كلية الزراعة

جامعة الفيوم

التوصيف الجزيئي لوراثة الإجهادات غير الحيوية في بعض التراكيب الوراثية للقمح.

رسالة مقدمة من

محمد جمال عبود أحمد

بكالوريوس في العلوم الزراعية– قسم المحاصيل- كلية الزراعة - جامعة الفيوم-٢٠١٣

ماجستير في العلوم الزراعية (تربية نبات) قسم المحاصيل- كلية الزراعة - جامعة الفيوم-٢٠١٩

كجزء من متطلبات الحصول على درجة الدكتوراة
في فلسفة العلوم الزراعية (تربية نبات)

قسم المحاصيل – كلية الزراعة
جامعة الفيوم

٢٠٢٥م

الملخص العربي

تَهْدِفُ هذِهِ الدِّرَاسَةُ إِلَى تَقْيِيمِ أَدَاءِ أَرْبَعَةِ آبَاءٍ مِنَ القَمْحِ وَهُجُنِهِمْ تَحْتَ ظُرُوفِ إِجْهَادِ المُلُوحَةُ ، وَذَلِكَ لِتَحْدِيدِ التَّرَاكِيبِ الوِرَاثِيَّةِ المُتَفَوِّقَةِ مِنْ حَيْثُ الإِنْتَاجِيَّةِ وَتَحَمُّلِ المُلُوحَةُ، وَتَقْيِيمِ مَجْمُوعَةٍ مِنَ المُعْلِمَاتِ الوِرَاثِيَّةِ، بِالإِضَافَةِ إِلَى إِمْكَانِيَّةِ تَحْسِينِ بَرَامِجِ تَرْبِيَةِ القَمْحِ مِنْ خِلَالِ تَحْدِيدِ السُّلَالَاتِ الأَبَوِيَّةِ وَالهُجُنِ الوَاعِدَةِ المُتَحَمِّلَةِ لِإِجْهَادِ المُلُوحَةُ بِاسْتِخْدَامِ العَلَامَاتِ الجُزَيئِيَّةِ المُرْتَبِطَةِ بِتَحَمُّلِ الإِجْهَادِ.

أُجْرِيَتْ هذِهِ الدِّرَاسَةُ فِي مَزْرَعَةِ "دَمُو" التَّجْرِيبِيَّةِ بِكُلِّيَّةِ الزِّرَاعَةِ، جَامِعَةِ الفَيُّوم، جُمْهُورِيَّةِ مِصْرَ العَرَبِيَّةِ، خِلَالَ مَوَاسِمِ الزِّرَاعَةِ ٢٠١٩/٢٠٢٠، ٢٠٢٠/٢٠٢١، و٢٠٢١/٢٠٢٢. تَمَّ اخْتِيَارُ ثَلَاثَةِ مَوَاقِعَ ذَاتِ مُسْتَوَيَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ المُلُوحَةِ وهم أولاً مُلُوحَةٌ مُنْخَفِضَةٌ (٣.٥٦ ديسي/م)، ثانياً مُلُوحَةٌ مُتَوَسِّطَةٌ (٧.٧٢ ديسي/م)، ثالثاً وأخيراً مُلُوحَةٌ شَدِيدَةٌ (١١.٧١ ديسي/م). وَقَدِ اسْتُخْدِمَ تَصْمِيمُ القِطَاعَاتِ العَشْوَائِيَّةِ الكَامِلَةِ (RCBD)بِثَلَاثِ مُكَرَّرَاتٍ لِكُلِّ تَجْرِبَةٍ.

تَمَّ تَقْيِيمُ أَرْبَعَةِ سُلَالَاتٍ مِنَ القَمْحِ (G4-1, G3-3, G3-8, G3-9) نَاتِجَةٍ عَنْ تَهْجِينَاتٍ بَيْنَ ثَلَاثَةِ أَصْنَافٍ مُسْبَقًا (سُخَا ٩٣، وَجُمَيْزَة ٥، وَسُدْس ١)، تَحْتَ هذِهِ الظُّرُوفِ المُخْتَلِفَةِ مِنَ المُلُوحَةِ. وَخِلَالَ المَوْسِمِ الأَوَّلِ (٢٠١٩–٢٠٢٠)، تَمَّ اخْتِبَارُ السُّلَالَاتِ الأَبَوِيَّةِ وَهُجُنِ الجِيلِ الأَوَّل (F_1). وَفِي المَوَاسِمِ اللَّاحِقَةِ، تَمَّ إِنْتَاجُ هُجُنٍ إِضَافِيَّةٍ مِنَ الجِيلِ الأَوَّلِ (F_1)، وَهُجُنِ الجِيلِ الرَّجْعِيِّ الأَوَّلِ (BC_1) وَالثَّانِي (BC_2)، كَمَا تَمَّ تَقْيِيمُ هُجُنِ الجِيلِ الثَّانِي (F_2). وَقَدْ تَمَّ تَسْجِيلُ العَدِيدِ مِنَ الصِّفَاتِ الزِّرَاعِيَّةِ، وَالفِسْيُولُوجِيَّةِ، وَالكِيمْيَائِيَّةِ الحَيَوِيَّةِ، بِمَا فِي ذَلِكَ صِفَاتُ النُّمُوِّ وَمُحْتَوَى البُرُولِين. كَمَا تَمَّ قِيَاسُ الصِّفَاتِ الرَّئِيسِيَّةِ عِنْدَ الحَصَادِ مِثْلَ: طُولِ النَّبَاتِ، وَعَدَدِ الأَشْطَاءِ، وَطُولِ السُّنْبُلَةِ، وَإِنْتَاجِيَّةِ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ.

تَمَّ تَحْلِيلُ البَيَانَاتِ بِاسْتِخْدَامِ طَرِيقَةِ "Griffing" (method 1, model1) فِي الجِيلِ الأَوَّلِ، وَذَلِكَ لِتَقْدِيرِ القُدْرَةِ العَامَّةِ وَالخَاصَّةِ عَلَى التَّوَافُقِ (GCA وSCA)، إِلَى جَانِبِ تَقْدِيرِ قُوَّةِ الهَجِينِ (Heterosis)، وَنِسْبَةِ القُدْرَةِ (Potence Ratio)، وَالمُكَوِّنَاتِ الوِرَاثِيَّةِ.

كَمَا تَمَّ تَقْيِيمُ مجموعَةٍ من المَعَايِيرِ الوِرَاثِيَّةِ (التَّبَايُنِ الوِرَاثِيِّ، وَالتَّوَرُّثِ، وَالتَّقَدُّمِ الوِرَاثِيِّ) فِي سِتِّ عَشَائِرَ، بِالإِضَافَةِ إِلَى تَقْدِيرِ النقص النَّاتِجِ عَنِ التَّرْبِيَةِ الذَّاتِيَّةِ (Inbreeding depression) فِي الجِيلِ الثَّانِي (F_2)، وَذَلِكَ لِفَهْمِ الإِمْكَانَاتِ الوِرَاثِيَّةِ لِأَصْنَافِ القَمْحِ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ المِلْحِيِّ.

٧-١. القُدْرَةُ عَلَى التَّوَافُقِ

٧-١-١. تَحْلِيلُ التَّبَايُنِ وَالأَدَاءِ المُتَوَسِّطِ لِلصِّفَاتِ

أَظْهَرَ تَحْلِيلُ التَّبَايُنِ **ANOVA** وُجُودَ فُرُوقٍ مَعْنَوِيَّةٍ وَعَالِيَةِ المَعْنَوِيَّةِ بَيْنَ السُّلَالَاتِ الأُبَوِيَّةِ وَالهُجُنِ لِجَمِيعِ الصِّفَاتِ المَدْرُوسَةِ تَحْتَ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ المِلْحِيِّ (مُنْخَفِض، مُتَوَسِّط، شَدِيد)، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى وُجُودِ تَنَوُّعٍ وَرَاثِيٍّ يُمْكِنُ الاِسْتِفَادَةُ مِنْهُ فِي التَّهْجِينِ وَالاِنْتِخَابِ.

أَظْهَرَتِ النَّتَائِجُ وُجُودَ فُرُوقٍ مَعْنَوِيَّةٍ فِي القُدْرَةِ العَامَّةِ وَالخَاصَّةِ عَلَى التَّوَافُقِ (GCA وSCA)، وَكَذَلِكَ فِي كَفَاءَةِ الهُجُنِ العَكْسِيَّةِ (RE) لِلصِّفَاتِ المَدْرُوسَةِ لِقَمْحِ الخُبْزِ تَحْتَ الإِجْهَادِ المِلْحِيِّ، مِمَّا يُوَضِّحُ أَهَمِّيَّةَ المُكَوِّنَاتِ الوِرَاثِيَّةِ. وَقَدْ أَظْهَرَتِ (GCA)وَ(SCA) أَدْوَارًا مُهِمَّةً تَحْتَ جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ، حَيْثُ أَثَّرَتِ التَّأْثِيرَاتُ الوِرَاثِيَّةُ الإِضَافِيَّةُ بِشَكْلٍ أَكْبَرَ عَلَى طُولِ النَّبَاتِ وَصِفَاتِ الإِنْتَاجِيَّةِ. كَانَتْ قِيَمُ (GCA) أَعْلَى لِطُولِ النَّبَاتِ تَحْتَ إِجْهَادٍ مُنْخَفِضٍ، بَيْنَمَا ارْتَفَعَتْ قِيَمُ (SCA) لِصِفَاتِ الحُبُوبِ عَبْرَ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ. وَلُوحِظَ أَنَّ (RE) أَثَّرَتْ عَلَى صِفَاتٍ مِثْلَ عَدَدِ السُّنْيبُلَاتِ فِي السُّنْبُلَةِ، وَمُحْتَوَى البُرُولِين، وَالإِنْتَاجِيَّةِ الحَيَوِيَّةِ، مِمَّا يُؤَكِّدُ أَهَمِّيَّتَهَا فِي تَقْلِيلِ الخَطَإِ التَّجْرِيبِيِّ.

