

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)04-0307-07

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.04.003

不同时期喷施植物生长调节剂对马铃薯干物质积累及产量的影响

敖翔, 姜波*, 王景顺, 于晓刚, 刘秩汝, 李辉, 王贵平, 任珂, 王晓丽

(呼伦贝尔市农牧科学研究所, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要: 化学调控技术是现代农业栽培体系中提升作物产量非常有效的一种农艺措施。为研究植物生长调节剂对马铃薯干物质积累和产量的调控作用, 以马铃薯品种‘兴佳2号’和‘中薯5号’为材料, 在块茎形成期和块茎膨大期进行叶面喷施烯效唑(S_{3307})和复硝酚钠(Compound sodium nitrophenolate, CSN), 分析不同处理对植株干物质积累量及产量的影响。结果表明, 烯效唑和复硝酚钠均能增加块茎干物质积累, 促进植株地上部干物质的转移, 显著提升块茎干物质的分配比例。复硝酚钠显著增加块茎干物质积累, 在块茎形成期喷施效果更佳; 烯效唑显著促进地上部干物质的转移, 在块茎膨大期喷施效果更佳。在块茎膨大期喷施复硝酚钠可显著提升产量, ‘兴佳2号’和‘中薯5号’分别较CK增产6.45%和23.28%; 在块茎形成期喷施复硝酚钠可显著提升块茎干物质含量, ‘兴佳2号’和‘中薯5号’分别较CK提升8.74%和7.60%。因此, 不同时期喷施烯效唑和复硝酚钠可不同程度促进同化物由“源”向“库”的转移, 加速植株地上部干物质的转移, 显著提升块茎干物质的分配比例, 从而提高产量。

关键词: 马铃薯; 植物生长调节剂; 干物质积累; 干物质分配; 产量

Effects of Spraying Plant Growth Regulators at Different Stages on Dry Matter Accumulation and Yield of Potato

AO Xiang, JIANG Bo*, WANG Jingshun, YU Xiaogang, LIU Zhiru, LI Hui, WANG Guiping, REN Ke, WANG Xiaoli

(Hulunbuir Institute of Agriculture and Animal Husbandry, Hailar, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract: Chemical regulation technology is a very effective agronomic measure to improve crop yield in modern agricultural cultivation system. In order to study the regulatory effects of plant growth regulators on potato dry matter accumulation and yield, plant growth regulators, S_{3307} and compound sodium nitrophenolate (CSN), were sprayed on leaves during the tuber formation and the tuber bulking stages, and the effects of different treatments on dry matter accumulation and yield were analyzed using 'Xingjia 2' and 'Zhongshu 5' as materials. Both S_{3307} and CSN increased the tuber dry matter accumulation, promoted the transfer of the above-ground dry matter, and significantly increased the distribution ratio of the tuber dry matter. CSN significantly increased the tuber dry matter accumulation, especially while sprayed at the tuber formation stage. S_{3307} significantly promoted the transfer of the above-ground dry matter, especially while sprayed at the tuber bulking stage. Spraying CSN at the tuber bulking stage significantly increased the yield, 'Xingjia 2' and 'Zhongshu 5' being increased by 6.45% and 23.28%, respectively, compared with CK. Spraying CSN at the tuber

收稿日期: 2022-07-06

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系专项资金(GARS-09-ES04); 内蒙古自治区种业科技创新重大示范工程“揭榜挂帅”项目; 内蒙古自治区马铃薯种业技术创新中心项目; 呼伦贝尔市“科技兴市”行动重点专项项目(2021hzzx04)。

作者简介: 敖翔(1993-), 女, 硕士, 实习研究员, 从事马铃薯育种与栽培研究工作。

*通信作者(Corresponding author): 姜波, 研究员, 从事马铃薯育种和高产栽培技术研究, E-mail: ztjiangbo@163.com。

formation stage significantly increased the dry matter content of tubers, 'Xingjia 2' and 'Zhongshu 5' being increased by 8.74% and 7.60%, respectively, compared with CK. Therefore, spraying S₃₃₀₇ and CSN at different stages could promote the transfer of assimilates from "source" to "sink" to different degrees, accelerate the transfer of the above-ground dry matter, significantly increase the distribution ratio of the tuber dry matter, and thus improve the yield.

