

GPIT生物制剂对雹灾后玉米再生效果的 试验研究

王 纶¹, 王星玉¹, 李红义², 杨红军³, 那郅焯³, 侯玉梅⁴, 魏绍谦⁴, 元慕田⁴

¹山西农业大学农业基因资源研究中心(山西省农业科学院农作物品种资源研究所), 农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室, 山西 太原

²山西农业大学棉花研究所, 山西 运城

³云南生态农业研究所, 云南 昆明

⁴山西省奥圣农业开发有限公司, 山西 太原

Email: wanglun976pzs@sina.com

收稿日期: 2021年3月28日; 录用日期: 2021年4月21日; 发布日期: 2021年4月28日

摘 要

每当夏季冰雹给农作物带来的灾害损失不可小觑, 但至今在农业生产上也没有一个令人满意的行之有效的防御方法。GPIT生物制剂在高光效的作用下能使农作物达到高产、优质、高抗的效果, 为了验证GPIT生物制剂的高光效作用对农作物雹灾后产生的再生效果, 从而挽回因雹灾造成的部分损失, 提高雹灾后农作物单位面积产量, 我们以玉米为例, 对雹灾后玉米进行了3次不同浓度的GPIT生物制剂的根外喷施试验。结果表明, 在11项数量性状和3项质量性状上均出现了明显效果, 使最终玉米单位面积的产量从雹灾造成41%的损失中, 挽回了27%的损失, 只造成14%的损失, 挽回的损失是最终造成损失的1.9倍。GPIT生物制剂对雹灾后玉米再生效果的试验结果, 为今后各种农作物应对因雹灾带来的自然灾害, 间接的提供了一条行之有效的途径。

关键词

GPIT生物制剂, 雹灾, 玉米再生, 试验研究

Experimental Study on Regeneration Effect of GPIT Biological Preparation on Maize after Hail Disaster

Lun Wang¹, Xingyu Wang¹, Hongyi Li², Hongjun Yang³, Zhiye Na³, Yumei Hou⁴,
Shaoqian Wei⁴, Mutian Yuan⁴

¹Center for Agricultural Genetic Resources Research, Shanxi Agricultural University (Institute of Crop

Germplasm Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences), Taiyuan Shanxi

²Cotton Research Institute of Shanxi Agricultural University, Yuncheng Shanxi

³Yunnan Institute of Ecological Agriculture, Kunming Yunnan

⁴Shanxi Aosheng Agricultural Development Co. Ltd., Taiyuan Shanxi

Email: wanglun976pzs@sina.com

Received: Mar. 28th, 2021; accepted: Apr. 21st, 2021; published: Apr. 28th, 2021

Abstract

Whenever the summer hail to the crop disaster loss cannot be underestimated, but so far in agricultural production there is no a satisfactory effective defense method. GPIT biological agents under the action of high photosynthetic efficiency, can make the crop high yield, high quality, high effect, in order to test the effect on crops GPIT biological preparation of high photosynthetic efficiency regeneration effect after hailstorm, and save partial loss caused by hail, increase crop yield per unit area after hailstorm, we take corn as the example, three different concentrations of corn after hailstorm GPIT biological agents of the root of the spraying test. The results showed that there were obvious effects on 11 quantitative characters and 3 quality characters, which made the final corn per unit area and yield recover 27% of the 41% loss caused by hail disaster, and only 14% of the loss caused by hail disaster. The recovered loss was 1.9 times of the final loss. The experimental results of GPIT biological agents on maize regeneration after the hail disaster indirectly provided an effective way for various crops to deal with the natural disasters caused by the hail disaster in the future.

Keywords

GPIT Biological Agents, Hail Disaster, Maize Regeneration, Experimental Study

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

每逢夏季由于冷暖空气的频繁对流,常常使天气瞬息万变,由此带来的雷鸣闪电和暴风骤雨,又经常会夹带着大小各异的冰雹随着剧烈的雨点从天而降,而每当这个时候,便是农民辛勤耕种的并且正在快速生长的各种农作物,遭受严重甚至毁灭性冰雹灾害的痛心时刻,虽然雹灾的发生是短时的、局部的,但是由此给农业生产带来的损失也是不可小觑的。长期以来由冰雹带来的灾害一直困扰着农业生产,而人们又苦于没有一个特别有效的防止措施和应对方法[1]。有些地方采取发射驱雹弹的方法,在易发冰雹的天气情况下,通过气象部门由专门研制的发射炮发射专用的炮弹,驱散易发生冰雹的乌云,从而达到防止冰雹降落的目的。但苦于瞬息万变的天气是否能够形成冰雹也一时难以确定,形成了也始料未及,因此,成效甚微,使采用驱雹弹防止雹灾的方法至今在农业生产上也得不到大面积的推广和普及应用。更何况采用防雹弹防雹的方法成本较大,有时甚至是得不偿失。在此情况下,人们又滋生出在遭受雹灾过后,如何能强化受灾农作物的再生功能,加快受灾农作物的生长速度,使受灾农作物破损的茎叶尽快得到恢复,从而把雹灾带来的损失降到最低,仍然可以实现高产、稳产的美好愿望[2]。