٧-١-٢. الأداء المتوسط للسلالات الأبوية وهجن الجيل الأول

تاريخُ الإِزْهَارِ: أَظْهَرَتِ السُّلَالَاتُ الأُبَوِيَّةُ (P_1، P_2، P_3) إِزْهَارًا مُتَأَخِّرًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا أَزْهَرَتِ السُّلَالَةُ **P_4** فِي وَقْتٍ مُبَكِّرٍ عِندَ ٧٠ يَوْمًا. وَقَدْ أَدَّتْ ظُرُوفُ المُلُوحَةِ إِلَى تَسْرِيعِ الإِزْهَارِ، مِمَّا خَفَّضَ مُدَّةَ التَّزْهِيرِ بِمِقْدَارِ **٤-٥** أَيَّامٍ فِي السُّلَالَاتِ الأُبَوِيَّةِ. وَسَجَّلَ الهَجِينُ **(P_1×P_3)** أَقْصَرَ مُدَّةٍ لِلإِزْهَارِ (٦٦.٦٠ يَوْمًا) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَتَبِعَهُ الهَجِينُ المُتَبَادَلُ **(P_3×P_1)** الَّذِي أَزْهَرَ عِندَ ٦٥.٩٣ يَوْمًا.

النُّضْجُ الفِسْيُولُوجِيُّ: نَضَجَتِ السُّلَالَاتُ الأُبَوِيَّةُ مُبَكِّرًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المِلْحِيِّ، حَيْثُ أَظْهَرَتِ السُّلَالَةُ **P_4** أَقْصَرَ مُدَّةٍ لِلنُّضْجِ (١٢٠.٤٧ يَوْمًا) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ. كَمَا أَظْهَرَتِ الهُجُنُ نُضْجًا مُبَكِّرًا مُقَارَنَةً بِالآبَاءِ، حَيْثُ كَانَ الهَجِينُ **(P_1×P_3)** الأَسْرَعَ نُضْجًا عِندَ ١١٣.٩٣ يَوْمًا تَحْتَ نَفْسِ الظُّرُوفِ.

مُحْتَوَى البُرُولِين: زَادَ مُحْتَوَى البُرُولِين مَعَ ارْتِفَاعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ المِلْحِيِّ، وَبَلَغَ ذُرْوَتَهُ فِي السُّلَالَةِ **P_2** عِندَ ٣.١٢٩ مِيكْرُوجْرَام/جْرَام تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ الشَّدِيدَةِ.

وَسَجَّلَ الهَجِينُ **($P_2 \times P_4$)** أَعْلَى مُسْتَوًى لِلْبُرُولِين (٣.٠٨٠ مِيكْرُوجْرَام/جْرَام) تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ.

طُولُ النَّبَاتِ: انْخَفَضَ طُولُ النَّبَاتِ تَحْتَ الإِجْهَادِ المِلْحِيّ لِجَمِيعِ التَّرَاكِيبِ الوِرَاثِيَّةِ. وَسَجَّلَتِ السُّلَالَةُ **P_3** أَقْصَى ارْتِفَاعٍ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ(١٢٢.٠٥ سِمْ)، بَيْنَمَا سَجَّلَتِ السُّلَالَةُ **P_4** أَكْبَرَ انْخِفَاضٍ لِطُولِ النَّبَاتِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ ٩٤.٧٩ سِمْ.

طُولُ السُّنْبُلَةِ: تَنَاقَصَ طُولُ السُّنْبُلَةِ تَحْتَ تَأْثِيرِ المُلُوحَةِ، حَيْثُ سَجَّلَ الهَجِينُ **($P_2 \times P_4$)** أَعْلَى طُولٍ لِلسُّنْبُلَةِ (١٨.٢٠ سِمْ) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ.

عَدَدُ الأَشْطَاءِ: تَنَاقَصَ عَدَدُ الأَشْطَاءِ تَحْتَ الإِجْهَادِ، حَيْثُ أَظْهَرَ الهَجِينُ **($P_2 \times P_4$)** أَكْبَرَ عَدَدٍ مِنَ الأَشْطَاءِ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ (٨.٠٠)، كَمَا حَافَظَ عَلَى أَدَائِهِ النِّسْبِيّ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ.

إِنْتَاجِيَّةُ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ: حَقَّقَ الهَجِينُ **($P_2 \times P_4$)** أَعْلَى إِنْتَاجِيَّةٍ لِلْحُبُوبِ (٢٩.١٤ جْرَام) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا انْخَفَضَتْ إِلَى ١٧.٤١ جْرَام تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ.

مُؤَشِّرُ الحَصَادِ: كَانَ الهَجِينُ **($P_2 \times P_4$)** الأَفْضَلَ أَدَاءً تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ (٤٢.٤٩%) مَعَ انْخِفَاضٍ طَفِيفٍ إِلَى (٤١.٢٢%) تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ.

٧-١-٣. تَقْدِيرُ القُدْرَةِ العَامَّةِ (GCA) وَالخَاصَّةِ (SCA) وَالتَّأْثِيرَاتِ التَّبَادُلِيَّةِ (RE)

تاريخُ التَّزْهِير: أظهرَ الأَبَوَانِ P_1 وP_2 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِلقُدْرَةِ العَامَّةِ عَلَى التَّوَافُقِ (GCA) تَحْتَ جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ، مِمَّا يَجْعَلُهُمَا أَفْضَلَ الأَبَوَيْنِ لِأَغْرَاضِ التَّهْجِينِ. وَكَانَ التَّهْجِينُ $P_1 \times P_4$ الأَفْضَلَ مِنْ حَيْثُ القُدْرَةِ الخَاصَّةِ عَلَى التَّوَافُقِ (SCA) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ.

النُّضْجُ الفِسْيُولُوجِيُّ: سَجَّلَ الأَبَوَانِ P_1 وP_2 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، لاسيَّمَا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ وَالشَّدِيدِ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى كَفَاءَتِهِمَا فِي تَحْسِينِ صِفَةِ النُّضْجِ. وَكَانَ التَّهْجِينُ $P_1 \times P_4$هُوَ الأَفْضَلَ لِتَحْسِينِ هَذِهِ الصِّفَةِ.

مُحْتَوَى البُرُولِين: تَمَيَّزَ الأَبُ P_4 بِقِيَمٍ إِيجَابِيَّةٍ ثَابِتَةٍ لِـ GCA، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى إِمْكَانِيَّاتِهِ الكَبِيرَةِ فِي تَحْسِينِ مُحْتَوَى البُرُولِين. كَمَا أَظْهَرَ الهَجِينُ $P_1 \times P_3$ قِيَمًا وَاعِدَةً لِـ SCA، خُصُوصًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ.

طُولُ النَّبَاتِ: أَظْهَرَ الأَبُ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى كَفَاءَتِهِ كَأَبٍ عَامٍّ لِتَحْسِينِ هَذِهِ الصِّفَةِ. وَكَانَ الهَجِينُ $P_1 \times P_4$ الأَفْضَلَ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ.

طُولُ السُّنْبُلَةِ: أَظْهَرَ الأَبُ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA عَبْرَ جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ، وَبَرَزَ الهَجِينَانِ $P_2 \times P_4$ وَ$P_3 \times P_4$ كَأَفْضَلِ التَّهْجِينَاتِ لِتَحْسِينِ هَذِهِ الصِّفَةِ.

عَدَدُ الأَشْطَاءِ: تَمَيَّزَ الأَبُ P_3 بِقِيَمٍ إِيجَابِيَّةٍ لِـ GCA، خَاصَّةً تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. وَأَظْهَرَ الهَجِينَانِ $P_2 \times P_4$ وَ$P_3 \times P_4$ أَعْلَى النَّتَائِجِ.

عَدَدُ السُّنَيْبِلَاتِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ: أَظْهَرَ الأَبُ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، وَكَانَ الهَجِينُ $P_2 \times P_4$ الأَفْضَلَ تَحْتَ الإِجْهَادِ.

عَدَدُ الحُبُوبِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ: أَظْهَرَ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، وَكَانَ الهَجِينَانِ $P_2 \times P_4$ وَ $P_3 \times P_4$ الأَفْضَلَ لِهَذِهِ الصِّفَةِ.

وَزْنُ الحُبُوبِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ: سَجَّلَ الأَبُ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، وَكَانَ الهَجِينُ $P_1 \times P_4$ الأَفْضَلَ.

وَزْنُ ١٠٠ حَبَّةٍ: أَظْهَرَ الأَبُ P_3 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً، لاسيَّمَا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ وَالشَّدِيدِ. وَبَرَزَ الهَجِينَانِ $P_2 \times P_4$ وَ $P_3 \times P_4$ كَأَفْضَلِ التَّهْجِينَاتِ.