Key Words: potato; plant growth regulator; dry matter accumulation; dry matter allocation; yield

马铃薯是中国第四大粮食作物,具有较高的经济价值。马铃薯耐旱、耐瘠、耐贮藏,是唯一能在中国各省、市、自治区大面积种植的农作物,因其“低消耗,高产出”的特点,马铃薯成为了许多种植户脱贫的“致富”作物^[1,2]。近些年全国马铃薯种植面积虽然稳定,但部分省市种植面积下降较多,绝大多数省份产量变化趋势和种植面积变化趋势基本一致^[3,4]。作物优质高产不仅是农民增收、企业增效的需要,更是国家粮食安全的需要,因此,针对作物高产的研究一直是农业科学的重点。

植物化学调控技术是现代农业栽培体系中尤为重要的农艺措施,其可以调控作物的生长发育,调节作物的产量形成过程,促使作物高产提质^[5-7]。烯效唑(S₃₃₀₇)是一种植物生长延缓剂,可调控作物生长和发育、增强作物抗逆性,从而达到提质增产的效果^[8,9]。复硝酚钠(Compound sodium nitrophenolate, CSN)由5-硝基愈创木酚钠、对硝基苯酚钠和邻硝基苯酚钠构成,具有加速植物细胞原生质流动、加速新陈代谢的功能,对作物种子萌发、光合作用、干物质积累有一定促进作用^[10,11]。王娜等^[12]发现在绿豆始花期叶面喷施S₃₃₀₇可显著增加地上部干物质积累量,提高主茎叶片中干物质向籽粒的转运量和转运率,促进同化物由“源”向“库”的转移。曲亚英等^[13]研究发现,喷施S₃₃₀₇和多效唑能够显著降低马铃薯株高,提高叶片光合能力,缩短生育期,显著提高产量。安霞等^[14]通过在小麦花后喷施CSN,发现两品种小麦的叶片衰老减慢,干物质积累量增加,产量三要素协调,产量提高。唐鑫华等^[15]研究发现在马铃薯块茎形成期喷施表油菜素内酯(Epibrassinolide, EBR)能够显著提高植株生育后期叶片超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活性、株高、叶片叶绿素相对含量,抑制叶片丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量的增加;能提高单株产量和单位面积产量,喷施高浓度EBR

(0.50 mg/L)能够提高盆栽和田间种植马铃薯单株块茎干物质含量。

目前,关于不同时期喷施植物生长调节剂对马铃薯干物质积累动态影响的研究鲜有报道。本研究以不同熟期马铃薯品种为材料,在马铃薯块茎形成期和块茎膨大期喷施不同植物生长调节剂,测定喷施后期马铃薯干物质积累动态变化和产量,旨在为植物生长调节剂在优质高产马铃薯栽培中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2021年4月29日在呼伦贝尔市扎兰屯市中和镇试验基地(N 48°00', E 122°44')进行。供试品种为中熟品种‘兴佳2号’(原种)和早熟品种‘中薯5号’(原种),由呼伦贝尔市农牧科学研究所提供。供试药剂烯效唑(5%可湿性粉剂),由江苏剑牌农化股份有限公司生产;复硝酚钠(1.8%水剂),由深圳诺普信农化股份有限公司生产。

1.2 试验设计

试验共设3个因子,分别为品种、喷施时期、喷施类型。参试品种为‘兴佳2号’和‘中薯5号’。喷药时期设2个处理:块茎形成期(T1)和块茎膨大期(T2)。喷施类型设3个水平:对照(水, CK)、烯效唑(40 g/667m², 1 500倍稀释, A1)、复硝酚钠(30 mL/667m², 3 000倍稀释, A2)。采用大田叶面喷施方法,药剂浓度按建议施用量配制。