GPIT 生物技术, 由云南省生态农业研究所那中元研究员于 20 世纪 90 年代中期创建, 全称植物基因表型诱导调控表达技术(Gene Phenotype Induction Technique)。GPIT 生物制剂的核心作用是大幅提高太阳能的利用, 在各种农作物上应用后可提高光合速率 50%~470%, 在此前提下可以达到高产、优质、高抗病和高抗逆的效果[3]。GPIT 生物制剂的高光效作用, 是否能在各种农作物遭受雹灾后, 对促进茎叶的再生产作用, 从而能够挽回和减轻因雹灾造成的损失。带着这样的问题, 我们以玉米为例, 对遭受雹灾后的玉米进行 GPIT 生物制剂处理的试验研究, 从而找出一条在农业生产实践中如何应对因突发冰雹造成的自然灾害的行之有效的办法。

2. 材料和方法

2.1. 试验地的选择

由于各地在夏季突发冰雹的不确定性, 则此次试验必须安排在夏季冷暖气流对流较强的, 容易形成急风暴雨导致冰雹频发的地区。著名的山西省忻州市五台县境内的五台山景区由于地势海拔较高, 森林覆盖面积大, 夏季水份的蒸发量大, 雨量充沛, 加之海拔落差较大, 形成了冷暖空气的强烈对流, 使周边的村镇常常出现雷鸣闪电, 急风暴雨的不良天气, 而往往在这种天气下又极易发生夹带大小各异的冰雹, 给当地群众带来不同程度的因冰雹给农作物造成的危害, 这种情况的频率较高, 几乎是每年夏季都会出现。为此, 我们的试验地选择在冰雹易发区, 与五台县交界的原平县薛孤乡下薛孤村[4]。经集思宝 G310 手持 GPS 定位仪测定, 该试点地理坐标为东经 112°33', 北纬 38°46', 除与五台山毗邻外, 又在当地著名的旅游景点莲花山的脚下, 生态环境非常有利于我们试验的需求。又经对当地海拔的测定为 886 m, 气候比较温暖, 对玉米的种植很适宜。因此当地因地制宜大面积种植玉米, 并且成立了下薛孤村玉米生产合作社, 近年来主推的玉米优良品种为从忻州市种子站调入的高产水地品种龙生 2 号和先玉 335。这就为我们在玉米上遭受雹灾后再生产效果的试验研究提供了比较理想的基础条件。

2.2. 试验区玉米耕作技术概况

试验区玉米依托于下薛孤村玉米生产合作社, 共种植 820 亩, 分为东区和西区两大块, 基本连片, 地势较平坦。共种植两个品种, 东区为龙生 2 号, 西区为先玉 335。播种期为 2020 年 5 月 6 日, 采用播种机一次播完。底肥以每公顷 30,000 kg 人粪尿加 750 kg N.P.K 复合肥和 600 kg 过磷酸钙混合施用。播深 12~15 cm, 行距 0.7 m, 株距 0.4 m, 每公顷株数 35,730 株。

2.3. 冰雹的出现及其造成的危害

2020 年 7 月 6 日正当试验区的玉米在阳光下茁壮成长的时候, 午后 15 时左右, 伴随着试验地天空一片乌云的突然出现, 紧接着雷鸣闪电, 铜钱大的雨点降落并且夹带着蚕豆大的冰雹击打在东区半人多高的龙生 2 号的玉米茎叶上, 约 10 分钟左右。顷刻之间使西区长约 300 m, 宽约 50 m 的带状面积上的玉米茎叶受损严重, 所幸这里每每出现这样的自然灾害, 受灾面积并不很大, 所以尽管这里频繁发生雹灾, 出现大面积毁灭性的雹灾还是极少见到的。但这次雹灾的出现, 却正是我们期盼的, 为此次试验提供了难得的机会。

2.4. 试验材料

GPIT 生物技术由云南生态农业研究所那中元创建, 此次试验提供的 GPIT 生物制剂是由山西奥圣农业开发有限公司在原云南生态农业研究所“粉剂”产品的基础上, 提档升级的“水剂”产品。在实践大面积推广应用中, 又根据各种农作物对不同微量元素的需求, 添加了多种微量元素, 进一步提档升级,

定名为“粮果菜上丰”，使 GPIT 生物技术高光效功效的表达更加突显和完善。

2.5. 试验方法

GPIT 生物制剂在农作物上的使用方法是多种多样的，主要包括浸种，拌种、灌根、根外喷施、浸枝条和沾根等多种方法，不论采用那种方式均会产生明显的成效[5]。针对此次试验的特点，以茎叶喷施最为适宜，但对喷施使用的浓度有比较严格的要求。一般来讲在浓度大的情况下会起到抑制茎叶生长，促进根部发育的作用，中等浓度的情况下会起到茎叶快速生长的作用，浓度小的情况下起到促进果实快成熟的作用，由于此次试验的目的是促进玉米茎叶尽快的再生，以恢复和提高光效的功能，把因雹灾造成的产量损失减少到最小，所以，第一次喷施，以采用原液 1:200 的浓度最为适宜，方法是 1 kg 的原液兑 200 kg 的水，可喷施约 0.3 公顷的玉米，如果以无人机喷施同样的面积，浓度可加大 10 倍，为 1:20 的浓度为宜，但用量会随之减少 10 倍，喷施时间在受灾后的第 2 天即可进行；第二次喷施，要相隔 10d 左右，仍以同样的浓度喷施，以强化茎叶的快速生长；第三次喷施要与第二次相隔 20d 左右，这个时期正是玉米籽粒的灌浆期，为了同时起到促进籽粒成熟的作用，采用的浓度要适当减小，以 1:300 倍或 1:30 倍(无人机喷施浓度)为宜[6]。