إِنْتَاجِيَّةُ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ: تَمَيَّزَ الأَبُ P_3 بِقِيَمٍ إِيجَابِيَّةٍ لِـ GCA، وَكَانَ الهَجِينُ $P_2 \times P_4$ الأَفْضَلَ أَدَاءً.

الوَزْنُ البِيُولُوجِيُّ لِكُلِّ نَبَاتٍ: أَظْهَرَ الأَبُ P_2 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، خُصُوصًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. وَأَظْهَرَتِ الهُجُنُ $P_1 \times P_3$ وَ$P_2 \times P_4$ قِيَمًا إِيجَابِيَّةً قَوِيَّةً لِـ SCA، فِيمَا سَجَّلَ $P_2 \times P_3$ قِيَمًا سَلْبِيَّةً.

إِنْتَاجِيَّةُ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ: أَظْهَرَ الأَبَوَانِ P_1 وَP_2 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA. وَأَظْهَرَتِ التَّهْجِينَاتُ $P_1 \times P_3$ وَ$P_2 \times P_4$ أَدَاءً جَيِّدًا، فِيمَا كَانَ أَدَاءُ $P_2 \times P_3$ ضَعِيفًا.

دَلِيلُ الحَصَادِ: أَظْهَرَ الأَبُ P_1 قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ GCA، خُصُوصًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، فِيمَا سَجَّلَ P_2 قِيَمًا سَلْبِيَّةً. وَأَظْهَرَتِ الهُجُنُ $P_1 \times P_2$ وَ$P_2 \times P_4$ وَ$P_3 \times P_4$ قِيَمًا إِيجَابِيَّةً لِـ SCA، بَيْنَمَا كَانَ تَأْثِيرُ التَّهْجِينِ العَكْسِيّ مَحْدُودًا.

٧-١-٤. نِسْبَةُ القُوَّةِ فِي الجِيلِ الأَوَّلِ (Potence ratio)

أَظْهَرَ الهَجِينُ $P_2 \times P_3$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ انْخِفَاضًا فِي قِيَمِ نسبة القوة (PR) لِصِفَاتِ تَارِيخِ التَّزْهِيرِ وَالنُّضْجِ الفِسيُولُوجِيّ، مِمَّا يَعْكِسُ ضَعْفَ السَّيْطَرَةِ الوِرَاثِيَّةِ لِلتَّكَيُّفِ المُبَكِّرِ تَحْتَ هَذِهِ الظُّرُوفِ. فِي المُقَابِلِ، حَافَظَ الهَجِينُ $P_1 \times P_4$ عَلَى

اسْتِقْرَارٍ مَلْحُوظٍ فِي الصِّفَاتِ المَذْكُورَةِ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى قُدْرَتِهِ الوِرَاثِيَّةِ عَلَى تَحَمُّلِ الإِجْهَادِ. تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ، لُوحِظَ تَحَسُّنٌ فِي أَدَاءِ بَعْضِ الهُجُنِ، مِثْلَ $P_2 \times P_3$ وَ$P_3 \times P_2$، حَيْثُ تَعَافَتْ قِيَمُ PR بِشَكْلٍ كَبِيرٍ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى تَطَوُّرِ التَّكَيُّفِ مَعَ الإِجْهَادِ مُتَوَسِّطِ الشِّدَّةِ. أَمَّا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، فَقَدْ أَظْهَرَتْ بَعْضُ الهُجُنِ، مِثْلَ $P_1 \times P_4$، مُسْتَوَيَاتٍ ثَابِتَةً مِنَ الأَدَاءِ الوِرَاثِيِّ، فِيمَا تَرَاجَعَتْ هُجُنٌ أُخْرَى مِثْلَ $P_2 \times P_3$، مِمَّا يَعْكِسُ تَبَايُنًا فِي الاسْتِجَابَةِ الوِرَاثِيَّةِ لِلضَّغْطِ البِيئِيِّ. فِيمَا يَتَعَلَّقُ بِمُحْتَوَى البْرُولِينِ، فَقَدْ سُجِّلَتْ زِيَادَاتٌ وَاضِحَةٌ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى تَحْفِيزِ آلِيَّاتِ الدِّفَاعِ الأُسْمُوزِيِّ، بَيْنَمَا أَصْبَحَتِ القِيَمُ أَكْثَرَ تَقَلُّبًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، وَهُوَ مَا يُشِيرُ إِلَى عَدَمِ انْتِظَامِ الاسْتِجَابَةِ الأَيْضِيَّةِ. سَجَّلَتْ مُعْظَمُ الهُجُنِ قِيَمًا سَالِبَةً لِلـ PR فِي طُولِ النَّبَاتِ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، مِمَّا يَعْكِسُ تَأْثِيرَ المُلُوحَةِ عَلَى صِفَةِ النُّمُوِّ العُمُودِيِّ، بَيْنَمَا أَظْهَرَتْ بَعْضُ الهُجُنِ تَحَسُّنًا طَفِيفًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ. أَظْهَرَ كُلٌّ مِنْ طُولِ السُّنْبُلَةِ وَعَدَدِ الأَشْطَاءِ سُلُوكًا مُشَابِهًا، حَيْثُ زَادَتِ القِيَمُ نِسْبِيًّا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا انْخَفَضَتْ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ، مِمَّا يَعْكِسُ تَرَاجُعَ تَكْوِينِ الحُبُوبِ لِلنَّبَاتِ تَحْتَ الضُّغُوطِ العَالِيَةِ. كَانَ أَدَاءُ عَدَدِ السُّنْبِلَاتِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ وَعَدَدِ الحُبُوبِ قَوِيًّا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، إِلَّا أَنَّ هَذِهِ الصِّفَاتِ تَأَثَّرَتْ سَلْبِيًّا عِنْدَ التَّعَرُّضِ لِمُسْتَوَيَاتِ إِجْهَادٍ أَعْلَى. أَظْهَرَتْ بَعْضُ الهُجُنِ مِثْلَ $P_1 \times P_4$ مُقَاوَمَةً نِسْبِيَّةً، حَيْثُ حَافَظَتْ عَلَى مُسْتَوَيَاتٍ جَيِّدَةٍ مِنْ وَزْنِ الحُبُوبِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ وَوَزْنِ ١٠٠ حَبَّةٍ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى قُدْرَةِ هَذِهِ الهُجُنِ عَلَى الاِحْتِفَاظِ بِكَفَاءَةِ مَلْءِ الحُبُوبِ حَتَّى تَحْتَ الإِجْهَادِ. أَمَّا بِالنِّسْبَةِ إِلَى إِنْتَاجِيَّةِ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ، فَقَدْ أَظْهَرَتِ الهُجُنُ تَفَوُّقًا وِرَاثِيًّا مَلْحُوظًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، إِلَّا أَنَّ الإِجْهَادَ الشَّدِيدَ سَبَّبَ تَدَهْوُرًا حَادًّا فِي هَذِهِ الصِّفَةِ. أَظْهَرَتْ كُلٌّ مِنْ إِنْتَاجِيَّةِ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ وَمُؤَشِّرِ الحَصَادِ زِيَادَاتٍ مَلْمُوسَةً تَحْتَ الإِجْهَادِ المُعْتَدِلِ، كَمَا أَظْهَرَتْ بَعْضُ الهُجُنِ مُقَاوَمَةً وَاضِحَةً وَاسْتِقْرَارًا فِي الأَدَاءِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يَعْكِسُ قُدْرَتَهَا عَلَى التَّوَازُنِ بَيْنَ الإِنْتَاجِيَّةِ المَحْصُولِيَّةِ وَالبِيُولُوجِيَّةِ تَحْتَ ظُرُوفِ الضَّغْطِ البِيئِيِّ.

٧-١-٥. ظَاهِرَةُ قُوَّةِ الهَجِينِ فِي الجِيلِ الأَوَّلِ (Heterosis)

تَكْشِفُ بَيَانَاتُ قُوَّةِ الهَجِينِ لِإِنْتَاجِيَّةِ القَمْحِ وَمُكَوِّنَاتِه فِي الجِيلِ الأَوَّلِ تَحْتَ ظُرُوفِ إِجْهَادٍ مَلُوحِيٍّ مُخْتَلِفَةٍ عَنْ أَنْمَاطٍ مُمَيَّزَةٍ مِنْ قُوَّةِ الهَجِينِ بِالنِّسْبَةِ لِمُتَوَسِّطِ الأبوين (MPH)وَلِلأَبِ الأَفْضَلِ (BPH). فَأَمَّا تَارِيخُ الإِزْهَارِ، فَقَدْ لُوحِظَتْ قِيَمٌ سَالِبَةٌ كَبِيرَةٌ لِكِلَا مِنَ الـ (MPH) وَالـ(BPH) فِي هُجُنِ $P_1 \times P_3$ وَ$P_3 \times P_1$ تَحْتَ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضَةِ وَالمُتَوَسِّطَةِ وَالشَّدِيدَةِ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى التَّبْكِيرِ فِي الإِزْهَارِ وَتَكَيُّفٍ قَوِيٍّ. أَمَّا بَيَانَاتُ النُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ، فَقَدْ أَظْهَرَتْ قِيَمَ MPH إِيجَابِيَّةً فِي هُجُينٍ $P_1 \times P_4$ مَعَ نُضْجٍ