试验按裂区设计的排列方法进行,品种为主区,喷施时期和喷施类型为副区,3次重复。试验小区为5垄区,垄长5 m,垄距0.8 m,株距0.25 m,小区面积为20.0 m²。整个生育期,适时进行人工除草和病虫害防治。

1.3 调查项目和方法

待全部处理喷施完植物生长调节剂后,前3次

每隔8 d取样, 第4次因下雨间隔10 d取样, 共取样4次。每次每个小区随机选取长势均匀一致的3株带回, 按茎、叶和块茎分开进行处理, 在烘箱内105℃杀青30 min, 再80℃下烘干至恒重并称重。

9月23日收获, 各小区随机选取连续的10株进行测产, 实测小区面积2 m², 再折合667 m²产量。采用水比重法^[6]测定块茎干物质含量, 根据比重查Mepkep干物质含量表, 确定块茎干物质含量。

1.4 数据处理

应用软件Microsoft Excel 2010进行数据整理与绘图, 用软件SPSS 25.0进行数据方差分析。

2 结果与分析

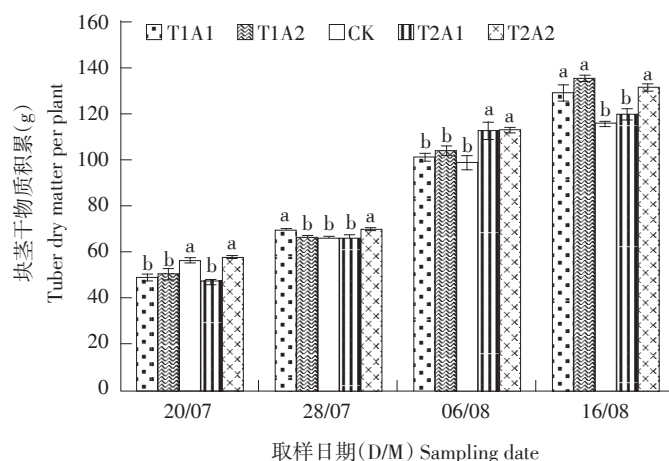
2.1 喷施调节剂对马铃薯块茎干物质积累的影响

由图1、图2可见, 随着喷药后天数的增加, 不同品种马铃薯块茎干物质积累量均呈先平缓再快速后平缓增长的趋势。在8月16日, T1A1、T1A2和T2A2处理块茎干物质积累量显著高于CK和T2A1处理。从7月28日开始, ‘兴佳2号’T2A2处理和‘中薯5号’T1A1、T1A2、T2A2处理的块茎干物质积累量一直显著高于CK。两个品种马铃薯块茎干物质积累量每期增长率呈先升后降的趋势, 在8月6日增长率达最大。在整个取样期, ‘兴佳2号’块茎干物质增长率由高到低表现为T1A2>

T1A1>T2A1>T2A2>CK, ‘中薯5号’块茎干物质增长率表现为T1A1>T2A1>T1A2>T2A2>CK。由此可知, S₃₃₀₇和CSN均能一定程度增加块茎干物质的积累, 其中在块茎形成期喷施CSN增长效果最佳。

2.2 喷施调节剂对马铃薯地上部干物质积累的影响

由图3、图4可见, 随着喷药后天数的增加, ‘兴佳2号’从7月28日起整体开始减少, ‘中薯5号’地上部干物质积累量整体呈平缓减少的趋势。8月16日, T1和T2处理间对地上部干物质积累量的影响无显著差异(除‘兴佳2号’的T1A2和T2A1处理), A1处理地上部干物质积累量整体略低于A2处理。‘兴佳2号’在8月16日所有处理地上部积累量均显著低于CK; ‘中薯5号’T2A1处理4次取样期地上部干物质积累量均低于CK。‘兴佳2号’地上部干物质积累量每期减少率呈上升的趋势; ‘中薯5号’T1A2、T2A2处理的每期减少率呈上升趋势, 其余处理呈先上升后降低趋势。在整个取样期, ‘兴佳2号’地上部干物质减少率由高到低表现为T2A1>T1A1>T2A2>T1A2>CK, ‘中薯5号’地上部干物质减少率由高到低表现为T1A1>T2A2>T2A1>CK>T1A2。由此可知, S₃₃₀₇和CSN能促进植株地上部干物质的转移, 一定程度加快植株干物质由“源”向“库”的转移, 其中在块茎膨大期喷施S₃₃₀₇转移效果最佳。



