



**ЎЎЗАНИНГ (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) ВС₄F₇ АВЛОДИДА
МОРФОЛОГИК БЕЛГИЛАРИНИНГ ТУЗЛИ СТРЕСС ШАРОИТИДА
РЕГРЕССИОН ТАҲЛИЛИ**

<https://doi.org/10.70728/a.series.v08.i02.005>

*Азимов А.А.¹, Раҳматова Н.Р.¹, Усманов Д.Э.¹,
Абдукаримов Ш.С.^{1,2}, Раҳманов Б.К.¹, Зиёдов О.Т.¹, Буриев З.Т.¹*
¹ЎЗР ФА Геномика ва биоинформатика маркази, Қибрай, Ўзбекистон
²Мирзо Улуғбек номидаги ЎЗМУ, Тошкент, Ўзбекистон
E-mail: googlazimov@gmail.com

Аннотация. Ушбу мақолада учта нав ва иккита линия (назорат сифатида танланган) ҳамда 30 та оила ВС₄F₇ авлоди мураккаб геноми дурагайларнинг морфо-физиологик белгилари (ўсимликнинг курук оғирлиги, поя ва ildizнинг курук оғирлиги, ўсимлик, поя ва ildizнинг тирик оғирлиги, ўсимлик бўйи) тадқиқ қилинган ва таҳлил қилинган натижалар келтирилган. Бу ўсимликлар лаборатория шароитида сунъий яратилган тузли стресс (200 мМ NaCl эритмаси) шароитида ўстирилган. Ушбу маълумотлар асосида тузга чидамлилиқ индекси I_1 ҳисобланган ҳамда уни морфо-физиологик белгилар орқали прогноз қилиш учун регрессион модель қайта тикланган.

Калит сўзлар: морфо-физиологик белгилар, прогнознинг математик модели, кўп омилли регрессион таҳлил, боғлиқ ўзгарувчилар, мустақил ўзгарувчилар, тузланиш.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования и анализа морфофизиологических признаков (сухая масса растения, сухая масса стебля и корня, сырая масса растения, стебля и корня, высота растения) у трёх сортов и двух линий (выбранных в качестве контроля), а также у 30 семейств гибридов сложного генома поколения ВС₄F₇. Растения выращивались в лабораторных условиях при искусственно смоделированном солевом стрессе с использованием раствора NaCl концентрацией 200 мМ.

На основе полученных данных был рассчитан индекс солеустойчивости (И), а также восстановлена регрессионная модель для прогнозирования данного показателя по морфофизиологическим признакам.

Ключевые слова: морфофизиологические признаки, математическая модель прогнозирования, многофакторный регрессионный анализ, зависимые переменные, независимые переменные, засоление.

Annotation. This article presents the results of the study and analysis of morpho-physiological characteristics (dry weight of plant, stem, root, live weight of plant, stem, root, plant height) of cotton of three varieties and two lines selected as a control for 30 families of the BC₄F₇ generation of complex genome hybrids grown in laboratory conditions of artificially created salt stress (200 mM NaCl solution) and on their basis calculated as an index of salt tolerance I_t and a reconstructed regression model for predicting this index through morpho-physiological characteristics of the line and varieties.

Keywords: morpho-physiologic traits, mathematical prediction model, multiple regression analysis, dependent variables, independent variables, salinity.

Кириш. Ўсимликларнинг тузланган шароитда ўсиш, ривожланиш ва яхши ҳосил бериш қобилятини ошириш қишлоқ хўжалиги экинларини генетик яхшилашнинг асосий йўналишларидан биридир. Кўпчилик қишлоқ хўжалиги экинлари, жумладан пахта ҳам гликофитлар тоифасига киради ва тузланган муҳитда яхши ўса олмайди [1, 2]. Тузланишнинг ўсимликларга зарарли таъсири аввал қисқа муддатли осмотик стресс сифатида, кейинчалик узок муддатли фитотоксик ионлар тўпланиши орқали намоён бўлади. Тузли стресснинг ўсимликлар учун номақбул оқибатлари морфологик (ўсишнинг сусайиши, хлороз, уруғ униб чиқишининг бузилиши), физиологик (фотосинтезнинг бостирилиши ва озуқа моддалари дисбаланси) ва биохимик (оксидловчи стресс, электролитлар чиқиб кетиши, мембраналарнинг тартибсизланиши) хусусиятларда кўринади [3, 4].