具体的试验方案为：在长约 300 m，宽约 50 m 的受灾带中，从中间打开，以东部长约 150 m，宽约 50 m 面积的受灾带作为从受灾后第 2 d 起，就以 1:200 倍(或 1:20 倍)的 GPIT 生物制剂液茎叶喷施；10 d 后再以 200 (或 1:20 倍)倍的浓度溶液第二次喷施；20 d 后再以 1:300 (或 1:30 倍)倍的稀释浓度第三次喷施。以西部另一半长约 150 m，宽约 50 m 的受灾带作为对照(ck)，不做任何处理。在以后的生育阶段中要在田间分别观察记载受灾后经 GPIT 处理的、不作处理作为对照(ck)以及田间毗邻的未受灾害玉米的抽雄日期、成熟期、株高、叶片数和双穗率等农艺性状的具体日期和相关的日期和数据。田间收获后还要分别作受灾后处理和对照(ck)以及未受灾玉米的穗部性状的多项数量性状、质量性状和产量水平的考种调查。

2.6. 调查项目和方法

本次试验与以往试验在设置对照(ck)的数量上有所不同，一般设置一个对照(ck)。此次设置 2 个，除与受灾后未作处理的对照(ck)比较外，还多设一个未受雹灾影响的对照(ck)。这样通过此次试验后，不仅可以看出经过 GPIT 生物制剂对雹灾后玉米再生效果的作用，同时也可以比较出因为雹灾的发生给玉米生长和最终单位面积产量带来的影响。调查项目分为两个部分，一部分是数量性状，包括 11 项内容；另一部分是质量性状和产量，包括 5 项内容。

2.6.1. 对数量性状的调查和方法

数量性状的 11 项调查内容分别为株高、叶片数、抽雄期、成熟期、穗长、穗直径、秃尖长、穗行数、单行粒数、单穗粒数和双穗率。其中前 4 项为茎叶和物候期的变化比较，后 7 项为产量数量因子比较。调查方法分为田间和室内两部分，田间调查项目的具体方法为：① 株高：成熟期分别随机测量有代表性的处理和两种对照 20 株从地上第一茎节到雄穗顶的距离，取 20 株平均值，精确到整数。② 叶片数：和株高的标准一样，以 20 株为基数分别测量雹灾后处理和两对照(ck)完整的叶片数，取平均值，精确到 0.1。③ 抽雄期：分别记载处理和两对照(ck) 60%植株抽出雄穗的日期。④ 成熟期：分别记载处理和两对照(ck)的籽粒发硬的日期。⑤ 双穗率：以 20 株为基数，分别数出双穗数，计算出百分率。室内调查的项目主要是相关穗和籽粒的数量性状，调查方法为分别从田间随机取处理和两个对照(ck)成熟后有代表性的玉米穗子 20 穗，然后分别测量每个穗的穗长、穗直径、秃尖长；分别数出每个穗子的穗行数、单行粒数、单穗粒数，取 20 穗的平均值，精确到 0.1 [7]。

2.6.2. 对质量性状和单位面积产量的调查项目和方法

3 项质量性状的调查项目全部集中在穗子上, 因此可以用调查数量性状后的样穗, 在完成 20 穗处理和两个对照(ck)数量性状的调查后, 再分别完成 20 个穗的单穗粒质量、单株粒质量和百粒质量的调查。方法为① 单穗粒质量: 把处理和两个对照(ck) 20 个样穗的籽粒烘干后称质量除以 20, 精确到 0.1。② 单株粒质量: 得出处理和两个对照(ck)单穗粒质量的数据后, 再分别加上单穗粒质量乘以双穗率得出的质量数, 精确到 0.1。③ 百粒质量: 随机分别取处理和两个对照(ck) 100 粒的籽粒, 在电子天平上称质量, 取 2 次的平均值, 精确到 0.1。

对单位面积产量的计算, 采取以田间实收 667 m² 产量为主和以理论计算方法, 即单株粒质量乘以每 667 m² 株数的方法为辅相结合的方法。田间实收具体操作和计算方法为: 分别选择划定以 GPIT 生物制剂处理、未作处理和未受雹灾的有代表性的 667 m² 成熟玉米地, 以玉米收割机一次性分别收割脱粒, 再分别称质量, 然后各减去以玉米种子水分测定仪测出的含水量高于 12% 以上水分的质量, 即各自 667 m² 的实产量。以各自 667 m² 的实产量乘以 15 即各自每公顷的折合产量[8]。通过对各自每公顷的产量数, 即可比较出此次因冰雹给当地玉米产量造成的损失; 以及应用 GPIT 生物制剂后, 对玉米植株产生的再生效果, 从而又挽回一定数量的因冰雹灾害造成的损失; 和挽回部分损失后最终的实际损失。