注: 误差线为标准误。不同小写字母表示指标在0.05水平差异显著, 采用LSD法。下同。

Note: Error bar is standard error. Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level as tested by using LSD method. The same below.

图1 喷施调节剂对‘兴佳2号’块茎干物质积累的影响

Figure 1 Effects of spraying plant growth regulator on tuber dry matter accumulation in 'Xingjia 2'

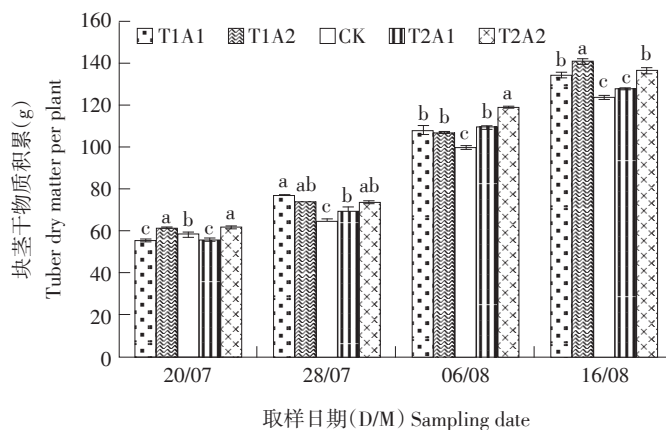


图2 喷施调节剂对‘中薯5号’块茎干物质积累的影响

Figure 2 Effects of spraying plant growth regulator on tuber dry matter accumulation in 'Zhongshu 5'

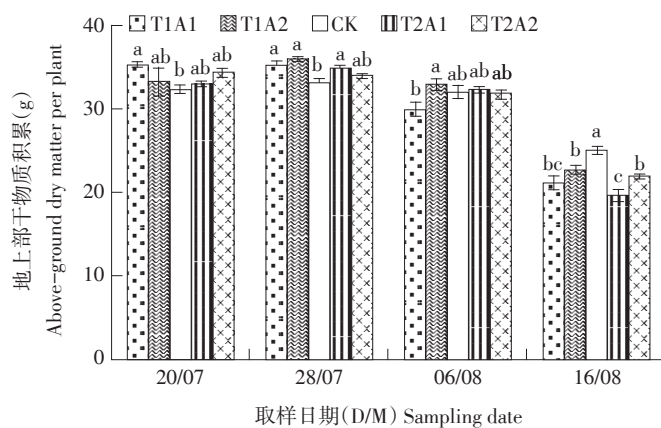


图3 喷施调节剂对‘兴佳2号’地上部干物质积累的影响

Figure 3 Effects of spraying plant growth regulator on above-ground dry matter accumulation in 'Xingjia 2'

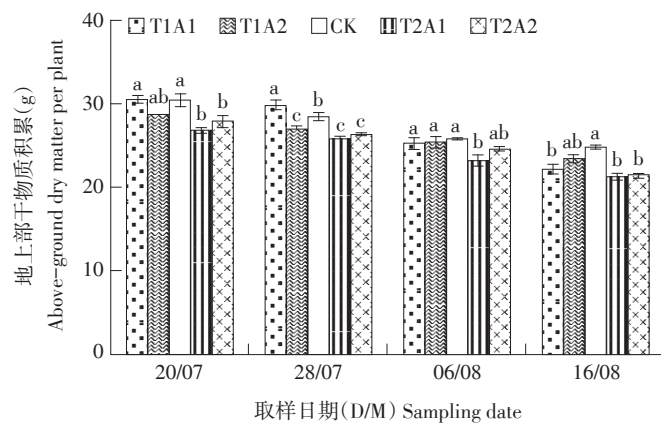


图4 喷施调节剂对‘中薯5号’地上部干物质积累的影响

Figure 4 Effects of spraying plant growth regulator on above-ground dry matter accumulation in 'Zhongshu 5'