مُحَسَّنٍ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ، بَيْنَمَا أَظْهَرَ هُجُينٌ أُخْرَ $P_2 \times P_3$ تَأَخُّرَاتٍ. وَفِيمَا يَتَعَلَّقُ بِمُحْتَوَى البُرُولِينِ، فَقَدْ سُجِّلَتْ زِيَادَاتٌ مَلْحُوظَةٌ فِي هُجُنٍ $P_3 \times P_2$ وَ $P_3 \times P_1$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، مَعَ قِيَمِBPH تَصِلُ إِلَى ٤٨,٨٣%. وَفِي مَا يَخُصُّ ارْتِفَاعَ النَّبَاتِ، فَقَدْ أَظْهَرَتْ هُجُنٌ $P_3 \times P_2$ وَ $P_3 \times P_2$ نُمُوًّا مُحَسَّنًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا أَظْهَرَتْ هُجُنٌ أُخْرَى $P_3 \times P_1$ وَ $P_4 \times P_2$ انْخِفَاضَاتٍ. وَقَدْ تَفَاوَتَ طُولُ السُّنْبُلَةِ بِشَكْلٍ كَبِيرٍ، إِذْ حَافَظَ هُجُينٌ $P_3 \times P_4$ عَلَى قِيَمِ MPH إِيجَابِيَّةٍ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يَعْكِسُ مَرُونَتَهَا. أَمَّا عَدَدُ الأَشْطَاءِ، فَقَدْ سَجَّلَ قِيَمَ MPH إِيجَابِيَّةً فِي هُجُينٍ $P_4 \times P_2$ تَحْتَ الإِجْهَادَيْنِ المُنْخَفِضِ وَالمُتَوَسِّطِ، بَيْنَمَا أَظْهَرَ عَدَدُ السُّنْبِلَاتِ لِكُلِّ سُنْبُلَةٍ أَدَاءً مُحَسَّنًا فِي هُجُنٍ $P_3 \times P_1$ وَ $P_4 \times P_2$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ. وَفِيمَا يَتَعَلَّقُ بِإِنْتَاجِيَّةِ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ، فَقَدْ أَظْهَرَتْ هُجُنٌ $P_4 \times P_2$ وَ $P_4 \times P_2$ قُوَّةً هَجِينِيَّةً إِيجَابِيَّةً كَبِيرَةً وَمَرُونَةً تَحْتَ جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ. فِي المُقَابِلِ، أَظْهَرَ هَجين $P_3 \times P_2$ انْخِفَاضَاتٍ مَلْحُوظاً تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يَعْكِسُ الآثَارَ الضَّارَّةَ لِلإِجْهَادِ المَلحِيّ. أَمَّا الإِنْتَاجِيَّةُ الحَيَوِيَّةُ لِكُلِّ نَبَاتٍ، فَقَدْ أَظْهَرَتْ أَنْماطًا مُشَابِهَةً، حَيْثُ أَظْهَرَ هَجين $P_4 \times P_2$ أَدَاءً مُحَسَّنًا تَحْتَ الإِجْهَادِ. كَذَلِكَ أَظْهَرَتْ هُجُنٌ $P_4 \times P_2$ وَ $P_4 \times P_2$ تَحْسِينَاتٍ كَبِيرَةً فِي مُؤَشِّرِ الحَصَادِ وَإِنْتَاجِ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ المَلحِيّ.

٧-١-٦. مُكَوِّنَاتُ التَّبَايُنِ الوِرَاثِيّ، وَالتَّوْرِيثِ، وَالمُسَاهَمَاتِ

تَبَايَنَتْ مُكَوِّنَاتُ التَّبَايُنِ الوِرَاثِيّ بَيْنَ الإِضَافِيَّةِ وَالْسِيادِيةِ بِنَاءً عَلَى الصِّفَةِ وَمُسْتَوَى الإِجْهَادِ، مَعَ تَأْثِيرٍ قَوِيّ لِلتَّوَرُّثِ العَامّ وَالخَاصّ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى إِمْكَانِيَّةِ تَحْسِينِ الصِّفَاتِ مِنْ خِلَالِ الِانْتِخَابِ وَالتَّهْجِينِ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ المُخْتَلِفَةِ. تَحْتَ الْمَلُوحَةِ الْمُنْخَفِضَةِ، لُوحِظَ تَبَايُنٌ إِضَافِيٌّ وكانت أَعْلَى لِلْصِّفَاتِ ارْتِفَاعِ النَّبَاتِ وَالإِنْتَاجِيَّةِ الحَيَوِيَّةِ لِكُلِّ نَبَاتٍ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى أَنَّ التَّأْثِيرَاتِ الوِرَاثِيَّةِ الإِضَافِيَّةِ هَامَّةٌ لِهَذِهِ السِّمَاتِ وَيُمْكِنُ تَحْسِينُهَا مِنْ خِلَالِ الِانْتِخَابِ. كَانَ التَّبَايُنُ السَّائِدُ أَعْلَى بالنسبة لِلْصِّفَاتِ لِتَارِيخِ التَّزْهِيرِ وَإِنْتَاجِ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ وَعَدَدِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى أَنَّ تَأْثِيرَاتِ الجِينَاتِ غَيْرِ الإِضَافِيَّةِ تَلْعَبُ دَوْرًا كَبِيرًا فِي تَحْسِينِ أَدَاءِ الهُجُنِ. كَمَا كَانَ التَّبَايُنُ البِيئِيُّ مُنْخَفِضًا نِسْبِيًّا، مِمَّا يُبْرِزُ اسْتِقْرَارَ العَوَامِلِ الوِرَاثِيَّةِ فِي هَذِهِ الظُّرُوفِ. أَظْهَرَتْ تَقْدِيرَاتُ التوريث أَنَّ مُعْظَمَ الصِّفَاتِ كَانَتْ تَتَمَتَّعُ بِتوريث بالمعنيِ الوَاسِعِ عَالٍ (أَعْلَى مِنْ ٩٨%)، مِمَّا يُؤَكِّدُ الدَّوْرَ السَّائِدِ لِلْجِينَاتِ. كَانَ التوريث بالمعني الضَّيِّقَ أَيْضًا عَالي لِصِّفَات عَدَدِ السُّنْبِلَاتِ وَوَزْنِ ١٠٠ حَبَّةٍ وَعَدَدِ الأَشْطَاءِ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى اسْتِجَابَتِهَا العَالِيَةِ لِلْاِخْتِيَارِ. بِالنِّسْبَةِ لِلْمَلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ، انْخَفَضَ التَّبَايُنُ الإِضَافِيُّ قَلِيلًا لِصِّفَات طُولِ السُّنْبُلَةِ وَارْتِفَاعِ النَّبَاتِ، لَكِنَّهُ بَقِيَ مُسْتَجِيبًا لِلْاِخْتِيَارِ. زَادَ التَّبَايُنُ السَّائِدُ لِصِّفَات عَدَدِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ

وَإِنْتَاجِ القَشّ لِكُلِّ نَبَاتٍ، مِمَّا يُبْرِزُ دَوْرَ التَّأْثِيرَاتِ غَيْرِ الإِضَافِيَّةِ. وَاصلَتِ الوِرَاثَةُ فِي الِارْتِفَاعِ مَعَ زِيَادَةِ التَّبَايُنِ الوِرَاثِيِّ لِمُحْتَوَى البُرُولِينِ. وَأَظْهَرَتْ الهُجُنُ مُسَاهَمَاتٍ عَالِيةً، مِمَّا يُؤَكِّدُ أَهَمِّيَّةَ التَّرْبِيَةِ الهَجِينِيَّةِ لِلتَّكَيُّفِ مَعَ الإِجْهَادِ. تَحْتَ الْمُلُوحَةِ الشَّدِيدَةِ، ظَلَّ التَّبَايُنُ الإِضَافِيُّ مُرْتَفِعًا لِصِّفَات ارْتِفَاعِ النَّبَاتِ وَطُولِ السُّنْبُلَةِ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى إِمْكَانِيَّتِهِمَا فِي التَّحْسِينِ مِنْ خِلَالِ الِانْتِخَابِ حَتَّى تَحْتَ الإِجْهَادِ. زَادَ التَّبَايُنُ السَّائِدُ لِصِّفَات عَدَدِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ وَعَدَدِ السُّنْبِلَاتِ، مِمَّا يُبْرِزُ أَهَمِّيَّةَ التَّأْثِيرَاتِ غَيْرِ الإِضَافِيَّةِ فِي هَذِهِ الصِّفَاتِ. وَكَذَلِكَ ارْتَفَعَتْ قِيمُ التَّبَايُنِ الوِرَاثِيِّ وَالمظْهِرِيِّ (GCV وَPCV) تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى تَبَايُنٍ وَرِاثِيٍّ وَمظْهِرِيٍّ كَبِيرٍ. كَانَتِ القِيَمُ الوِرَاثِيَّةُ العَالِيةُ تَدُلُّ عَلَى أَنَّ مُعْظَمَ الصِّفَاتِ تَخْضَعُ لِلْعَوَامِلِ الوِرَاثِيَّةِ. كَانَتْ مُسَاهَمَاتُ الأَبَوَيْنِ بَارِزَةً لِصِّفَات ارْتِفَاعِ النَّبَاتِ وَمُحْتَوَى البُرُولِينِ، مِمَّا يُبْرِزُ دَوْرَ التَّأْثِيرَاتِ الوِرَاثِيَّةِ الإِضَافِيَّةِ فِي تَحْسِينِ مُقَاوَمَةِ الإِجْهَادِ. أَظْهَرَتْ الهُجُنُ مُسَاهَمَاتٍ سَائِدَةً لصِّفَاتٍ مُرْتَبِطَةٍ بِالإِنْتَاجِيَّةِ، مِمَّا يُعَزِّزُ فَعَّالِيَّةَ التَّهْجِينِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَتْ مُسَاهَمَاتُ الهُجُنِ التَّبَادُلِيَّةِ أَقَلَّ، لَكِنَّ القِيَمَ العَالِيةَ لِلبُرُولِينِ أَشَارَتْ إِلَى تَأْثِيرِ الأُمِّ، مِمَّا يَشِيرُ إِلَى ضَرُورَةِ استِرَاتِيجِيَّاتِ التَّرْبِيَةِ الَّتِي تَأْخُذُ فِي اعْتِبَارِهَا الوِرَاثَةَ الأُمُومِيَّةَ لِتَعْزِيزِ مُقَاوَمَةِ الإِجْهَادِ.