Маълумки, тузли стресс асосан барг ўсишини бостириш ва фотосинтез тезлигини (Pn) пасайтириш орқали ўсимлик ўсишини секинлаштиради [5, 6, 7]. Тузланишнинг салбий таъсири кўчатларнинг дастлабки ривожланиш босқичида айниқса кучли бўлади [8]. Тузга мослашиш даврида фотосинтетик тўқималар миқдори камроқ камайиши энергия синтезини сақлаб қолишга ва уни кейинчалик барг ўсишини давом эттиришга йўналтиришга имкон беради [9, 10].

Ушбу ишнинг мақсади — мураккаб дурагай генотипларининг BC₄F₇ авлоди пахтасининг морфо-физиологик кўрсаткичларини ўрганиш ва ушбу авлод учун тузга чидамлилик индексини прогноз қилишга қодир статистик регрессион модель тузишдан иборат.

Материаллар ва методлар. Тадқиқотга пахтанинг комплекс дурагай комбинациясидан 30 та оила [Андижон-35×(Андижон-35×L-141)×(Андижон-35×Saenr

репа 85)] ва назорат сифатида 5 та нав (Андижон-35, Ан-Боявут, Султон, D-19 ва D-28) жалб қилинди. Иш лаборатория шароитида бажарилди. Экспериментдан олдин тупроқ ювилди ва қуритиб олинди. Дренажли кичик қозонларга тупроқ:кум 70:30 нисбатдаги аралашма солинди. Эксперимент уч такрорда ўтказилди. Униб чиққан кўчатларнинг тўлиқ илдиз отишини таъминлаш учун дастлаб оддий сув билан (тупроқ ҳолатига қараб 50 мл дан) суғорилди. 3–4 та барг пайдо бўлгандан сўнг тажриба вариантыда ўсимликларга 200 мМ концентрациядаги NaCl эритмаси билан стресс шароити яратилди (назорат варианты — 0 мМ NaCl).

Иш давомида оптимал ва стресс шароитларида ўсимликларнинг морфологик кўрсаткичлари (ўсимлик бўйи, поя ва илдизнинг узунлиги, бутун ўсимлик ва унинг алоҳида органларининг «тирик» массаси) ўрганилди. Барглардаги пигментлар миқдори умумий қабул қилинган усул билан аниқланди [11].

Маълумотларни тайёрлаш талабига кўра баъзи формаллаштиришлар амалга оширилди, унга кўра боғлиқ ва мустақил ўзгарувчилар x_1, x_2, \dots, x_5 деб белгиланди ва I_1 – тузга чидамлилиқ индекси стресс ва оптимал ҳолатлардаги поянинг умумий ўртача узунлиги асосида қуйидаги нисбат билан аниқланди:

$$I_1 = (\text{Total plant length Salt}) / (\text{Total plant length Opt})$$

- $x_1 = Y = I_1$ → тузга чидамлилиқ индекси – боғлиқ ўзгарувчи
- x_2 – стресс шароитидаги поянинг умумий ўртача узунлиги
- x_3 – стресс шароитидаги илдизнинг умумий ўртача узунлиги
- x_4 – стресс шароитидаги поянинг умумий ўртача «тирик» массаси
- x_5 – стресс шароитидаги илдизнинг умумий ўртача «тирик» массаси

Y — боғлиқ ўзгарувчи бўлиб, регрессион модель тенгламасида тенглик белгисининг чап томонида жойлашади.