2.3 喷施调节剂对马铃薯植株干物质在各部位分配的影响

取样时植株已经进入生殖生长阶段, 茎、叶干物质分配比例均呈下降趋势, 块茎干物质的分配比例均达50%以上, 且占比越来越高。

由表1可知, ‘兴佳2号’处理中, 8月16日叶、块茎部位喷施处理的分配比例显著低于(高于)CK, 茎部位T1A1处理的分配比例在8月16日显著低于CK。‘中薯5号’处理中, 茎、块茎部位

喷施处理的分配比例在后3次取样期均显著低于(高于)CK(8月6日块茎T1A2除外); 叶部分T2A2处理的分配比例在后3次取样期显著低于CK。在所有喷施处理中, T1A1分配比例变动幅度最大, 除了‘兴佳2号’茎部(T2A1降幅最大); A1处理变动幅度大于A2处理; ‘兴佳2号’整体分配比例变动幅度大于‘中薯5号’。由此可知, S₃₃₀₇和CSN均能显著提升块茎干物质在植株中的分配比例。

表1 喷施调节剂对马铃薯植株干物质在各部位中分配比例的影响

Table 1 Effects of spraying plant growth regulator on distribution proportion of dry matter in different parts of potato

品种 Variety	部位 Part	处理 Treatment	取样日期(D/M) Sampling date			
			20/07	28/07	06/08	16/08
兴佳2号 Xingjia 2	茎	T1A1	16.50 ± 0.18 a	11.90 ± 0.17 b	8.97 ± 0.45 a	6.59 ± 0.32 b
		T1A2	15.70 ± 0.12 a	13.65 ± 0.40 a	9.37 ± 0.37 a	6.85 ± 0.30 ab
		CK	15.42 ± 0.36 a	13.42 ± 0.18 a	9.57 ± 0.36 a	8.04 ± 0.23 a
		T2A1	16.79 ± 0.45 a	13.61 ± 0.17 a	8.85 ± 0.17 a	6.73 ± 0.25 ab
		T2A2	16.70 ± 0.86 a	13.18 ± 0.54 a	8.68 ± 0.48 a	6.87 ± 0.39 ab
	叶	T1A1	25.23 ± 0.61 a	21.63 ± 0.75 a	13.83 ± 0.60 ab	7.50 ± 0.27 b
		T1A2	23.68 ± 0.23 b	21.43 ± 0.24 a	14.63 ± 0.58 ab	7.50 ± 0.27 b
		CK	20.92 ± 0.35 c	19.85 ± 0.38 b	14.87 ± 0.26 a	9.75 ± 0.22 a
		T2A1	24.29 ± 0.34 ab	20.87 ± 0.36 ab	13.42 ± 0.33 b	7.40 ± 0.61 b
		T2A2	20.48 ± 0.52 c	19.47 ± 0.54 b	13.27 ± 0.18 b	7.43 ± 0.12 b
	块茎	T1A1	58.27 ± 0.67 c	66.47 ± 0.59 ab	77.20 ± 0.74 ab	85.91 ± 0.59 a
		T1A2	60.62 ± 0.34 b	64.92 ± 0.35 b	76.01 ± 0.51 b	85.65 ± 0.41 a
		CK	63.67 ± 0.44 a	66.73 ± 0.56 ab	75.56 ± 0.58 b	82.22 ± 0.24 b
		T2A1	58.92 ± 0.78 bc	65.52 ± 0.46 b	77.73 ± 0.51 ab	85.88 ± 0.66 a
中薯5号 Zhongshu 5	茎	T2A2	62.82 ± 0.64 a	67.35 ± 0.34 a	78.05 ± 0.43 a	85.69 ± 0.28 a