٧-٢. تَحْلِيلُ مُتَوَسِّطَاتِ الأَجْيَالِ بِاسْتِخْدَامِ نِظَامِ العَشَائِرِ السِّتَّةِ

٧-٢-١. الأَدَاءُ المُتَوَسِّطُ لِلعَشَائِرِ السِّتَّةِ (P_1, P_2, F_1 , F_2 , BC_1, BC_2)

أَظْهَرَ تَحْلِيلُ التَّبَايُنِ للتراكيب الوِرَاثِيَّةِ لِلجِيلِ الأول (F_1) وأبويه عَدَمَ وُجُودِ فُرُوقٍ مَعْنَوِيَّةٍ بَيْنَ بَيَانَاتِ السَّنَةِ الأُولَى (المُحَلَّلَةِ سَابِقًا بِنِظَامِ "Griffing") وَبَيَانَاتِ السَّنَةِ الثَّانِيَةِ الجَارِي تَحْلِيلُهَا لِهَذِهِ العَشَائِرِ السِّتِّ. وَبِنَاءً عَلَى ذَلِكَ، فَإِنَّ النِّقَاشَ المُعْتَمِدَ عَلَى تَحْلِيلِ "غريفينغ" فِي السَّنَةِ الأُولَى يُعَدُّ كَافِيًا، وَسَيَتِمُّ تَرْكِيزُ التَّفْسِيرِ وَالتَّعْلِيقِ عَلَى نَتَائِجِ الجِيلِ الثاني (F_2) وَالْجِيلَيْنِ الرجعيين (BC_1, BC_2) الأَوَّلِ وَالثَّانِي.

تَمَّ تَحْلِيلُ الأَدَاءِ الزِّرَاعِيِّ لِاثْنَيْ عَشَرَ تَهْجِينًا فِي جِيلِ F_2 مِنَ القَمْحِ تَحْتَ ظُرُوفِ إِجْهَادٍ مِلْحِيٍّ مُنْخَفِضَةٍ، وَمُتَوَسِّطَةٍ، وَشَدِيدَةٍ، مَعَ التَّرْكِيزِ عَلَى صِفَاتِ النُّمُوِّ وَ المُرْتَبِطَةِ الإِنْتَاجِ. تَأَخَّرَ تَارِيخُ التَّزْهِيرِ تَحْتَ الإِجْهَادِ، وَسُجِّلَ أَبْكَرُ تَزْهِيرٍ فِي $P_1 \times P_2$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي $P_1 \times P_3$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ. كَذَلِكَ أَظْهَرَ النُّضْجُ الفِسْيُولُوجِيُّ تَسَارُعًا تَحْتَ الإِجْهَادِ، وَخُصُوصًا فِي $P_2 \times P_3$، مِمَّا يَعْكِسُ آلِيَّةً تَكَيُّفِيَّةً لِإِكْمَالِ دَوْرَةِ الحَيَاةِ قَبْلَ أَنْ يُسَبِّبَ الإِجْهَادُ أَضْرَارًا لِلنَّبَاتِ. مُحْتَوَى الْبُرُولِينِ ارْتَفَعَ تَحْتَ كَافَّةِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ، وَسُجِّلَ أَعْلَى تَجَمُّعٍ لَهُ فِي $P_1 \times P_3$ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى دَوْرِهِ فِي تَحَمُّلِ الإِجْهَادِ. طُولُ النَّبَاتِ انْخَفَضَ مَعَ زِيَادَةِ شِدَّةِ الإِجْهَادِ، وَسُجِّلَ

أَطْوَلُ نَبَاتٍ فِي $P_1 \times P_2$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِيمَا كَانَ أَقْصَرُهَا فِي $P_3 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَذَلِكَ انْخَفَضَ طُولُ السُّنْبُلَةِ وَعَدَدُ الأَشْطَاءِ تَحْتَ الإِجْهَادِ، وَسُجِّلَ أَطْوَلُ سُنْبُلَةٍ فِي $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِيمَا سُجِّلَ أَعْلَى عَدَدٍ مِنَ الأَشْطَاءِ فِي $P_2 \times P_4$تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ وَالشَّدِيدِ. تَأَثَّرَ عَدَدُ السُّنَابِلِ وَعَدَدُ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ سَلْبًا بِفِعْلِ الإِجْهَادِ، وَخُصُوصًا فِي $P_3 \times P_4$ تَحْتَ مُسْتَوَيَيْ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ. وَزْنُ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ وَوَزْنُ مِئَةِ حَبَّةٍ انْخَفَضَا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، وَسُجِّلَت أَدْنَى قِيَمٍ فِي $P_3 \times P_1$. إِنْتَاجُ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ وَالإِنْتَاجُ البَيُولُوجِيُّ لِكُلِّ نَبَاتٍ أَظْهَرَا انْخِفَاضًا كَبِيرًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، فِيمَا سُجِّلَت أَعْلَى قِيَمٍ فِي $P_4 \times P_2$تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ. إِنْتَاجُ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ سَارَ عَلَى نَفْسِ نَمَطِ الإِنْتَاجِ البَيُولُوجِيِّ، حَيْثُ سُجِّلَت أَعْلَى قِيَمٍ فِي $P_4 \times P_1$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ. كَانَ مُعَامِلُ الحَصَادِ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي $P_1 \times P_3$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ، فِيمَا سَبَّبَ الإِجْهَادُ الشَّدِيدُ انْخِفَاضًا فِي القِيَمِ لِغَالِبِيَّةِ التَّهَاجِينِ.

تُظْهِرُ نَّتَائِجُ تحليل البيانات تَفَاعُلًا مُعَقَّدًا لِإجهادِ التَّمْلُحِ عَلَى عِدَّةِ صِفَاتٍ زِرَاعِيَّةٍ فِي الأَجْيَالِ الرجعية (BC_1, BC_2). تَظْهَرُ التَّغَيُّرَاتُ فِي هَذِهِ الصِّفَاتِ القُدْرَةَ التَّكَيُّفِيَّةَ لِبَعْضِ التَّهْجِينَاتِ تَحْتَ دَرَجَاتٍ مُتَفَاوِتَةٍ مِنْ إِجْهَادِ التَّمْلُحِ. فِي ظِلِّ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، سُجِّلَ تَبَكُّرٌ فِي الإِزْهَارِ لِلتَّهْجِينِ $P_2 \times P_4$، بَيْنَمَا لُوحِظَ تَأَخُّرٌ فِي الإِزْهَارِ فِي التَّهْجِينَاتِ الأُخْرَى. كَانَ أَقْصَرُ نُضْجٍ فِسْيُولُوجِيٍّ فِي جِيلِ BC_1 لِلتَّهْجِينِ $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِي حِينِ سُجِّلَ أَطْوَلُ نُضْجٍ فِي التَّهْجِينِ $P_3 \times P_2$. أَدَّى الإِجْهَادُ الشَّدِيدُ إِلَى نَقْصٍ فِي مُدَّةِ النُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ فِيBC_1 ، بَيْنَمَا سَبَّبَ تَأَخُّرًا فِيهَا فِيBC_2 ، مَعَ إِظْهَارِ التَّهْجِينِ $P_2 \times P_4$ كَفَاءَةً فِي اسْتِغْلَالِ الْمَوَارِدِ. زَادَ مُحْتَوَى الْبُرُولِينِ تَدْرِيجِيًّا مَعَ ارْتِفَاعِ دَرَجَاتِ الإِجْهَادِ، وَسَجَّلَ التَّهْجِينُ $P_4 \times P_2$ أَعْلَى تَرَاكُمٍ لِلْبُرُولِينِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. أَظْهَرَ طُولُ النَّبَاتِ نُقْصَانًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ، فِي حِينِ أَبْدَى التَّهْجِينُ $P_3 \times P_2$اِسْتِطَالَةً تَحْتَ الإِجْهَادِ العَالِي. تَقَلَّصَ طُولُ السُّنْبُلَةِ مَعَ زِيَادَةِ الإِجْهَادِ، إِلَّا أَنَّ التَّهْجِينَ $P_2 \times P_4$ حَافَظَ عَلَى أَطْوَلِ سُنْبُلَةٍ بِشَكْلٍ مُسْتَمِرٍ. انْخَفَضَ عَدَدُ الأَشْطَاءِ وَعَدَدُ السِّنَابِلِ وَالحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ تَحْتَ دَرَجَاتِ الإِجْهَادِ العَالِيَةِ، إِلَّا أَنَّ التَّهْجِينَ $P_2 \times P_4$ تَمَيَّزَ بِأَدَاءٍ أَفْضَلَ مِنْ حَيْثُ التَّفْرِيعِ. تَبَايَنَ وَزْنُ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ بَيْنَ التَّهْجِينَاتِ، وَحَافَظَ $P_2 \times P_4$عَلَى أَعْلَى قِيَمٍ، خَاصَّةً تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ. أَظْهَرَ وَزْنُ ١٠٠ حَبَّةٍ تَغَيُّرًا طَفِيفًا تَحْتَ الإِجْهَادِ، مَعَ نَقْصٍ بَسِيطٍ تَحْتَ الظُّرُوفِ الشَّدِيدَةِ. كَذَلِكَ، نَقَصَ إِنْتَاجُ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ، إِلَّا أَنَّ التَّهْجِينَ $P_2 \times P_4$ أَظْهَرَ تَحَمُّلًا أَفْضَلَ وَإِنْتَاجِيَّةً أَعْلَى مُقَارَنَةً بِبَقِيَّةِ التَّهْجِينَاتِ. تَجَلَّى تَفَوُّقُ التَّهْجِينِ $P_2 \times P_4$ فِي تَجْمِيعِ الكُتْلَةِ

