马铃薯块茎转化酶活性的影响

如图 1 所示,马铃薯叶面喷施不同植物生长调节剂后,各处理与 CK 块茎内转化酶活性变化趋势不同。 SOD_M 处理和 Cc 处理在喷药后 8 d 到 24 d 期间调控了转化酶变化趋势,其变化与 CK 呈相反规律,说明此二种调节剂在施用后短时期强烈刺激转化酶活性表达;喷药 24 d 后这两种处理与 CK 块茎转化酶活性变化趋势一致,说明随着时间推移,调节剂的刺激效用逐渐消散。喷药 8 d 后 SOD_M 处理转化酶活性为 CK 的 2.46 倍,经方差分析可知,二者差异达极显著水平,这将对块茎中蔗糖含量产生影响。喷药后 16 d 各处理活性顺序为 CK > DTA-6 > SOD_M = Cc,至喷药后 24 d 时,各处理转化酶活性趋于一致。而后所有时期 Cc 处理的活性值都高于

CK,喷药后 56 d 时,活性为 CK 的 1.5 倍以上。DTA-6 处理在喷药后 16 到 40 d 期间与 CK 的变化趋势相反,此处理较其他两种调节剂发挥效力的时间要延后,说明此处理缓释其调控功能,尤其在喷药后 32 d 时,其活性值为 CK 的 4.19 倍,差异达显著水平。至喷药 40 d 后,所有处理的变化出现一致。从整体看,DTA-6 处理和 Cc 处理在后期对转化酶活性的作用比较明显。

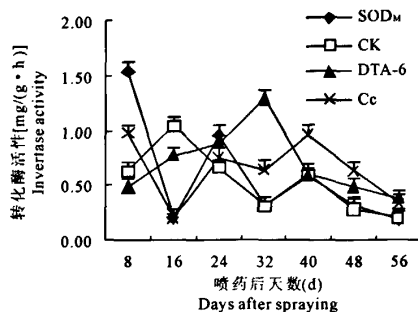


图 1 植物生长调节剂对马铃薯块茎转化酶活性的影响

Fig.1 Effects of PGRs on invertase activity in potato tubers

2.2 植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉酶活性的影响

如图 2 所示,叶面喷施调节剂后各处理及 CK 的淀粉酶活性变化规律基本一致,说明试验采用的调节剂对淀粉酶活性的调控效应不强。在喷药后 40 d 到 48 d 期间,3 种调节剂处理与 CK 的变化规律相反,在喷药后 48 d 时 CK 的淀粉酶活性最低,活性高低依次是 Cc > DTA-6 > SOD_M > CK。经过方差分析可知,此时 3 种调节剂处理与 CK 之间酶活性差异显著。

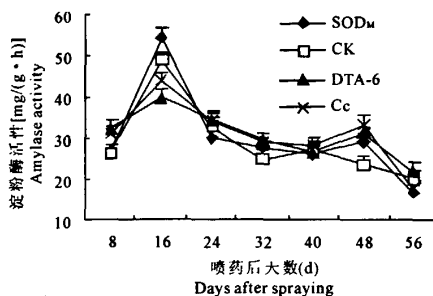


图 2 植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉酶活性的影响

Fig.2 Effects of PGRs on amylase activity in potato tubers

2.3 植物生长调节剂对马铃薯块茎蔗糖含量的影响

由图 3 可知,各不同处理块茎内蔗糖含量的变化规律基本一致,整体规律呈单峰曲线,但在不同的

取样时期,各生长调节剂处理与 CK 之间蔗糖含量高低表现出较明显不同。喷药后 8 d, SOD_M 处理蔗糖含量最低,这与此时 SOD_M 处理具有较高的转化酶活性有关。喷药后 24 d,各处理蔗糖含量均高于 CK,其高低顺序为 $DTA-6 > SOD_M > Cc > CK$,此时 $DTA-6$ 处理较 CK 高出 28.14%。从喷药后 32 d 到 40 d,各处理均调控了蔗糖含量下降的速率,这期间下降速率的大小为 $CK(65.24\%) > DTA-6(34.78\%) > Cc(27.40\%) > SOD_M(6.78\%)$ 。喷药后 40 d 和 48 d 两个时期内各处理的蔗糖含量一直高于 CK,经方差分析:喷药后 40 d 各处理与 CK 之间均达到极显著差异水平;喷药后 48 d 各处理与 CK 之间达到显著差异水平,且 SOD_M 处理与 CK 之间达极显著差异水平。以上分析说明,这 3 种植物生长调节剂能够调控块茎生育进程中蔗糖含量的变化。