Маълумотларни қайта ишлаш ва ўсимликнинг тузга чидамлилиқ индекси x_1 кўрсаткичини пахтанинг бошқа морфологик ривожланиш омилларига боғлиқлик моделини қуриш учун зарур миқдорий баҳолаш қийматларини олиш мақсадида статистик моделлаштириш усуллари билан бири – кўп омилли регрессион таҳлил қўлланилди. Бу таҳлил SSPS 21 компьютер дастурининг статистик дастурлар пакетида мавжуд [12, 13, 14].

Биз қўллаган регрессион тенглама қуйидаги чизикли шаклга эга:

$Y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_m \cdot x_m + e$; бу ерда: Y – боғлиқ ўзгарувчи b_1, b_2, \dots, b_m – регрессия коэффициентлари x_1, x_2, \dots, x_m – мустақил ўзгарувчилар a – константа e – ҳисобга олинмаган омилларнинг тасодифий хатоси

Натижалар ва муҳокама. Кўп омилли чизикли регрессион таҳлил дастури дастлабки босқичда мавжуд ва мавжуд булмаган қийматлар ҳақида маълумот беради, ўртача қийматлар, стандарт оғишлар, кузатувлар сони ва умумий кўрсаткичларни келтиради.

SPSS 21 дастурий пакетида мустақил ўзгарувчиларни модельга киритишнинг бир неча усуллари мавжуд. Барча усуллар ичида **кетма-кет истисно қилиш усули** (sequential exclusion) афзалроқ ҳисобланади, чунки у иккинчи турдаги хато (аслида боғлиқ ўзгарувчига таъсир қилувчи предикторни модельдан нотўғри чиқариб ташлаш) хавфини энг кам даражага туширади [15].

Юқоридаги фикрларни ҳисобга олган ҳолда, кўп омилли регрессион моделларни қуриш учун биз **кетма-кет истисно қилиш усулини** қўлладик. Натижада учта итерациядан сўнг дастур томонидан энг оптимал тузилишга эга модель топилди ва қидириш тухтатилди.

Куйида энг охирги, оптимал тузилишга эга регрессион модель келтирилган:

$$Y = -0,114 + 0,035 \cdot x_2 + 0,542 \cdot x_5 \quad (1)$$

$$t: -0,824; 5,645; 2,217 \quad P: 0,416; 0,0001; 0,034$$

$$R^2 = 0,511 \quad S = 0,063 \quad F = 16,706 \quad P < 0,0001$$

Кўплик корреляцияси коэффициенти **R** мустақил кўрсаткичлар-предикторларнинг боғлиқ ўзгарувчига умумий таъсирини кўрсатади ва бизнинг моделда 0,715 га тенг бўлиб, бу анча юқори кўрсаткич ҳисобланади.

Детерминация коэффициенти **R²** мустақил ўзгарувчилар ҳисобига тушунтириладиган вариация улушини фоизда ифодалайди. Бизнинг моделда 51% дан ортиқ вариация модельга киритилган предикторлар билан тушунтирилади.

Баҳолашнинг стандарт хатоси **S** қолдиқларнинг стандарт оғиши бўлиб, бизнинг ҳисоб-китобларимиз бўйича охирги тенгламада унинг киймати **S = 0,063** ни ташкил қилади.

Фишер критерияси **F** дисперсия таҳлили (ANOVA) усули билан ҳисобланади ва модельнинг аҳамиятлилигини текширишга хизмат қилади. Бизнинг ҳисобларимизда охирги модель учун **F = 10,706** (баъзи ҳисобларда 16,706 кўрсатилган), **P < 0,0001**.

Регрессия коэффицентларининг нольга тенглиги нол гипотезасини текшириш ва алоҳида коэффицентларнинг аҳамиятлилигини баҳолаш учун **Стьюдент t-тести** қўлланилади. **P > 0,05** дан юқори бўлган мустақил ўзгарувчилар тенгламадан чиқариб ташланади.