الحَيَّةِ (مُمَثَّلَةً فِي الإِنْتَاجِ البَيُولُوجِيِّ وَإِنْتَاجِ القَشِّ) تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَبِالرُّغْمِ مِنَ الانْخِفَاضِ تَحْتَ الإِجْهَادِ العَالِي، ظَلَّ P_4×P_2 الأَفْضَلَ مِنْ حَيْثُ الإِنْتَاجِيَّةِ البَيُولُوجِيَّةِ وَإِنْتَاجِ القَشِّ. أَظْهَرَ مُعَامِلُ الحَصَادِ تَغَيُّرًا طَفِيفًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِي حِينِ أَدَّى الإِجْهَادُ الشَّدِيدُ إِلَى نُقْصَانٍ فِيهِ، خَاصَّةً فِي التَّهْجِينِ P_3×P_2، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى ضَعْفِ النَّجَاحِ التَّوَالُدِيِّ تَحْتَ ظُرُوفِ التَّمْلُحِ القَاسِيَةِ. تُبْرِزُ هَذِهِ النَّتَائِجُ قُدْرَةَ التَّهْجِينِ P_4×P_2 عَلَى التَّكَيُّفِ مَعَ مُخْتَلِفِ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ، مَعَ أَدَاءٍ قَوِيٍّ فِي إِنْتَاجِ الحُبُوبِ وَتَجْمِيعِ الكُتْلَةِ الحَيَّةِ تَحْتَ كِلَا مِنَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ وَالشَّدِيدِ.

٧-٢-٢. التَّدَهْوُرُ النَّاتِجُ عَنِ التَّرْبِيَةِ الذَّاتِيَّةِ

لوحِظَ التدهور الناتج عن التربية الذاتية **(ID)** فِي جَمِيعِ الصِّفَاتِ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى الآثَارِ السَّلْبِيَّةِ لِلتَّهْجِينِ القَرِيبِ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ المُخْتَلِفَةِ (مُنْخَفِض، مُتَوَسِّط، وَشَدِيد).

تَبَايَنَ تَارِيخُ التَّزْهِيرِ بَشَكْلٍ مَلْحُوظٍ، حَيْثُ أَظْهَرَ التَّهْجِينُ P_4×P_2 أَدْنَى نِسْبَةِ ID تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى تَبَكُّرٍ فِي الإِزْهَار، بَيْنَمَا أَظْهَرَ P_1×P_4 اسْتِقْرَارًا عَالِيًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. تَبَايَنَ النُّضْجُ الفِسْيُولُوجِيُّ، حَيْثُ سَجَّلَ التَّهْجِينُ P_2×P_4 أَقَلَّ نِسْبَةِ IDتَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ وَالمُتَوَسِّطِ، فِيمَا أَظْهَرَ P_2×P_1 قُدْرَةً تَكَيُّفِيَّةً أَفْضَلَ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَ مُحْتَوَى الْبْرُولِينِ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي P_3×P_2 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى تَعْدِيلٍ أَسْمُوزِيٍّ قَوِيٍّ، وَظَلَّ مُسْتَقِرًّا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ، فِيمَا أَبْدَى التَّهْجِينُ P_3×P_2تَكَيُّفًا فَعَّالًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَ أَفْضَلُ طُولٍ لِلنَّبَاتِ فِي P_3×P_2تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا سَجَّلَ P_3×P_1 أَعْلَى قِيَمٍ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَ طُولُ السُّنْبُلَةِ أَطْوَلَ مَا يُكُونُ فِي P_3×P_1تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِيمَا أَبْدَى P_3×P_4 أَقَلَّ نِسْبَةِ ID تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. أَظْهَرَ عَدَدُ الأَشْطَاءِ أَكْبَرَ قُدْرَةٍ عَلَى الثَّبَاتِ فِي P_2×P_4 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي P_3×P_4 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ. سَجَّلَ عَدَدُ السِّنَابِلِ أَعْلَى قِيَمٍ فِي P_4×P_1 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا تَفَوَّقَ P_3×P_4 تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَ عَدَدُ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي P_4×P_1 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَأَبْدَى P_3×P_4 قُدْرَةً عَلَى التَّحَمُّلِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. أَظْهَرَ وَزْنُ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ قِيمًا مُفَضَّلَةً فِي P_3×P_1، حَيْثُ سَجَّلَ ID إِيجَابِيًّا فِي جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ. كَانَ وَزْنُ ١٠٠ حَبَّةٍ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي P_4×P_2 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَبَقِيَ مُسْتَقِرًّا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. كَانَ إِنْتَاجُ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي P_4×P_3 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، فِيمَا أَبْدَى P_3×P_1 أَدَاءً أَفْضَلَ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ. كَانَ الإِنْتَاجُ البَيُولُوجِيُّ أَعْلَى فِي P_4×P_3 تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَفِي P_3×P_1 تَحْتَ

الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ. كَانَ إِنْتَاجُ القَشِّ أَفْضَلَ فِي $P_1 \times P_3$ تَحْتَ جَمِيعِ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ، مِمَّا يُؤَكِّدُ قُدْرَتَهُ الوِرَاثِيَّةَ القَوِيَّةَ. كَانَ مُعَامِلُ الحَصَادِ أَعْلَى مَا يُكُونُ فِي $P_1 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، وَبَقِيَ مُسْتَقِرًّا فِي $P_2 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ.

٧-٢-٣. اِخْتِبَارَاتُ الْقِيَاسِ (A ، B، C)