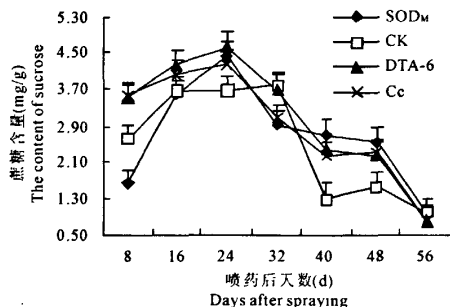


图 3 植物生长调节剂对马铃薯块茎蔗糖含量的影响

Fig.3 Effects of PGRs on content of sucrose in potato tubers

2.4 植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉含量的影响

马铃薯块茎内淀粉含量变化如图 4 所示,各处理变化规律一致,喷药 40 d 后淀粉含量变化规律略有变化, SOD_M 处理淀粉含量继续上升,其他处理保持平稳水平或稍有下降。喷药后 56 d,各处理淀粉含量高低顺序为 $SOD_M > DTA-6 > Cc > CK$,此时 SOD_M 处理比 CK 高出 17.69%。 $DTA-6$ 和 Cc 处理淀粉含量与 CK 差异不明显。纵观马铃薯块茎形成全生育期, SOD_M 处理对马铃薯块茎内淀粉积累具有较好调控效应,尤其在生育后期到衰老期阶段。这个结果与在喷药后 56 d 时淀粉酶活性最低(图 2)相吻合。另外产生这种现象的原因可能与 SOD_M 调控了块茎内鸟嘌呤二磷酸葡萄糖(ADPG)有关,现在普遍认为生物体内淀粉合成由淀粉合酶催化,而作为淀粉合酶的底物 ADPG 与尿苷二磷酸葡萄糖(UDPG)相比,前者合成淀粉要比后者快 10 倍^[30]。

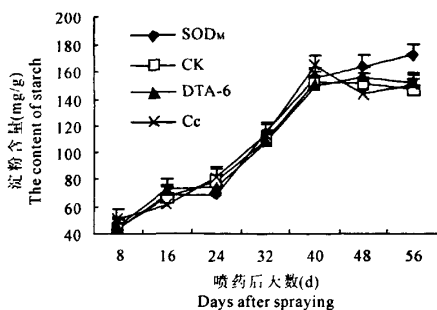


图 4 植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉含量的影响

Fig.4 Effects of PGRs on content of starch in potato tubers

2.5 植物生长调节剂对马铃薯块茎维生素 C 含量的影响

叶面喷施植物生长调节剂对马铃薯块茎中维生素 C 含量影响如图 5 所示,其中 SOD_M 处理在喷药后 16 d 时对维生素 C 含量影响较大,与其他处理变化规律相反,此时各处理含量高低顺序是 $CK > DTA-6 > Cc > SOD_M$,CK 分别是各处理的 1.17 倍、1.49 倍和 3.49 倍。经过方差分析可知,CK 与各处理之间均达到差异极显著水平。从图 5 还可以看出, $DTA-6$ 和 SOD_M 处理分别在喷药后 40 d 和 48 d 出现维生素 C 积累高峰,其中 $DTA-6$ 处理在喷药后 40 d 较 CK 高出 42.91%, SOD_M 处理在喷药后 48 d 较 CK 高出 42.05%。各处理维生素 C 含量整体变化无规律可寻,至于这种变化是否源于调节剂影响了细胞内 -SH 酶活性的表达,目前未见有明确报道,有待进一步研究。但可以肯定的是,细胞内许多含 -SH 酶需要游离 -SH 状态才能发挥作用,而维生素 C 可以维持这些酶的 -SH 处于还原态而具催化活性^[30]。