		T1A1	15.96 ± 0.18 a	12.12 ± 0.48 b	7.97 ± 0.25 c	6.28 ± 0.34 c
		T1A2	14.36 ± 0.28 b	12.28 ± 0.17 b	9.09 ± 0.26 b	6.83 ± 0.19 bc
		CK	15.44 ± 0.70 ab	15.02 ± 0.28 a	10.14 ± 0.56 a	8.20 ± 0.28 a
		T2A1	14.16 ± 0.53 b	11.87 ± 0.74 b	8.33 ± 0.02 bc	6.72 ± 0.28 bc
	叶	T2A2	14.26 ± 0.46 b	12.70 ± 0.14 b	8.72 ± 0.29 bc	7.31 ± 0.11 b
		T1A1	19.62 ± 0.63 a	16.04 ± 0.59 a	11.08 ± 0.18 a	7.98 ± 0.46 a
		T1A2	17.53 ± 0.22 ab	14.59 ± 0.53 ab	10.17 ± 0.09 b	7.55 ± 0.45 a
		CK	19.03 ± 0.91 ab	15.69 ± 0.52 a	10.46 ± 0.27 ab	8.56 ± 0.17 a
		T2A1	18.45 ± 0.07 ab	15.29 ± 0.34 ab	9.23 ± 0.49 c	7.62 ± 0.34 a
	块茎	T2A2	17.06 ± 1.07 b	13.77 ± 0.51 b	8.50 ± 0.21 c	6.34 ± 0.34 b
		T1A1	64.43 ± 0.62 b	71.83 ± 0.97 a	80.95 ± 0.28 b	85.74 ± 0.62 a
		T1A2	68.11 ± 0.14 ab	73.13 ± 0.59 a	80.74 ± 0.32 bc	85.62 ± 0.36 a
		CK	65.53 ± 1.53 b	69.28 ± 0.73 b	79.39 ± 0.70 c	83.24 ± 0.44 b
		T2A1	67.39 ± 0.59 ab	72.83 ± 0.74 a	82.44 ± 0.48 a	85.65 ± 0.20 a
		T2A2	68.68 ± 1.36 a	73.53 ± 0.40 a	82.79 ± 0.39 a	86.35 ± 0.25 a

注: 数据为平均值 ± 标准误。同一列数值后不同小写字母表示在0.05水平差异显著, 采用LSD方法。下同。

Note: Data is presented as mean ± standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level as tested by using LSD method. The same below.

2.4 喷施调节剂对马铃薯产量和块茎干物质含量的影响

由表2可知, 在‘兴佳2号’处理中, T2A2处理产量显著高于CK, 较CK增加6.45%; T1A2处理块茎干物质含量显著高于CK, 较CK增加8.74%。在‘中薯5号’处理中, T1A2、T2A1和T2A2处理产量

显著高于CK, 分别较CK增加12.98%、14.90%和23.28%; T1A2处理块茎干物质含量显著高于CK, 较CK增加7.60%。就产量来说, 在块茎膨大期喷施生长调节剂增产效果优于块茎形成期喷施; 就块茎干物质含量来说, 块茎形成期喷施效果优于块茎膨大期喷施。

表2 喷施调节剂对马铃薯产量和块茎干物质含量的影响

Table 2 Effects of spraying plant growth regulator on potato yield and tuber dry matter content