أُجْرِيَتِ اخْتِبَارَاتُ القِيَاسِ لِتَحْلِيلِ تَأْثِيرَاتِ الجِينَاتِ المُؤَثِّرَةِ فِي السِّمَاتِ تَحْتَ ظُرُوفِ المُلُوحَةِ المُتَنَوِّعَةِ. تَحْتَ المُلُوحَةِ المُنْخَفِضَةِ، أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_1 \times P_4$ مُسَاهَمَاتٍ سَائِدَةً، بَيْنَمَا أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_2 \times P_4$ أَدَاءً ضَعِيفًا بِسَبَبِ الآلِيلَاتِ المُتَنَحِّيَةِ. فِي المُلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ، أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_1 \times P_3$ وَ $P_2 \times P_1$ تَحَمُّلًا قَوِيًّا لِلمُلُوحَةِ، بَيْنَمَا لَمْ يُؤَدِّ التَّرْكِيب $P_2 \times P_3$ بِشَكْلٍ جَيِّدٍ بِسَبَبِ الآلِيلَاتِ المُتَنَحِّيَةِ. فِي المُلُوحَةِ الشَّدِيدَةِ، أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_4 \times P_3$ أَفْضَلَ أَدَاءٍ، بَيْنَمَا كَانَ التَرْكِيب $P_2 \times P_4$ ذَا أَدَاءٍ ضَعِيفٍ بِسَبَبِ الآلِيلَاتِ السَّلْبِيَّةِ. وَبِالنِّسْبَةِ لِلنُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ، أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_2 \times P_4$ تَأْخِيرًا فِي النُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ تَحْتَ المُلُوحَةِ المُنْخَفِضَةِ، بَيْنَمَا أَظْهَرَ التَّرْكِيب $P_1 \times P_3$ وَ $P_2 \times P_1$ أَدَاءً أَفْضَلَ تَحْتَ ظُرُوفِ المُلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ. تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، كَانَ التَرْكِيب $P_4 \times P_3$ هِوَ الأَفْضَلَ. أَمَّا بِالنِّسْبَةِ لِمُحْتَوَى البُرُولِينِ، فَقَدْ أَظْهَرَتِ التَّرْكِيبَاتُ الَّتِي تَشْمَلُ P_4 قُدْرَةَ تَحَمُّلٍ أَفْضَلَ تَحْتَ ظُرُوفِ المُلُوحَةِ المُنْخَفِضَةِ وَالمُتَوَسِّطَةِ، بَيْنَمَا أَظْهَرَتِ التَّرْكِيبَاتُ الَّتِي تَشْمَلُ P_3 المَزِيدَ مِنَ التَّبَايُنِ. انْخَفَضَ ارْتِفَاعُ النَّبَاتِ فِي مُعْظَمِ التَّرْكِيبَاتِ تَحْتَ المُلُوحَةِ المُنْخَفِضَةِ، وَكَانَ التَّرْكِيب $P_1 \times P_2$ يُظْهِرُ انْخِفَاضًا خَاصًّا فِي الارْتِفَاعِ بِسَبَبِ الآلِيلَاتِ المُتَنَحِّيَةِ. فِي المُلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ وَالشَّدِيدَةِ، أَظْهَرَتِ التَّرْكِيبَاتُ الَّتِي تَحْتَوِي عَلَى P_4 نَتَائِجَ إِيجَابِيَّةً، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى دَوْرِ الآلِيلَاتِ P_4 المُفِيدِ. وَبِالنِّسْبَةِ لِطُولِ السُّنْبُلَةِ، كَانَتِ التَّرْكِيبَاتُ الَّتِي تَشْمَلُ P_4 مِثْلَ $P_4 \times P_1$ هِيَ الأَفْضَلَ أَدَاءً تَحْتَ المُلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ وَالشَّدِيدَةِ. وَبِالمِثْلِ، أَظْهَرَتِ التَّرْكِيبَاتُ الَّتِي تَحْتَوِي عَلَى الآلِيلَاتِ P_4 أَدَاءً قَوِيًّا فِي عَدَدِ التِّيلَرَاتِ، وَوَزْنِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ، وَعَدَدِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ، تَحْتَ مُخْتَلِفِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ. أَظْهَرَتِ التَّرْكِيبَاتُ مِثْلَ $P_1 \times P_4$ وَ $P_2 \times P_4$ أَدَاءً مُمْتَازًا فِي إِنْتَاجِ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ وَالإِنْتَاجِ البِيُولُوجِيِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ، خُصُوصًا تَحْتَ المُلُوحَةِ المُتَوَسِّطَةِ وَالشَّدِيدَةِ. كَانَ إِنْتَاجُ القَشِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ أَعْلَى فِي التَّرْكِيبَاتِ مِثْلَ $P_4 \times P_1$ وَ $P_4 \times P_2$ الَّتِي أَظْهَرَتْ تَحَمُّلًا أَفْضَلَ عَبْرَ ظُرُوفِ المُلُوحَةِ المُخْتَلِفَةِ. كَانَ دَلِيلُ الحَصَادِ الأَعْلَى فِي التَّرْكِيبَاتِ الَّتِي تَشْمَلُ $P_4 \times P_1$ وَ $P_4 \times P_2$ وَ $P_2 \times P_1$، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى قُدْرَةِ تَحَمُّلٍ قَوِيَّةٍ لِلإِجْهَادِ النَّاتِجِ عَنِ المُلُوحَةِ.

٧-٢-٤. مُعَلِّمَاتُ النَّمُوذَجِ الْوِرَاثِيِّ

تَمَّ الكَشْفُ مِنْ خِلَالِ تَحْلِيلِ مُعَلِّمَاتِ النَّمُوذَجِ الوِرَاثِيِّ أَنَّ أَدَاءَ الهُجَنِ لِلسِّمَاتِ المُخْتَلِفَةِ يَتَأَثَّرُ بِكُلٍّ مِنَ التَّأْثِيرَاتِ الوِرَاثِيَّةِ المُضَافَةِ وَغَيْرِ المُضَافَةِ، حَيْثُ تَلْعَبُ تَأْثِيرَاتُ

السِّيَادَةِ وَتَفَاعُلاتُ Epistasis دَوْرًا رَئِيسِيًّا تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ. تَمَّ مُلَاحَظَةُ أَنَّ الهَجِين $P_1 \times P_4$ أَظْهَرَ أَفْضَلَ أَدَاءٍ فِي تَارِيخِ التَّزْهِيرِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ مَعَ تَأْثِيرٍ جِينِيٍّ مُضَافٍ مُرْتَفِعٍ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى تَحَمُّلِ الإِجْهَادِ. كَمَا كَانَتْ تَأْثِيرَاتُ السِّيَادَةِ والفعل التفوقي مُهِمَّةً، خُصُوصًا بِالنِّسْبَةِ الهُجَنِ $P_2 \times P_4$ وَ$P_1 \times P_4$. وَبِالمِثْلِ، أَظْهَرَ الهَجِين $P_2 \times P_4$ نُضْجًا فِيزْيُولُوجِيًّا مُبَكِّرًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ مَعَ تَأْثِيرَاتٍ مُضَافَةٍ قَوِيَّةٍ وَمُسَاهَمَاتِ هَيْمَنَةٍ. كَشَفَ تَحْلِيلُ مُحْتَوَى البِرُوتِينِ أَنَّ التَّأْثِيرَاتِ غَيْرَ المُضَافَةِ كَانَتْ سَائِدَةً، خُصُوصًا تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، حَيْثُ أَظْهَرَ الهَجِين $P_1 \times P_4$ أَعْلَى مُحْتَوًى لِلبِرُوتِينِ تَحْتَ جَمِيعِ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ. كَانَتْ تَأْثِيرَاتُ السِّيَادَةِ عَلَى ارْتِفَاعِ النَّبَاتِ حَاسِمَةً عَبْرَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ، حَيْثُ كَانَ الهَجِين $P_1 \times P_4$ مُسْتَقِرًّا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ. تَأَثَّرَ طُولُ السُّنْبُلَةِ بِشَكْلٍ رَئِيسِيٍّ بِتَأْثِيرَاتِ الجِينَاتِ غَيْرِ المُضَافَةِ، حَيْثُ أَظْهَرَتِ الهُجَنِ $P_4 \times P_2$ أَدَاءً جَيِّدًا عَبْرَ مُسْتَوَيَاتِ الإِجْهَادِ المُخْتَلِفَةِ. وَبِالنِّسْبَةِ لِلسِّمَاتِ المُرْتَبِطَةِ بِالعَائِدِ، أَظْهَرَتِ الهُجَنِ $P_1 \times P_4$ وَ$P_2 \times P_4$ أَدَاءً مُمْتَازًا فِي عَائِدِ الحُبُوبِ لِكُلِّ نَبَاتٍ وَالعَائِدِ البِيُولُوجِيِّ لِكُلِّ نَبَاتٍ، خُصُوصًا تَحْتَ الإِجْهَادِ المُتَوَسِّطِ وَالشَّدِيدِ، وَذَلِكَ بِفَضْلِ تَأْثِيرَاتِ السِّيَادَةِ. كَانَ أَعْلَى عَائِدٍ قَيِّمٍ لِكُلِّ نَبَاتٍ لِلهَجِين $P_1 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ المُنْخَفِضِ، بَيْنَمَا تَمَيَّزَ الهَجِين $P_3 \times P_4$ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ. تَأَثَّرَ مُؤَشِّرُ الحَصَادِ بِشَكْلٍ كَبِيرٍ بِكِلَا التَّأْثِيرَيْنِ المُضَافِ وَغَيْرِ المُضَافِ، حَيْثُ أَظْهَرَ الهَجِين $P_1 \times P_3$ مُرُونَةً تَحْتَ الظُّرُوفِ الشَّدِيدَةِ.

٧-٢-٥. مُكَوِّنَاتُ التَّبَايُنِ الْوِرَاثِيِّ وَالتَّوْرِيثِ وَالتَّقَدُّمِ الْوِرَاثِيِّ