3. 结果与分析

3.1. GPIT 生物制剂对雹灾后玉米数量性状的影响

3.1.1. 株高

玉米遭受冰雹的击打后, 由于茎叶受损严重, 势必会影响到以后的光合作用和生长速度, 因此对植株的高度一定会出现一个比较敏感的体现。从表 1 中可以看出, 未受雹灾的玉米植株, 株高比受灾后玉米的株高高出 31 cm, 比受灾后经 GPIT 生物制剂处理的植株高 15 cm, 而处理的又比未处理的高 16 cm。说明 GPIT 生物制剂对雹灾后对受损玉米植株的应用, 对玉米植株再生恢复过程中, 对植株高度的生长恢复是比较明显的, 其中挽回增长的高度为 16 cm, 造成损失减少的高度为 15 cm, 挽回增长的高度比造成损失减少的高度还高出 1 cm。这就更加说明, 虽然冰雹的发生给正在茂盛生长的玉米植株高度带来不小的影响和损失, 但 GPIT 生物制剂的应用, 可以挽回给植株生长带来的大部分损失, 把造成的损失降低了很多。这为后期叶片的增加和光合作用的提升创造了良好的条件[9]。

Table 1. Effects of GPIT biological agents on quantitative traits of maize after hail disaster

表 1. GPIT 生物制剂对雹灾后玉米数量性状的影响

	株高 (cm)	叶片数	抽雄期 /月.日	成熟期 /月.日	穗长/ cm	穗直径 /cm	秃尖长 /cm	穗行数	单行粒 数	单穗粒 数	双穗率 /%
雹灾未处理(ck)	177	6.7	8.22	9.28	18.7	4.1	3.8	14.4	33.7	485.3	4.1
雹灾处理	193	10.4	8.14	9.23	21.2	4.6	3.2	15.2	38.4	583.7	13.5
未受雹灾(ck)	208	19.2	8.08	9.20	24.3	4.8	2.9	15.8	41.2	651.0	16.3

3.1.2. 叶片数

一般玉米品种整个生育期内均会拥有 20 片左右的叶, 夏季冰雹的发生是对茁壮生长的叶片最严重残酷的破坏, 叶片的受损将会给光合功能带来致命的影响。因此雹灾后玉米叶片的尽快恢复生长, 对玉米产量的形成将会起到至关重要的作用。从表 1 可以看出, 未受雹灾的玉米, 在整个生育期一共拥有 19.2

叶片,而遭受雹灾后的玉米完整叶片只有 6.7 片,减少了 12.5 片完整叶片。在玉米的全生育期,虽然植株下部叶片随着后期新生叶片的出现,逐步减弱了光合功能,但雌穗上部叶片,特别是最上部的 3 片功能叶在玉米籽粒的形成期发挥着关键的光合作用。由此看来,由于雹灾造成的受损叶片对于玉米植株快速的生长期造成的影响也是不能低估的,因此,对于雹灾后玉米植株再生叶片的恢复和数量的增加,对后期玉米产量的增减也会起到决定性的作用[10]。雹灾后经 GPIT 生物制剂处理的玉米植株再生叶片数比未做处理的明显增多,增加 3.7 片。虽然比未受灾玉米的叶片数少 8.8 片,但处理后新生叶片的光合功能又远大于未受雹灾植株下部衰老叶片的光合功能,所以,经 GPIT 生物制剂处理的玉米植株,由于新生叶片数的增加,特别是雌穗上部叶片和最上部 3 片叶的出现,将对最终玉米产量的增加发挥重要的作用。

3.1.3. 抽雄期

抽雄期即玉米植株抽出雄穗的日期,雄穗的抽出时间即预示着玉米植株的生长从营养生长阶段进入生殖生长阶段,所以顶部雄穗抽出后,紧接着中部雌穗的花丝也会随着出现,然后在短时间内雄穗即散发出足量的花粉,降落在雌穗的花柱头上,完成籽粒的受精过程。抽雄期的推迟又直接影响着玉米籽粒的成熟时间和饱满度,间接的影响到最终产量的多少。从表 1 中可以看出,未受雹灾的抽雄期比雹灾未处理的抽雄期提早了 14 d,比雹灾处理的提早 6 d,雹灾处理的又比未处理的提早 8 d,比未受灾的推迟 6 d。

3.1.4. 成熟期

成熟期是玉米籽粒灌浆期完成后,籽粒变硬成熟的日期。从表 1 中的试验结果可以看出,未受冰雹灾害的玉米在当地 9 月 20 日就可成熟,受灾后未作处理的玉米比正常成熟期推迟了 8 d,为 9 月 28 日成熟。而经 GPIT 生物制剂处理的玉米比正常成熟只推迟了 3 d,为 9 月 23 日成熟。说明经处理的玉米为因冰雹推迟成熟的时间又提前了 5 d,为保证籽粒的正常成熟和提高百粒质量起到了重要的作用。

3.1.5. 穗长

玉米穗的长度是构成玉米产量的重要数量产量因子,穗的长短又决定着单行粒数、单穗粒数的多少,继而又影响到单穗粒质量、单株粒质量的多少,最终影响到单位面积产量的高低。因此,从穗长的变化上就可以看出,对产量造成影响的程度[11]。从表 1 的穗长结果可以看出,未受雹灾的穗长比受灾后的穗长长 5.6 cm,比 GPIT 处理的长 2.1 cm,而经处理的又比未处理的长 3.5 cm。说明 GPIT 生物制剂的高光效作用在穗长的体现上是非常明显的,把因雹灾造成的玉米穗的减少长度 5.6 cm 中的 3.5 cm 损失弥补回来,使雹灾只减少了玉米穗 2.1 cm 长度,挽回的穗长比失去的穗长还长 1.4 cm。把因雹灾造成的穗长度的损失已经降到很低。这就为经受雹灾后的玉米经过 GPIT 生物制剂处理后,单行粒数和单穗粒数的增加创造了条件,奠定了基础。