品种 Variety	处理 Treatment	产量(kg/667m ²) Yield	较CK增加(%) Increased percentage	块茎干物质含量(%) Tuber dry matter content	较CK增加(%) Increased percentage
兴佳2号 Xingjia 2	T1A1	2 024.35 ± 37.60 b	0.39	18.00 ± 0.12 b	2.06
	T1A2	2 088.82 ± 47.28 ab	3.58	19.17 ± 0.17 a	8.74
	CK	2 016.56 ± 16.44 b	—	17.62 ± 0.14 b	—
	T2A1	2 037.69 ± 51.75 ab	1.05	17.75 ± 0.17 b	0.73
	T2A2	2 146.63 ± 21.69 a	6.45	18.35 ± 0.60 ab	3.91
中薯5号 Zhongshu 5	T1A1	2 512.37 ± 43.88 c	4.39	16.82 ± 0.37 ab	5.58
	T1A2	2 719.14 ± 67.56 b	12.98	17.15 ± 0.47 a	7.60
	CK	2 406.76 ± 84.03 c	—	15.95 ± 0.35 b	—
	T2A1	2 765.27 ± 54.21 b	14.90	16.70 ± 0.10 ab	4.91
	T2A2	2 967.04 ± 46.34 a	23.28	16.80 ± 0.26 ab	5.45

3 讨 论

作物产量、品质的高低主要取决于源、库的强弱和流的畅通程度, 产量的形成也是源库协调互作的结果^[17]。植物生长调节剂的应用可以为植物化合物的合成与分配带来一定促进作用^[18]。王娜等^[12]研究发现在绿豆始花期叶面喷施S₃₃₀₇可提高主茎叶片中干物质对籽粒的转运量和转运率, 促进同化物质由“源”向“库”的转移。齐德强等^[19]研究发现马铃薯苗期叶面喷施S₃₃₀₇可增加叶片内淀粉的积累, 并促进叶片中淀粉向块茎中转运, 显著提高马铃薯产量。本研究结果表明S₃₃₀₇和CSN均可促进马铃薯地上部干物质向块茎的转运, 显著提升块茎干物质的分配比例, 这与王娜等^[12]和齐德强等^[19]的研究结果基本一致。

块茎形成期和块茎膨大期是马铃薯块茎生长的重要时期, 也是马铃薯需肥的关键时期^[20]。赵晶晶^[20]研究发现在马铃薯不同生育期喷施S₃₃₀₇, 块茎膨大期处理的增产率高于块茎形成期处理, 块茎形

成期处理的块茎淀粉含量高于块茎膨大期处理。本研究结果显示, 在不同品种马铃薯和不同喷施类型处理下, 块茎形成期喷施调节剂更有利于块茎干物质含量的增加, 块茎膨大期喷施调节剂更有利于产量的增加。多人研究结果显示, 马铃薯块茎淀粉含量与干物质含量呈极显著正相关^[21,22], 所以, 本试验结果与赵晶晶^[20]研究结果基本一致。

唐鑫华等^[15]在试验中发现生长调节剂对不同品种马铃薯产量的影响存在差异, 推测原因可能与不同品种干物质的积累和生育期差异有关。本研究采用2个马铃薯品种进行试验, 其中调节剂对‘兴佳2号’的产量调控幅度较小, 这可能与品种生育期和喷施浓度相关^[23]。此外, 研究结果显示CSN对马铃薯的增产效果优于烯效唑, 其在‘中薯5号’处理中的增产率分别为12.98%和23.28%, 与对照差异均达到显著水平。CSN具有高效、低毒、无副作用等优点, 广泛应用于经济作物和油料作物的种子萌发以及生长发育调控^[11,14,24], 但很少应用于马铃薯的生长调控。在生产上应用化学调控剂时, 应根据实

际情况灵活选择, 并对品种差异、施用浓度和生产品目标进行综合考量, 以期达到预期目标。

本试验结果表明, 复硝酚钠和烯效唑均能促进植株地上部干物质向块茎的转移, 显著提升块茎在植株干物质中的分配比例, 提升产量和块茎干物质含量。就产量而言, 在块茎膨大期喷施复硝酚钠的调控效果最佳; 就块茎干物质含量而言, 在块茎形成期喷施复硝酚钠的调控效果最佳。

[参 考 文 献]