Қадамма-қадам истисно қилиш усули орқали маълумот бермайдиган ўзгарувчилар чиқариб ташланганда регрессион модель сифати мезонлари яхшиланди. Охирги модель (1) оптимал тузилишга эга бўлиб, юқори сифат мезонларига эга. Ушбу модельга тузли муҳитда ўстирилган пахтанинг иккита морфологик кўрсаткичи мустақил ўзгарувчи сифатида кирди:

- x_2 – тузли муҳитдаги поянинг умумий ўртача узунлиги
- x_5 – стресс шароитидаги илдизнинг умумий ўртача «тирик» массаси

Модельдаги барча коэффицентлар Стьюдент t-тести бўйича юқори аҳамиятга эга (эркин хаддан ташқари): $t = -0,824; 5,645; 2,217$ ва $P < 0,416; P < 0,0001; P < 0,034$

Тузли мухитдаги поянинг ўртача узунлиги (x_2) кўрсаткичи коэффиценти 0,035 дегани – агар бу кўрсаткич бир birlikка ўзгарса, бошқа мустақил ўзгарувчилар қийматлари ўзгармасдан қолиб, ўсимликнинг тузга чидамлик индекси I_1 (Y) 0,035 birlikка ошади. Худди шундай, стресс шароитидаги илдизнинг ўртача тирик массаси (x_3) бир birlikка ўзгарганда, индекс I_1 (Y) 0,542 birlikка ошади (коэффициент ижобий ишорага эга).

1-расмда жадвал маълумотлари x_i билан модель ёрдамида ҳисобланган прогноз қийматлари Y таққослаш графиги келтирилган. Графикдан кўришиб турибдики, жадвал ва прогноз қийматларига мос келувчи эгри чизиқлар бир-бирига жуда яқин жойлашган. Ушбу ҳолат биз ишлаб чиққан регрессион моделининг реалликка етарлича адекват эканлигини тасдиқлайди.

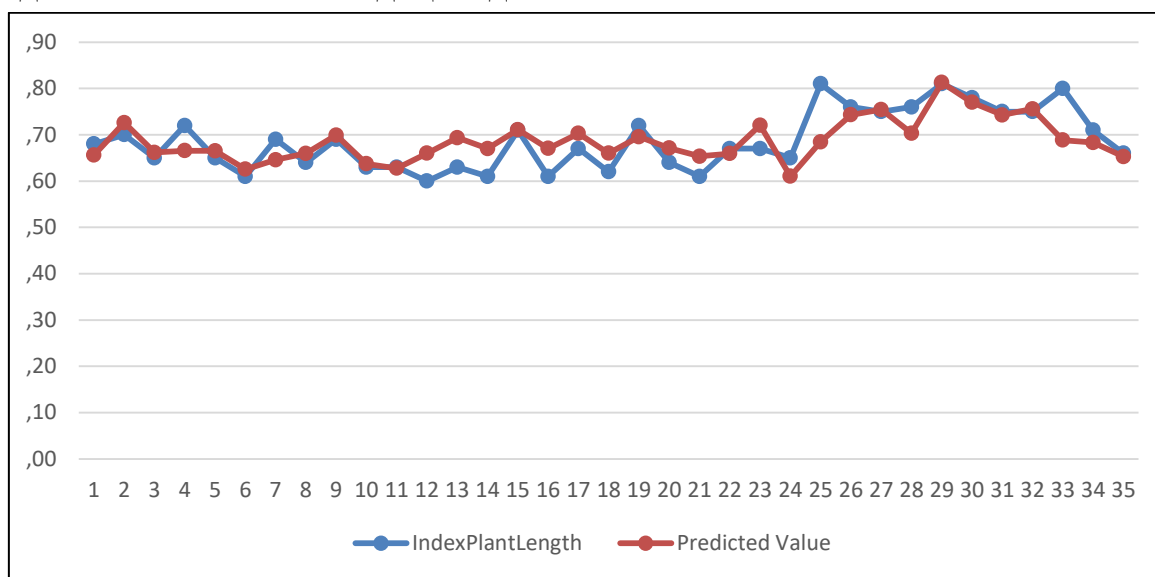


Рис.1. График табличных и прогнозированных моделью значений x_1 .