3.1.6. 穗直径

玉米穗直径的大小可以体现穗的粗细,而穗的粗细又可决定穗行数的多少。穗直径越大穗行数越多,单穗粒数也就越多[12]。因此,穗直径和穗长所起的作用是一致的,二者必须同步正增长才能发挥出正能量的作用,如果仅仅是一方面的增长,对最终产量的增长是极其有限的。从表 1 的试验结果可以看出,未受雹灾的穗直径比受雹灾未处理的粗 0.7 cm,比处理的仅粗 0.2 cm,经处理的比未处理的粗 0.5 cm。说明经 GPIT 生物制剂处理的穗直径在高光效的作用下,把雹灾给玉米穗的穗直径造成减小 0.7 cm 程度的损失中夺回来 0.5 cm,只有 0.2 cm 的损失。由此可见,GPIT 生物制剂在玉米遭受雹灾后,对穗直径的再生效果也是十分明显的。在穗长和穗直径同步正增长的前提下,无疑对穗籽粒的正增长就奠定了良好的基础。

3.1.7. 秃尖长

秃尖是指玉米穗顶端发尖的一段无籽粒的穗轴，秃尖的长短也会影响到单穗籽粒的多少，这样就会对产量的构成造成一定的影响[13]。因此，在生产实践中都希望秃尖的出现越小越好。从本次试验的结果(表 1)看出，未受雹灾穗的秃尖长比受雹灾后的秃尖长短 0.9 cm，比经处理后的秃尖短 0.3 cm。经处理后的秃尖比未受处理后的秃尖短 0.6 cm，比未受雹灾的秃尖长 0.3 cm。说明 GPIT 生物制剂的应用，对秃尖长的影响也是很明显的。在因雹灾造成的增加 0.9 cm 秃尖中，挽回了 0.6 cm，是造成增加 0.3 cm 的损失 2 倍。秃尖长度的大幅减少，对雹灾后减小玉米产量的损失，也会发挥一定的作用。因此，在玉米遭受雹灾的危害后，GPIT 生物制剂的应用，使穗的秃尖长度的大幅减少，也是表明玉米再生效果的一项明显特征表现。

3.1.8. 穗行数

玉米穗行数的多少，也是构成玉米产量性状的一项重要数量性状。而穗行数的多少，又取决于穗直径的大小，穗直径越大，穗行数就越多；反之，穗直径越小，穗行数就越少。因此，穗行数的变化规律是与穗直径的变化规律相互一致的[14]。从表 1 中可以看出，未受雹灾的穗直径最大，穗行数就最多；雹灾后经处理的穗直径居中，穗行数也居中；雹灾后未处理的穗直径最小，穗行数也最少。从具体的穗行数的多少比较来看，未受雹灾的穗行数比受雹灾未处理的穗行数多 1.4 行，比受灾后处理的多 0.6 行。而雹灾后处理的比未处理的多 0.8 行，比未受雹灾的少 0.6 行。也就是说，在经受雹灾后，使玉米穗的穗行数遭受了 1.4 行的损失，经过 GPIT 生物制剂的处理后挽回了 0.8 行的损失，只遭受了 0.6 行的损失，挽回的损失还大于失去损失的 0.2 行。说明 GPIT 生物制剂对玉米的再生效果在穗行数的体现上同样是非常明显的。穗行数损失的减少，也就表明对最终产量损失的减少起到重要作用。

3.1.9. 单行粒数

单行粒数和穗行数一样，均是构成玉米产量的重要数量性状。不同的是穗行数与穗直径相辅相成，而单行粒数是与穗长的多少而定，穗越长，单行籽粒就多，穗越短，单行粒数就越少[15]。从表 1 中的具体数字比较来看，未受雹灾的比受雹灾未处理的多 7.5 粒，比处理的多 2.8 粒。经 GPIT 生物制剂处理的比未处理的多 4.7 粒，比未受雹灾的少 2.8 粒。可以看出，由于 GPIT 生物制剂的高光效作用，从受灾后单行粒数减少的 7.5 粒中夺回了 4.7 粒的损失。只造成 2.8 粒的损失。夺回的损失是失去损失的 1.6 倍。由于单行粒数损失的大幅减少，也就意味着对最终产量的减少幅度也会大幅减少。说明 GPIT 生物制剂的应用在单行粒数这个产量的重要数量性状上，表现也是十分明显的。

3.1.10. 单穗粒数

单穗粒数的多少，是由穗行数和单行粒数的多少来决定的。在穗行数和单行粒数均增加的前提下，单穗粒数也会同步增加，而相反如果穗行数和单行粒数均减少的情况下，单穗粒数也会同步减少；如果是其中一项减少，另一项增加，只要减少一项的数量小于增加一项的数量，对单穗粒数的增加也会出现相应的正增长。在本次试验结果中属于第一种情况，单穗粒数的增减与穗行数和单行粒数的增减结果是一致的。从表 1 可以看出，未受雹灾的单穗粒数最多，比雹灾后未处理的多 165.7 粒，比雹灾后处理的多 67.3 粒。而经 GPIT 生物制剂处理的比未受处理的多 98.4 粒，说明处理后的单穗粒数，从受损的 165.7 粒中，挽回了 98.4 粒，只遭受了 67.3 粒的损失，挽回的穗籽粒损失是失去的 1.46 倍。由此看出，GPIT 生物制剂在雹灾后在玉米植株再生的效果中单穗粒数的表现效果也同样是明显的。单穗粒数的增加也为单穗粒质量的增加奠定了基础。