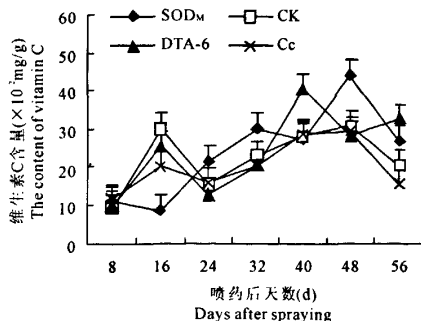


图 5 植物生长调节剂对马铃薯块茎维生素 C 含量的影响

Fig.5 Effects of PGRs on content of vitamin C in potato tubers

2.6 植物生长调节剂对马铃薯块茎可溶性蛋白质含量的影响

由图 6 可看出,喷药后 48 d 到 56 d 期间,CK 可

溶性蛋白质含量下降幅度较大,为 7.77%。生长调节剂处理的可溶性蛋白质含量保持不变或略有上升,说明植物生长调节剂能够延缓这段时期内马铃薯块茎可溶性蛋白质的消耗。DTA-6 处理对可溶性蛋白质调控较明显,喷药 16 d 后其变化规律与 CK 相反,说明 DTA-6 处理调节了植物正常生理变化。喷药后 24 d 和 32 d 时其含量高于 CK,经方差分析可知,喷药后 24 d 达到显著差异水平,喷药后 32 d 未达到差异显著水平。喷药后 40 d 和 48 d 时,CK 较 DTA-6 处理可溶性蛋白质含量高,经方差分析得出其差异均达到极显著水平。这可能与外用 DTA-6 干扰到细胞内生长素和细胞分裂素水平有关,喷药后 24 d 和 32 d 块茎处于膨大和淀粉积累期,生长素和细胞分裂素水平较高,这两种激素有促进蛋白质生物合成功能;喷药后 40 d 和 48 d 时块茎逐步进入生理成熟和衰老期,此时细胞内细胞分裂素和生长素水平则处于较低阶段。

2.7 植物生长调节剂对马铃薯品质的影响

本试验研究了植物生长调节剂对马铃薯块茎品质 5 种重要指标的影响,结果如表 1 所示,经过方差分析可知,Cc 处理极显著提高维生素 C 含量,SOD_M 处理显著降低维生素 C 含量,DTA-6 处理与 CK 无显著差别。SOD_M 处理极显著增加还原糖含量,DTA-6 处理和 Cc 处理则极显著降低还原糖含量。Cc

处理显著提高可溶性蛋白质含量,SOD_M 处理极显著降低可溶性蛋白质含量,DTA-6 处理在蛋白质含量上的作用不明显。SOD_M 处理极显著提高淀粉含量,Cc 处理显著降低淀粉含量,DTA-6 处理与 CK 无显著差别。DTA-6 处理显著增加酚类物质含量,SOD_M 处理和 Cc 处理则极显著降低酚类物质含量,三种调节剂都能够显著调控块茎内酚类物质含量,说明它们都能影响到植物体内莽草酸合成途径,研究证明,高等植物中酚类化合物大多数都是通过莽草酸途径合成酚类物质^[31],至于调节剂影响到莽草酸途径的哪一具体步骤,还需要生化实验进一步验证。

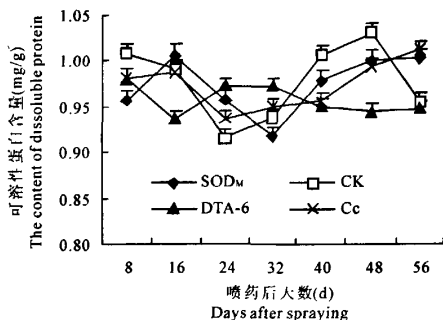


图 6 植物生长调节剂对马铃薯块茎可溶性蛋白质含量的影响
Fig.6 Effects of PGRs on content of soluble protein in potato tubers