- [1] 高明杰, 罗其友, 薄沁蓉, 等. 中国贫困地区马铃薯产业发展概况 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021.
- [2] 刘巧彦, 张艳荣. 产业结构变迁视角下马铃薯产业减贫效应研究 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(4): 371-377.
- [3] 罗其友, 高明杰, 刘子萱, 等. 2020年中国马铃薯产业发展形势分析 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021.
- [4] 张颖城, 李中慧, 王秀丽. 中国马铃薯主要品种特征与产业布局分析 [J]. 中国马铃薯, 2022, 36(1): 78-85.
- [5] Ahmad I, Kamran M, Yang X N, *et al.* Effects of applying uniconazole alone or combined with manganese on the photosynthetic efficiency, antioxidant defense system, and yield in wheat in semi-arid regions [J]. *Agricultural Water Management*, 2019, 25(2): 400-414.
- [6] 项洪涛, 冯延江, 郑殿峰, 等. 植物生长调节剂对马铃薯产量和品质的调控研究进展 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(15): 15-19.
- [7] 冯焱, 淳俊, 桑有顺, 等. 两种植物生长调节剂对马铃薯原种产量的影响 [J]. 四川农业科技, 2018(1): 13-14.
- [8] Hamed K, Ghorban K. The role of uniconazole in improving physiological and biochemical attributes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to drought stress [J]. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 2019, 22(2): 161-168.
- [9] 马爽, 刘喜才, 宋继玲, 等. 烯效唑和赤霉素对马铃薯产量的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2019(4): 34-36.
- [10] Huang Y T, Cai S Y, Ruan X J, *et al.* CSN improves seed vigor of aged sunflower seeds by regulating the fatty acid, glycometabolism, and abscisic acid metabolism [J]. *Journal of Advanced Research*, 2021, 33(1): 1-13.
- [11] 黄斌, 李文科, 孙敏涛, 等. 复硝酚钠对低温下黄瓜种子萌发和幼苗耐寒性的影响 [J]. 核农学报, 2022, 36(4): 845-855.
- [12] 王娜, 杨思敏, 刘蓓蓓, 等. 植物生长调节剂对绿豆干物质积累动态与产量的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(3): 10-17.
- [13] 曲亚英, 李掌, 郑永伟, 等. 植物生长调节剂和种植密度对马铃薯‘陇薯7号’生长、产量及不同质量块茎分布的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(1): 72-81.
- [14] 安霞, 张海军, 蒋方山. 复硝酚钠对两种穗型小麦花后生育性状的影响 [J]. 农业科技通讯, 2018(9): 81-83.
- [15] 唐鑫华, 曲自成, 张浩, 等. 块茎形成期外施表油菜素内酯对马铃薯生理和产量的影响 [J]. 核农学报, 2018, 32(9): 1855-1863.
- [16] 张用成, 田丰. 马铃薯试验研究方法 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 116-168.
- [17] 李强强, 赵玥, 李璠, 等. 作物源库关系及其生理调控途径的研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(9): 50-56.
- [18] 于苙. 植物生长调节剂对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 新农业, 2021(13): 9.
- [19] 齐德强, 赵晶晶, 冯乃杰, 等. 烯效唑(S₃₀₇)和胺鲜酯(DTA-6)对马铃薯叶与块茎糖代谢及产量的影响 [J]. 作物杂志, 2019(4): 148-153.
- [20] 赵晶晶. 植物生长调节剂在马铃薯生产上的作用效果 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [21] 吴琪滢, 李德明, 郭志乾, 等. 西北地区不同马铃薯种质资源产量和营养品质综合分析与评价 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(6): 489-499.
- [22] 李晋田, 姚燕辉, 邢丽斌, 等. 3个马铃薯新品系及其亲本农艺性状分析评价 [J]. 中国马铃薯, 2022, 36(2): 111-119.
- [23] 石瑛, 卢福顺, 王冬雪. 几个马铃薯品种产量及品质形成的差异 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(1): 1-4.
- [24] 孟宁. DA-6、复硝酚钠和油菜素内酯复配对玉米种子活力的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.