3.1.11. 双穗率

双穗率的高低也是影响玉米产量高低的一项重要产量因子。双穗率越高，最终的产量也越高；反之，

产量就会降低。从表 1 的试验结果中可以看出, 未受雹灾的双穗率比雹灾后未处理的双穗率高 12.2 个百分点, 比处理后的高 2.8 个百分点。而经 GPIT 生物制剂处理的双穗率比未处理的高 9.4 个百分点, 比未受雹灾的低 2.8 个百分点。说明遭受冰雹灾害的玉米植株, 经过 GPIT 生物制剂的处理后, 双穗率从受灾害的全部损失中挽回了 9.4 个百分点, 只造成了 2.8 个百分点的损失率, 挽回的损失占多数, 是实际损失的 3.4 倍。这就为经受雹灾后较大幅度的提高玉米的最终产量, 把降低产量的不利因素降到最小发挥出重要的作用。

3.2. GPIT 生物制剂对雹灾后玉米质量性状的影响

3.2.1. 单穗粒质量

单穗粒质量是构成玉米产量的最重要的质量产量因子, 是决定玉米单位面积产量高低的关键因子, 特别是在双穗率极低, 或是没有双穗, 仅靠主穗获取产量的情况下, 单穗粒质量的高低就显得尤为重要, 不仅在实际产量中发挥决定性的作用, 也是唯一在理论上测算玉米单位面积产量高低的依据。就是在有双穗, 除了在极低的情况下, 可以忽略不计外, 在测算单株粒质量高低时, 也要以单穗粒质量作为基数, 因此单穗粒质量作为玉米的重要质量产量因子, 在玉米的产量中不论是实际产量或是理论上的测算均起着举足轻重的作用。从表 2 的试验结果中可以看出, 未受雹灾的单穗粒质量比受灾未处理的多 76.8 g, 比处理的多 27.2 g。GPIT 生物制剂处理的比未处理的多 49.6 g, 比未受雹灾的少 27.2 g。说明 GPIT 生物制剂的应用, 使玉米单穗粒质量从受雹灾损失的 76.8 g 中挽回了 49.6 g, 只造成了 27.2 g 的损失, 挽回的损失是造成损失的 1.8 倍。由此可见, GPIT 生物制剂的应用在单穗粒质量的效果体现也是十分明显的。而这种明显的效果体现就为最终单位面积产量的提高奠定了基础。

Table 2. Effects of GPIT biological agents on quality traits and yield of maize after hail disaster

表 2. GPIT 生物制剂对雹灾后玉米质量性状和产量的影响

	单穗粒质量/g	单株粒质量/g	百粒质量/g	产量 kg/667m ²	折产量 kg/hm ²
雹灾未处理(ck)	152.4	158.7	31.4	378.0	5670.0
雹灾处理	202.0	229.3	34.6	546.2	8193.0
未受雹灾(ck)	229.2	266.6	35.2	635.1	9526.5

3.2.2. 单株粒质量

单株粒质量和单穗粒质量一样, 均是玉米最重要的质量产量因子, 不同的是单穗粒质量一般是在没有双穗或双穗率极低的情况下对产量的构成起着决定性的作用, 如坡梁地旱地种植的玉米或古老低产的农家种。对于水地种植的玉米或是玉米杂交种等新品种来说, 双穗率较高, 产量的构成不单纯依靠单穗粒质量, 由双穗带来的产量部分对产量的构成也很重要。而且这也是实际产量构成和理论上测算单位面积产量的重要依据。在这种情况下单株粒质量的高低就显得尤为重要。此次试验就属于这种情况。从单株粒质量的变化中, 可以看出(表 2)未受雹灾的单株粒质量比受雹灾未处理的多 107.9 g, 比处理的多 37.3 g。处理的比未处理的多 70.6 g, 比未受雹灾的少 37.3 g。也就是说 GPIT 生物制剂的应用, 从单株粒质量在因雹灾受损的 107.9 g 中, 又挽回了 70.6 g 的损失, 只造成了 37.3 g 的损失, 挽回的损失占多数, 造成的损失是少数, 挽回的损失是造成损失的 1.9 倍。由此可见, GPIT 生物制剂对于雹灾后玉米单株粒质量的提升效果是很明显的。由于单株粒质量是最能体现产量的质量产量因子, 由此也表明, GPIT 生物制剂对雹灾后玉米上的应用, 可以在最终的产量上挽回因冰雹灾害造成的大部分损失, 使因冰雹灾害造成的损失降到最低, 仍然可以获得较高的产量。