تَمَّ تَقْيِيمُ مُكَوِّناتِ التَّبَايُنِ الوراثِيِّ، دَرَجَةِ السِّيادَةِ، الوراثَةِ، التَّقَدُّمِ الوراثِيِّ، وَالعَائِدِ مِنَ الانتِخابِ تَحتَ ظُروفِ إِجْهَادٍ مُنخَفِضَةٍ، مُتَوَسِّطَةٍ، وَشَدِيدَةٍ. تَحتَ الإِجْهَادِ المُنخَفِضِ، كانَ التَّبايُنُ البِيئِيُّ هُوَ السَّائِدُ بِالنِّسْبَةِ لِتَارِيخِ التَّزْهِيرِ وَالنُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ، بَيْنَمَا كانَ التَّبايُنُ الإِضافِيُّ مُهِمًّا لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَعَدَدِ السُّنْبُلاتِ فِي السُّنْبُلَةِ. كانَ التَّبايُنُ السَّائِدُ مُرْتَفِعًا بِالنِّسْبَةِ لِتَارِيخِ التَّزْهِيرِ وَالنُّضْجِ الفِسْيُولُوجِيِّ، مِمَّا يُشِيرُ إِلَى تَأْثِيراتٍ غَيْرِ إِضَافِيَّةٍ كَبِيرَةٍ. لُوحِظَتِ السِّيَادَةُ الزَّائِدَةُ لِتَارِيخِ التَّزْهِيرِ وَطُولِ السُّنْبُلَةِ. مَعَ زِيادَةِ الإِجْهادِ إِلَى مُسْتَوَياتٍ مُتَوَسِّطَةٍ، زادَ التَّبايُنُ الإِضافِيُّ لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَالإِنْتاجِ الحَيَوِيِّ لِكُلِّ نَباتٍ، وَزادَ التَّبايُنُ السَّائِدُ لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَعَدَدِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ. كانتِ الوِراثَةُ عالِيَةً لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَالإِنْتاجِ الحَيَوِيِّ لِكُلِّ نَباتٍ تَحْتَ الإِجْهادِ المُتَوَسِّطِ. تَحْتَ الإِجْهادِ الشَّدِيدِ، هَيْمَنَ التَّبايُنُ البِيئِيُّ عَلَى سِماتٍ مِثْلَ الإِنْتاجِ الحَيَوِيِّ وَوَزْنِ الحُبُوبِ فِي السُّنْبُلَةِ. انْخَفَضَ التَّبايُنُ الإِضافِيُّ بِشَكْلٍ كَبِيرٍ، وَزادَ التَّبايُنُ السَّائِدُ لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَالإِنْتاجِ الحَيَوِيِّ، مِمَّا يُبْرِزُ تَأْثِيراتٍ غَيْرَ إِضافِيَّةٍ. بَقِيَتِ الوِراثَةُ واسِعَةُ الحَساسِيَّةِ عالِيَةً لِلإِنْتاجِ الحَيَوِيِّ وَمُؤَشِّرِ الحَصادِ، بَيْنَما انْخَفَضَتِ الوِراثَةُ الضَّيِّقَةُ بِشَكْلٍ حادٍّ لِارْتِفاعِ النَّباتِ وَالنُّضْجِ

الفِسْيُولُوجِيّ. كانَ التَّقَدُّمُ الوِراثِيُّ مَلْحُوظًا لِلإِنْتَاجِ الحَيَوِيّ لِكُلّ نَبَاتٍ وَارْتِفَاعِ النَّبَاتِ، مَعَ أَعْلَى مَكَاسِبِ مِنَ الانتِخابِ لِهذِهِ السِّمَاتِ تَحْتَ الإِجْهَادِ الشَّدِيدِ، مِمَّا يُعَكِّسُ أَهَمِّيَّتَهَا فِي التَّرْبِيَةِ تَحْتَ ظُرُوفِ الإِجْهَادِ العَالِيَةِ.

٧-٣- الدِّرَاسَاتُ الْجُزَيْئِيَّةُ

٧-٣-١. كَمِّيَّةُ وَجَوْدَةُ الحَمْضِ النَّوَوِيّ (DNA)

تَمَّ بِنَجاحٍ استخلاصُ الحَمْضِ النَّوَوِيّ الجِينُومِيّ مِنْ عِدَّةِ تَراكيبَ وِراثِيَّةٍ لِلقَمْحِ باستِخدامِ طَرِيقَةِ CTAB، كما تَمَّ تَأكيدُ جَوْدَةِ ودِقَّةِ الاستخلاصِ مِنْ خِلالِ ظُهورِ أشرِطَةٍ واضِحَةٍ على هُلامِ الأجاروز. وقد أشارَتِ التَّبايُناتُ في شِدَّةِ الأشرِطَةِ إلى وُجودِ اختِلافاتٍ مَلحوظَةٍ في تَركيزِ وجودَةِ الحَمْضِ النَّوَوِيّ بَيْنَ العَيِّناتِ المَدرُوسَةِ.

أَظهَرَتْ نَتائِجُ تَضخِيمِ تَفاعُلِ البُوليميرازِ المُتَسَلسِلِ (PCR) استِهدافًا ناجِحًا لِجينِ SOS1 في مُعظَمِ الآباءِ (P_1, P_2, P_3)، وَكَذلكَ في الأفرادِ النَّاتِجينَ عنِ الجِيلِ الأوَّلِ (F_1)، في حينَ لَمْ يَتِمَّ الكَشْفُ عن أَيِّ شَريطٍ في التَّشكيلَةِ الوِراثِيَّةِ P_4، وَهُوَ ما قد يُعْزَى إلى غِيابِ الجِينِ أَوْ وُجودِ طَفْرَةٍ في مَوقِعِ ارتِباطِ البادِئِ. وقد أَظهَرَتْ نَتائِجُ الوِراثةِ في الجِيلِ الأوَّلِ (F_1) نَمَطًا مِندليًّا واضِحًا مِنْ خِلالِ دَمْجِ الأَلِيلاتِ الأُبَوِيَّةِ، في حينَ أَبْدَتْ أَفرادُ الجِيلِ الثَّاني (F_2) تَبايُنًا واسِعًا في أَنماطِ الأشرِطَةِ النَّاتِجَةِ عنِPCR ، مِمَّا يَعكِسُ الانفِصالَ الوِراثِيَّ وإِعادةَ التَّركِيبِ الجِينِيّ ضِمنَ هذِهِ السُّلالَةِ.

٧-٣-٢. اَلْعَلَاقَةُ اَلْوِرَاثِيَّةُ بَيْنَ تَرَاكِيبِ اَلْقَمْحِ

كَشَفَتِ التَّحالِيلُ الوِراثِيَّةُ المُعتمِدَةُ على تَسَلسُلِ جِينِ SOS1 عن وُجودِ تَنَوُّعٍ جِينِيّ كَبيرٍ بَيْنَ التَّراكيبِ المَدرُوسَةِ. حَيثُ أَظهَرَتِ السُّلالَةُ G3–8 تَقارُبًا وِراثِيًّا مع النَّوعَيْنِ *Triticum turgidum* و*Triticum aestivum*، وَهُوَ ما يُشِيرُ إلى وُجودِ أَصلٍ مُشتَرَكٍ مع القَمْحِ المُستأنَسِ. وَفي المُقابِلِ، أَظهَرَتِ السُّلالَةُ G1–4 قُرْبًا وِراثِيًّا مِنَ الصِّنفِ المَحَلِّيّ *Sakha 8*، مَعَ عَلاقاتٍ أَبْعَدَ نِسبيًّا مع الأَنواعِ البَرِّيَّةِ مِثلَ *Aegilops*، مِمَّا يَعكِسُ تَأثيرَ عَمَلِيَّاتِ الانتِخابِ المُرتَبِطَةِ بالاستِئناسِ.

أَوضَحَتْ نَتائِجُ التَّحليلِ أَنَّ جِينَ SOS1، الَّذِي يُشَفِّرُ لِبروتِينٍ ناقِلٍ لأَيُوناتِ Na^+ /H^+، ويُعَدُّ مِنَ الجِينَاتِ الأَساسِيَّةِ في تَحَمُّلِ المُلُوحَةِ، يَحتفِظُ بِمَجالاتٍ وَظيفِيَّةٍ مَحفوظَةٍ على مُستوى التَّراكيبِ الوِراثِيَّةِ المَدرُوسَةِ. وقد أَظهَرَتِ الشَّجَرَةُ الوِراثِيَّةُ النَّاتِجَةُ عنِ التَّحليلِ التَّطوُّريّ العَلاقَةَ التَّصنيفِيَّةَ بَيْنَ التَّراكيبِ، وسَلَّطَتِ الضَّوءَ على التَّراكيبِ المُرَشَّحَةِ لِبَرَامِجِ التَّربِيَةِ الهَادِفَةِ إلى تَحسِينِ تَحَمُّلِ المُلُوحَةِ في القَمْحِ.

وقد بَيَّنَتِ المُناقَشَةُ أَنَّ وُضُوحَ نَتائِجِ الـPCR ، وَالأَنماطَ المِندليَّةَ لِلانعِزالِ الجِينِيّ في الجِيلِ الثَّاني، إِضافَةً إلى التَّنَوُّعِ الوِراثِيّ المَلحوظِ، تَتَّفِقُ مَعَ ما وَرَدَ في الدِّراسَاتِ السَّابِقَةِ حَوْلَ

دَورِ جِينِ SOS1 في التَّكَيُّفِ مَعَ ظُروفِ الإِجْهَادِ المَلْحِيّ. وَعَلَيْه، تُوصِي الدِّراسَةُ باسْتِخدامِ جِينِ SOS1 كَمُؤَشِّرٍ جُزَيئِيٍّ فَعَّالٍ ضِمْنَ بَرَامِجِ الانتِخابِ بمُساعَدَةِ العَلاماتِ الجُزَيئِيَّةِ (MAS)لِتَحسِينِ أَصنافِ القَمْحِ المُقَاوِمَةِ للمُلُوحَةِ. كَمَا يُقْتَرَحُ أَنْ تَرْكِزَ الدِّراسَاتُ المُسْتَقبَلِيَّةُ على تَحلِيلِ تَعَدُّدِ أَشْكالِ هذَا الجِينِ وَتَقييمِ مُستَوَيَاتِ تَعبِيرِهِ تَحتَ ظُروفِ الإِجْهَادِ المُختَلِفَةِ، بِهَدَفِ تَعْمِيقِ الفَهْمِ لِدَوْرِهِ في تَعزِيزِ تَحَمُّلِ المُلُوحَةِ.