表 1 植物生长调节剂对马铃薯块茎品质的影响
Table 1 Effects of PGRs on quality in potato tubers

处理 Treatments	淀粉含量 Content of starch (mg/g)	维生素 C 含量 Content of vitamin C ($\times 10^{-2}$ mg/g)	还原糖含量 Content of reduced sugar (mg/g)	酚类物质含量 Content of hydroxybenzene (mg/g)	可溶性蛋白质含量 Content of soluble protein (mg/g)
SOD _M	177.59 $\pm$ 3.48 aA	8.95 $\pm$ 0.33 cB	2.31 $\pm$ 0.02 aA	2.79 $\pm$ 0.08 dC	1.07 $\pm$ 0.01 cC
CK	152.67 $\pm$ 8.57 bBC	9.91 $\pm$ 0.12 bB	1.58 $\pm$ 0.07 bB	3.72 $\pm$ 0.10 bA	1.12 $\pm$ 0.01 bAB
DTA-6	161.98 $\pm$ 1.12 bB	9.78 $\pm$ 0.24 bB	1.20 $\pm$ 0.05 cC	3.89 $\pm$ 0.05 aA	1.11 $\pm$ 0.01 bB
Cc	141.44 $\pm$ 2.92 cC	12.95 $\pm$ 0.10 aA	1.15 $\pm$ 0.02 cC	3.29 $\pm$ 0.05 cB	1.16 $\pm$ 0.01 aA

注:同一列大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 水平显著。

Note: Different lowercase and capital letters within the same column mean significant difference at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

3 讨论

蔗糖转化酶不可逆地催化蔗糖的水解反应并生成葡萄糖和果糖,是植物体糖代谢途径中重要的酶类之一^[31]。通过块茎碳水化合物及相关酶活性变化关系的研究表明,在马铃薯块茎发育过程中,DTA-6 和 Cc 处理蔗糖含量在总体水平上显著高于对照处理,并且在喷药后期,DTA-6 和 Cc 处理的蔗糖含量降低幅度显著高于对照,喷药后期 DTA-6 和 Cc 处理的转化酶活性显著高于对照处理。这一研

究结果表明,DTA-6 和 Cc 处理的蔗糖含量变化与 DTA-6 和 Cc 对转化酶的调控作用有关。王艳杰等研究表明,DTA-6 浸种可以提高大豆叶片中蔗糖、可溶性糖、淀粉的含量^[32],张燕等也曾报道了氯化胆碱浸种可提高黄瓜叶片中的可溶性糖含量^[33]。因此,笔者认为,DTA-6 和 Cc 不仅能调控马铃薯块茎中蔗糖转化酶活性,还可能调控马铃薯叶片中蔗糖和还原糖合成及其向块茎的分配运输。

从试验研究结果还可以看出,在 3 种生长调节剂中,SOD_M 对马铃薯块茎淀粉积累促进作用最大。

SOD_M对块茎中淀粉积累促进作用除了与其对蔗糖转化酶活性和淀粉酶活性调控作用有关外,可能还与其延缓马铃薯植株衰老,提高马铃薯生理代谢功能,从而使马铃薯植株减少了对自身合成的糖类营养物质消耗密切相关。一些研究表明,SOD_M不仅在提高植物的抗逆性方面有较好的效果^[34,35],也能延缓植物器官的衰老^[36]。

4 结 论

马铃薯始花前期叶面喷施植物生长调节剂,能够调控马铃薯块茎品质。SOD_M处理显著提高马铃薯块茎淀粉含量,并显著降低酚类物质含量;Cc处理显著提高可溶性蛋白质和维生素C含量,显著降低淀粉、酚类物质和还原糖含量;DTA-6处理对马铃薯块茎品质影响不大。

参 考 文 献:

- [1] 李勤志.我国马铃薯产业的经济分析[D].武汉:华中农业大学,2005.
- [2] 李成军.新型植物生长调节剂 HHPS-1、HHPS-2 对马铃薯产量及品质影响的研究[J].中国马铃薯,2007,21(3):160—162.
- [3] Che F S, Chou C, Hyeon S B, et al. Metabolism of choline chloride and its analogs in wheat seed - lings[J]. Plant Cell Physiol, 1990, 31:45—50.
- [4] Uemura M, Joseph R A, Steponkus P L. Cold acclimation of *Arabidopsis thaliana*[J]. Plant Physiol, 1995,109:15—30.
- [5] Uemura M, Steponkus P L. A contrast of the plasma membrane lipid composition of oat and rye leaves in relation to freezing tolerance[J]. Plant Physiol, 1994,104:479—496.
- [6] 祁春苗,赵会杰,张秀月.氯化胆碱对干旱胁迫下地黄抗氧化代谢及梓醇含量的影响[J].水土保持学报,2007,21(4):159—163.
- [7] 张立明,王庆美,何钟佩.脱毒和生长调节剂对甘薯内源激素含量及块根产量的影响[J].中国农业科学,2007,40(1):70—77.
- [8] 黄少华,王增春,刘胜环.不同植物生长调节剂浸种对油菜壮苗的效果比较[J].江苏农业科学,2006,(3):49—51.
- [9] 王俊平,翟志席,何钟佩,等.DTA-6对紫花苜蓿粗蛋白和氨基酸含量的调控作用[J].中国农业大学学报,2003,8(3):25—28.
- [10] 董学会,段留生,孟繁林,等.30%已乙水剂对玉米产量和茎秆质量的影响[J].玉米科学,2006,14(1):138—140.
- [11] Stephen M, Poling W J H. Synthetic bioregulators of poly - cis - carotenoid biosynthesis [J]. Phytochemistry, 1982, 21 (3): 601—604.
- [12] Brown R H. Influence of succinic acid 2, 2 - dimethylhydrazide on yield and morphological characteristic of starve peanut (*Arachis hypogaea* L)[J]. Crop Sci, 1973,13(5):507—510.
- [13] Finlay M, Dale B, Bradshaw J E. Progress in improving processing attributes in potato[J]. Trends in Plant Science, 2003,8:310—312.
- [14] Cheng Shan-han, Su Zhen-hong, Xie Cong-hua. Effects of Variation in Activities of Starch-Sugar Metabolic Enzymes on Reducing Sugar Accumulation and Processing Quality of Potato Tubers[J]. Agricultural Sciences in China,2004,7(12):519—527.
- [15] Minhas J S, Rai V K, Saini H S. Carbohydrate metabolism during tuber initiation in potato: a transient surge in invertase activity marks the stolon to tuber transition[J]. Potato Research, 2004,47(5):113—126.
- [16] Kumar D, Wareing P F. Studies on tuberization in solanum andigena [J]. New Phytol, 1973,72:283—287.
- [17] Tauberger E S, Hoffman-Benning H, Fleischer-Notter L, et al. Impact of invertase over-expression on cell size, starch granule formation and cell wall properties during tuber development in potatoes with modified carbon allocation patterns [J]. Journal of Experimental Botany, 1999,50:477—486.
- [18] Song-Hai Shen, Jian-Hua Wu, Da-Li Zen. Physiological effects of calonyctin on development and yield of potato[J]. Potato Research, 1999,(39):63—68.
- [19] Kova M, Ravnikar M. Sucrose and jasmonic acid interact in photo-synthetic pigment metabolism and developm-ent of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante) grown in vitro[J]. Plant Growth Regulation, 1998,(24):101—107.
- [20] 刘梦芸,蒙美莲,门福义,等.GA3、IAA、CTK 和 ABA 对马铃薯块茎形成调控作用的研究[J].内蒙古农牧学院学报,1997,18(2):16—20.
- [21] Hussey G, Stacey N J. Factors Affecting the Formation of in vitro Tubers of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) [J]. Annals of Botany, 1984,(53):565—578.
- [22] 田长恩.植物生长调节剂在马铃薯生产中的应用[J].马铃薯杂志,1993,7(4):223—224.
- [23] Yasunori Koda, Yozo Okazawa. Detection of potato - Induction Activity in Potato Leaves and Old Tubers[J]. Plant and Cell Physiol, 1988,29(6):967—974.
- [24] 项洪涛,冯乃杰,杜吉到,等.植物生长调节剂对马铃薯根系理化特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(6):1481—1485.
- [25] 何钟佩.农作物化学控制实验指导[M].北京:中国农业出版社,1993:23—26.
- [26] 门福义,刘梦芸.马铃薯栽培生理[M].北京:中国农业出版社,1995:318—326.
- [27] 崔辉梅,石国亮,安君和.马铃薯还原糖测定方法的比较研究[J].安徽农业科学,2006,34(19):4821—4823.
- [28] 韩雅珊.食品化学实验指导[M].北京:北京农业大学出版社,1996:61—63.
- [29] 李合生.植物生理生化实验原理和技术导[M].北京:高等教育出版社,2000:184—185.
- [30] 吴显荣.基础生物化学(第二版)[M].北京:中国农业出版社,1999:113,166.
- [31] 李合生.现代植物生理学(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2006:132.
- [32] 王艳杰,郑殿峰,张晓艳,等.DTA-6浸种对大豆苗期叶片碳代谢的影响[J].安徽农学报,2007,13(14):80—81.
- [33] 张燕,方力,李天飞,等.氯化胆碱浸种对烟草幼苗某些生