3.2.3. 百粒质量

百粒质量也是玉米重要的质量产量因子。百粒质量的高低象征着玉米籽粒在光合作用下，合成的碳水化合物积累的多少，碳水化合物积累的越多，籽粒的饱满度越好，百粒质量也就越高。百粒质量和单穗粒质量、单株粒质量又呈正相关关系。因此，百粒质量的高低就直接影响着单穗粒质量和单株质量的高低[16]。而单穗粒质量和单株粒质量又直接决定着产量的高低，所以百粒质量也是玉米质量产量因子中最重要的基础性产量因子。从表 2 的试验结果中表明，未受雹灾的百粒质量最高，比受灾未处理的多 3.8 g，比雹灾后处理的多 0.6 g。经 GPIT 生物制剂处理的比未处理的多 3.2 g，比未受雹灾的少 0.6 g，说明 GPIT 生物制剂在百粒质量上挽回了 3.2 g 的损失，把雹灾造成的损失从 3.8 g 降低到 0.6 g，挽回的损失是雹灾最终造成损失的 5.3 倍。可见 GPIT 生物制剂的高光效作用在玉米百粒质量的增加上体现更加明显。这也是促成雹灾后经 GPIT 生物制剂处理后单穗粒质量和单株粒质量能够明显增加的一项重要原因。

3.3. GPIT 生物制剂对玉米产量的影响

3.3.1. 产量 kg/667m² 的影响

GPIT 生物制剂对雹灾后玉米再生效果的作用，首先在不同的多项数量性状上表达出来，在此基础上又由量的变化转化为质的变化，这就是质量性状的变化表达。在此前提下最终落实在单位面积产量的表达上，以此在试验完成后来衡量比较最终产量的增减数量和增减的百分点比数。我国习惯的农作物产量的计产单位为亩(667 m²)，试验完成后实地收获以及理论上测产计算，也均以亩(667 m²)为计产单位，在实地收获和理论测产比较吻合的情况下，得出此次试验单位面积的最终产量。从表 2 可以看出，未受雹灾的每 667 m² 产量比受雹灾未处理的多 257.1 kg，比处理的多 88.9 kg。GPIT 生物制剂处理的比受雹灾未处理的多 168.2 kg，比未受雹灾的少 88.9 kg。说明在最终单位面积玉米籽粒产量的收成上，因雹灾给 667 m² 的玉米带来 257.1 kg 产量损失的情况下，经 GPIT 生物制剂处理后在高光效的作用下，又经过再生作用，使每 667 m² 的面积上挽回了 168.2 kg 产量的损失，使最终因雹灾造成每 667 m² 产量损失的 257.1 kg 玉米籽粒减少到仅有 88.9 kg，挽回的籽粒产量损失是实际损失的 1.9 倍。由此可见，GPIT 生物制剂在应对夏季冰雹灾害的发生中发挥了具有另辟蹊径、独树一帜的效果。

3.3.2. 折合产量 kg/hm² 比较

在国际上单位面积的计产以公顷为基础单位，每公顷的面积是 667 m² 的 15 倍，以此折算成每公顷的产量来比较。表 2 表明，未受雹灾的每公顷产量比雹灾未处理的多 3856.5 kg，比处理的多 1333.5 kg。GPIT 生物制剂处理的比未处理的多 2523 kg，比未受灾害的少 1333.5 kg。在以每公顷单位面积的最终产量比较下，GPIT 生物制剂在雹灾后的应用上，每公顷可以在 3856.5 kg 的产量损失上，挽回 2523 kg 的损失，使经受雹灾后的玉米每公顷实际只遭受了 1333.5 kg 的损失。此次雹灾带来的玉米产量损失占未受雹灾产量的 41%，应用 GPIT 生物制剂后挽回了 27% 的损失，最终只造成 14% 的损失，挽回的损失是造成损失的 1.93 倍。

4. 讨论与结论

GPIT 生物制剂对玉米雹灾后再生效果的体现，主要通过对玉米雹灾后受损的植株在 GPIT 生物制剂高光效的作用下，对各项农艺性状和单位面积产量产生的影响。在这些农艺性状中主要包括两大类型，一类是数量性状，另一类为质量性状[17]。在数量性状中又包括茎叶和物候期数量性状，以及产量因子的数量性状，共 11 项；在质量性状中只有产量因子 3 项。数量性状和质量性状共计 14 项。综合 GPIT 生物制剂对这 14 项农艺性状的影响，就可以看出，GPIT 生物制剂在雹灾后玉米植株上再生效果的明显表达。① 株高：灾后降低 31 cm，GPIT 处理后又升高 16 cm，最终只降低 15 cm；② 叶片：灾后减少 12.5

片, GPIT 生物制剂处理后又增加 3.7 片, 最终只减少 8.8 片; ③ 抽雄期: 灾后推迟了 14 d, GPIT 处理后又提早了 8 d, 最终只推迟了 6 d; ④ 成熟期: 灾害推迟了 8 d, GPIT 生物制剂处理后提早了 7 d, 最终只推迟了一天; ⑤ 穗长: 灾后减少 5.6 cm, GPIT 生物制剂处理后增加 3.5 cm, 最终减少 2.1 cm; ⑥ 穗粗: 灾后减少 0.7 cm, GPIT 生物制剂处理后增加 0.5 cm, 最终只减少 0.2 cm; ⑦ 秃尖长: 灾后增长 0.9 cm, GPIT 生物制剂处理后减少 0.6 cm, 最终只增长 0.3 cm; ⑧ 穗行数: 灾后减少 1.4 行, GPIT 生物制剂处理后又增加 0.8 行, 最终只减少 0.6 行; ⑨ 单行粒数: 灾后减少 7.5 粒, GPIT 处理后又增加 4.7 粒, 最终只减少 2.8 粒; ⑩ 单穗粒数: 灾后减少 165.7 粒, GPIT 处理后又增加 98.4 粒, 最终只减少 67.3 粒; ⑪ 双穗率: 灾后减少 12.2%, GPIT 生物制剂处理后又增加 9.4%, 最终只减少 2.8%; ⑫ 单穗粒质量: 灾后减少 76.8 g, GPIT 生物制剂处理后又增加 49.6 g, 最终只减少 27.2 g, ⑬ 单株粒质量: 灾后减少 107.9 g, GPIT 生物制剂处理后又增加 70.6 g, , 最终只减少 37.3 g; ⑭ 百粒质量: 灾后减少 3.8 g, GPIT 生物制剂处理后又增加 3.2 g, 最终只减少 0.6 g。在 14 项农艺性状的调查比较中均未出现负面的影响。也正因为如此, 也导致了最终因为 GPIT 生物制剂对雹灾后玉米的应用, 使其单位面积的产量没有造成太大的影响。使因此次雹灾造成的 41% 的产量损失中, 挽回了 27% 的产量损失, 最终只造成 14% 的产量损失, 挽回的产量损失是造成产量损失的 1.93 倍。