Хулоса. Шундай қилиб, ўсимликнинг солеустойчивлик индекси I_1 кўрсаткичи (Y) ни 35 та пахта линиялари ва навларининг ўсиш ривожланишининг тўртта морфологик омилидан боғлиқликни ифодаловчи олинган математик модель регрессион тенглама шаклида тадқиқотчига ушбу омиллар қийматлари орқали ўсимликнинг тузга чидамлик даражасини (Y) билвосита аниқлаш имконини беради. Уларнинг коэффицентлар бўйича нисбий ҳиссасини ҳисобга олган ҳолда боғлиқ ўзгарувчини бошқариш ва тузли тупроқли ҳудудларда ҳосилни химоя қилиш учун пахта етиштириш тактикасини янада мақсадли режалаштириш имконияти пайдо бўлади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Fu H., Yang Y. How Plants Tolerate Salt Stress. Current Issues in Molecular Biology 2023, Vol. 45, б. 5914-5934. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 45, № 7. Б. 5914–5934.

2. Xiao F., Zhou H. Plant salt response: Perception, signaling, and tolerance. *Front Plant Sci. Frontiers Media S.A.*, 2023, Vol. 13, б. 1053699. DOI 10.3389/fpls.2022.1053699.
3. Balasubramaniam T., Shen G., Esmaili N., Zhang H. Plants' Response Mechanisms to Salinity Stress. *Plants*, 2023, Vol. 12 (12), б. 2253. DOI 10.3390/plants12122253.
4. Ma L, Liu X., Lv W., Yang Y. Molecular Mechanisms of Plant Responses to Salt Stress. *Front Plant Sci. Frontiers Media S.A.*, 2022, Vol. 13. DOI 10.3389/fpls.2022.934877.
5. Z. Maryum, T. Luqman, S. Nadeem ва бошқ. An overview of salinity stress, mechanism of salinity tolerance and strategies for its management in cotton // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Б. 907937.
6. Fu H. How Plants Tolerate Salt Stress / H. Fu, Y. Yang. – Текст: электрон // *Current Issues in Molecular Biology* 2023, Vol. 45, Б. 5914-5934. – 2023. – Vol. 45. – № 7. – Б. 5914-5934. – URL: <https://www.mdpi.com/1467-3045/45/7/374/htm> (кириш санаси: 02.12.2023).
7. L. Ma, X. Liu, W. Lv, Y. Yang. Molecular Mechanisms of Plant Responses to Salt Stress // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13.
8. Rafaliarivony S., Ranarijaona, H.L.T., Rasoafalimanana M., Radanielina T., Vissuwa M. Evaluation of salinity tolerance of lowland rice genotypes at the reproductive stage. *bioRxiv preprint*. <https://doi.org/10.1101/2022.08.22.504861>
9. Munawar W., Hameed A., Khan M.K.R. ва бошқ. Differential Morphophysiological and Biochemical Responses of Cotton Genotypes Under Various Salinity Stress Levels During Early Growth Stage. *Front Plant Sci. Frontiers Media S.A.*, 2021, Vol. 12, б. 622309. DOI 10.3389/fpls.2021.622309.
10. Zhang L., Ma H., Chen T. ва бошқ. Morphological and Physiological Responses of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Plants to Salinity. *PLoS One. Public Library of Science*, 2014. Vol. 9 (11), б. e112807. DOI 10.1371/journal.pone.0112807.
11. Lichtenthaler H. K. Wellburn A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 1983;11:591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.
12. Мелник М. Основы прикладной статистики. М. Энергоатомиздат (1983). 14-боб. Корреляционный и регрессионный анализ. – с.416.
13. Бююль А., Цеффель П. SPSS: искусство обработки информации. – М., (2005). 18-боб. Кўп омилли регрессион таҳлил.
14. Наследов, А. Д. SPSS 19. Профессиональный статистический анализ данных [Текст] / А. Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2011. – 400 б.
15. Шарашова Е.Е., Холматова К.К., Горбатова М.А., Гржибовский А.М. (2017). Применение множественного линейного регрессионного анализа в здравоохранении с