- 理特性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(2): 164—166.
- [34] 廖升荣, 毛小云, 张昭其, 等. SOD 模拟物对玉米幼苗抗盐害作用效果及机理研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 962—965.
- [35] 林庆斌, 丁 杨, 王海波, 等. 盐胁迫下 SOD 模拟物对水稻幼苗生物量及 SOD 活性的影响[J]. 土壤通报, 2009, 40(5): 1163—1166.
- [36] 曹诣斌, 阮水明, 刘淑兰. 一种含铜 SOD 模拟化合物在植物生长调节中的作用[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2003, 26(2): 183—186.

Effects of PGRs on starch content and quality of potato tubers

GONG Zhan-yuan^{1,2}, XIANG Hong-tao²

(1. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China;

2. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China)

Abstract: Taking a potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar named Holand - 212 as the material, different PGRs (plant growth regulators) were sprayed under the condition of field cultivation to study the regulatory effect of spraying of PGRs on the quality of potato tubers by comparing the activities of invertase and amylase, and the content of sucrose, starch, reduced sugar and vitamin C, etc. The results show that: Diethyl aminoethyl hexanoate (DTA - 6) has great influence on the activities of invertase, the content of vitamin C and soluble protein, while the other treatments have mild regulatory effect on potato tubers at the growth period. For the purpose of tuber quality, SOD mimics (SOD_M) can significantly increase the content of starch and sugar content of tubers, significantly decrease the content of hydroxybenzene, soluble protein and vitamin; Choline chloride (Cc) can significantly increase the content of soluble protein and vitamin, significantly reduce the content of starch, hydroxybenzene and sugar; DTA - 6 treatment has little effect on the quality of potato tubers.

Keywords: PGRs (plant growth regulators); potato tuber; starch content; quality

(上接第 171 页)

Yield characteristics of spring maize with super-high yield in the irrigatable semiarid area of Hebei

LU Ai-zhi¹, DING Cheng-fang¹, WANG Xiao-bo², WANG Mei-yun², ZHAO Ming²

(1. Agronomy Department, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075131, China;

2. Institute of Crop and Germplasm Resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The theory of three-combination structure was composed in yield components, photosynthetic characteristics and source-sink characteristics. On the basis of the three combination structures, a field trial was conducted to reveal the relationship among photosynthetic characteristics and yield component factors and yield potential of Denghai 601 hybrid with high yield potential beyond 18 450 kg/hm² in the rain-fed and compensatory irrigation farming region of north-west Hebei province. The results showed that the variety was tolerant in density. Plant density was 91 800 plant/hm². Mean leaf area index (mLAI) was 4.22, which was high in the stage of economic yield shaping. Average net assimilation rate (mNAR) was 5.54 g/(m²·d). The harvest index was 0.53. The number of grains of every ear was 528. The weight of thousand of grains was 384.75 g. In the three combination structure, at the meantime, yield components and photosynthetic characteristics should play an important role in yield.

Keywords: maize; three-combination structure; super-high yield; semiarid area