GPIT 生物制剂对雹灾后玉米再生效果的试验结果, 无疑为今后不仅是玉米, 包括各种农作物在应对在夏季因冰雹造成的灾害中, 找出一条切实可行, 也行之有效的途径。其实, 各地在大面积推广应用 GPIT 生物制剂的过程中, 也采用并发现了 GPIT 生物制剂在应对冰雹灾害中发挥的作用, 只是没有做科学详尽的系统分析。如内蒙古临河县农业局也在 2020 年 7 月 17 日在本县局部农作物发生雹灾后, 在全县大面积推广应用 GPIT 生物制剂的前提下, 对经受雹灾后的玉米、向日葵、西葫芦等农作物上均又喷施了 300 倍液稀释浓度的 GPIT 生物制剂, 发现茎叶明显葳蕤的生长, 在最终的产量结果均与对照出现了明显的差异。喷施的玉米比遭灾后未喷施的增产 42.8%, 向日葵增产 41.3%, 西葫芦增产 61.8%。GPIT 生物制剂对雹灾后玉米再生效果的试验研究结果, 使人深受启发, 也将进一步开启了 GPIT 生物制剂对收获后农作物根部的处理, 在生态环境还适宜生长的前提下, 再激活农作物根部的活力, 变收获一茬后再收获一茬的设想, 这样可以节省大量的种子和减少中间的生产环节, 这一设想在近年来已经在高粱上开始了初步的试验研究, 并且取得了可喜的研究成果。我们相信在众多农业科研工作者在对 GPIT 生物技术不断深入研究的前提下, 这个设想也一定会在不久的将来在农业生产上变成现实[18]。

参考文献

- [1] 苏喜福, 李芬, 张岳军. 气候变化对忻州玉米气象产生的影响[J]. 山西农业科学, 2013, 41(6): 599-606.
- [2] 朱新玉, 张竟竟, 赵文亮. 河南省商丘市气候变化对玉米产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2012(11): 2198-2200.
- [3] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 生物制剂在胡萝卜上的应用效果[J]. 山西农业科学, 2015, 43(5): 552-555.
- [4] 吴洪宝, 吴蕾. 气象变率论断方法和预测方法[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 18-24.
- [5] 王树红, 王星玉, 元改香, 等. GPIT 那氏齐齐发诱导剂实用手册[M]. 太原: 山西农村财政研究会, 2010: 18-24.
- [6] 王纶, 王星玉, 温琪汾, 等. GPIT 生物制剂在苹果树上的应用[J]. 山西农业科学, 2013, 41(6): 567-571.
- [7] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 那氏大穗玉米在重度盐碱地上的种植试验[J]. 山西农业科学, 2017, 45(11): 1776-1779.
- [8] 王纶, 王星玉, 温琪汾, 等. Q28 超大穗大粒小麦在新绛试点示范试验[J]. 山西农业科学, 2012, 40(12): 1247-1250.
- [9] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 生物制剂对露地甜椒的试验效果[J]. 山西农业科学, 2018, 46(8): 1309-1313.
- [10] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 生物制剂对黍稷农艺性状和产量的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(9): 1470-1472.

-
- [11] 王纶, 王星玉, 王树红, 等. GPIT 生物制剂对盐碱地玉米的增产效果[J]. 山西农业科学, 2011, 39(9): 963-965.
- [12] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. 那氏大穗玉米的特征特性及发展前景[J]. 山西农业科学, 2018, 46(4): 665-669.
- [13] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 那氏大穗玉米在太原娄烦试点的示范试验[J]. 山西农业科学, 2016, 44(4): 444-448.
- [14] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 那氏大穗玉米在山西北部的引种试验[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 881-885.
- [15] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 那氏大穗玉米在沙化土地的种植试验[J]. 山西农业科学, 2017, 45(8): 1258-1262.
- [16] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 生物制剂对黍稷光合生理的影响及其效应[J]. 山西农业科学, 2015, 43(7): 802-806.
- [17] 王纶, 王星玉, 杨红军, 等. GPIT 生物制剂对不同种植密度黍稷的影响[J]. 山西农业科学, 2015, 43(11): 1442-1446.
- [18] 王纶, 王星玉. GPIT 生物技术研究与应用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018: 209-213.