

Soqiboyeva Durdona Bozorboyevna
Genetika va O'simliklar ekperimental biologiyasi instituti tayanch-doktoranti
Email: durdonasoqiboyeva@gmail.com

Ernazarova Dilrabo Qo'shboqovna
Genetika va O'simliklar ekperimental biologiyasi instituti professori
Email: edilrabo64@gmail.com.

Erjigitov Doston Sheraliyevich
Genetika va O'simliklar ekperimental biologiyasi instituti katta ilmiy xodimi
Email: dostonerjigitov68@gmail.com

Kushanov Faxriddin Ne'matullayevich
Genetika va O'simliklar ekperimental biologiyasi instituti professori
Email: fakhriddinkushanov@gmail.com

O'DK: 633.11:581.41:575.22

YUMSHOQ BUG'DOY F_1 DURAGAYLARIDA POYA MEXANIK MUSTAHKAMLIGI BELGILARINING IRSIYLANISHI

Annotatsiya. Mazkur maqolada yumshoq bug'doyning mahalliy rayonlashgan navlari, istiqbolli tizmalari hamda introgressiv bug'doy tizmalari va ularning F_1 duragaylarida yotib qolishga chidamlilik belgilarining irsiylanish qonuniyatlari o'rganilgan. Tadqiqot davomida o'simlik bo'yi, poya diametri va bo'g'im oraliqlari uzunligi kabi morfobiologik ko'rsatkichlar tahlil qilinib, yotib qolish indekslari (ALI, HALI) aniqlandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Sharaf-100 va Omad navlari qisqa bo'ylilik va poya mustahkamligi bo'yicha istiqbolli donorlar hisoblanadi. F_1 duragaylarida oraliq irsiylanishdan musbat geterozisgacha bo'lgan genetik o'zgaruvchanlik kuzatildi.

Kalit so'zlar: yumshoq bug'doy, F_1 duragay, yotib qolish indeksi, ALI, HALI, bo'g'im oralig'i, geterozis, irsiylanish.

Сакибаева Дурдона Базарбаевна
Докторант (PhD) Института генетики и экспериментальной биологии растений
Эрназарова Дилрабо Кушбаковна

Профессор Института генетики и экспериментальной биологии растений

Эржигитов Достон Шералиевич

Старший научн. сотр. Института генетики и экспериментальной биологии раст.

Кушанов Фахриддин Неъматуллаевич

Профессор Института генетики и экспериментальной биологии растений

Аннотация. В данной статье изучены закономерности наследования признаков устойчивости к полеганию у местных районированных сортов, перспективных линий и интрогрессивных линий мягкой пшеницы, а также у их гибридов F_1 . В ходе исследования проанализированы морфобиологические показатели (высота растений, диаметр стебля, длина междоузлий) и рассчитаны индексы полегания (ALI, HALI). Установлено, что сорта Шараф-100 и Омад являются перспективными донорами короткостебельности и прочности соломины. У гибридов F_1 выявлена генетическая изменчивость от промежуточного наследования до положительного гетерозиса.

Ключевые слова: мягкая пшеница, гибриды F_1 , индекс полегания, ALI, HALI, междоузлие, гетерозис, наследование.

Sokiboeva Durdona

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, PhD Student

Ernazarova Dilrabo

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, professor

Erjigitov Doston

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, Doctor of Biological science

Kushanov Fakhriddin

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, professor

Abstract. This article investigates the inheritance patterns of lodging resistance traits in locally registered varieties, promising lines, and introgressive wheat lines of bread wheat, as well as their F_1 hybrids. Morphobiological parameters including plant height, stem diameter, and internode length were analyzed, and lodging indices (ALI, HALI) were calculated. The results demonstrated that the Sharaf-100 and Omad varieties are promising donors of semi-dwarfism and stem strength. Genetic variation ranging from intermediate inheritance to positive heterosis was identified in F_1 hybrids.

Keywords: bread wheat, F_1 hybrids, lodging index, ALI, HALI, internode, heterosis, inheritance

Kirish

Bug'doy (*Triticum aestivum* L.) insoniyat tarixidagi eng qadimiy ekinlardan biri bo'lib, o'zining strategik ahamiyati bilan jahon qishloq xo'jaligining asosini tashkil etadi [1]. Ushbu ekin global oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim va hatto yetakchi rol o'ynashda davom etmoqda. Hozirgi vaqtda bug'doy mahsulotlari dunyo aholisining qariyb 35-40 foizining kaloriyaga bo'lgan ehtiyojini qondirib, kundalik iste'mol qilinadigan kaloriya va oqsillarning taxminan 20 foizini yetkazib bermoqda [2]. Bundan tashqari, dunyo aholisining tinimsiz o'sib borishi natijasida 2050-yilga borib bug'doyga bo'lgan talab taxminan 50 foizga ortishi kutilmoqda [3].

Ushbu talabni qondirish uchun bug'doy yetishtirish hajmini oshirish hayotiy zaruriyatdir. Shu sababli, intensiv dehqonchilik sharoitida barqaror hosildorlik salohiyatini saqlab qolgan holda, poya mustahkamligi yuqori va yotib qolishga chidamli yangi navlarni yaratish dolzarb va kechiktirib bo'lmaydigan masala bo'lib qolmoqda.

So'nggi yillarda aholi sonining o'sishi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash zarurati bug'doy seleksiyasining asosiy e'tiborini hosildorlik salohiyatini oshirishga qaratishni taqozo etdi. Zamonaviy seleksiya yutuqlari natijasida yuqori mahsuldor navlar yaratilgan bo'lsa-da, bu o'z navbatida yana bir jiddiy muammoni - poyaning yotib qolishini keltirib chiqardi [4].

Yotib qolish mahsuldorlikni cheklovchi asosiy omillardan biri bo'lib, u nafaqat mexanizatsiyalashgan yig'im-terimni qiyinlashtiradi, balki o'simlikdagi fiziologik jarayonlarga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Turli agrotexnik tadbirlar (sug'orish va o'g'itlash rejimlari kabi) kuchli shamol, bo'ron va jala quyishi kabi ekologik stress omillari bilan qo'shilganda bug'doyning yotib qolishiga sabab bo'ladi, bu esa don sifati va hosildorlikning keskin pasayishiga olib keladi [5].

Poyaning yotib qolishi o'simlik bo'yining balandligi, poya diametri, yuqori va pastki bo'g'im oraliqlarining mustahkamligi, poya devorining qalinligi, poya

devorlarida lignin va sellyulozaning to'planishi hamda boshqoq vazni bilan chambarchas bog'liqdir [6].

So'nggi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yotib qolish global bug'doy hosildorligini, ayniqsa iqlim o'zgarishi bilan bog'liq kutilmagan ekstremal ob-havo hodisalari ta'sirida 40 foizgacha kamaytirishi mumkin [6]. Hosil yo'qotilishidan tashqari, yotib qolish don vaznini kamaytirish va o'rim-yig'im oldidan donning boshqoqda unib qolish xavfini oshirish orqali uning sifatini sezilarli darajada yomonlashtiradi. Azotli o'g'itlar jadal qo'llaniladigan yuqori texnologiyali qishloq xo'jaligi tizimlarida poyaning yotib qolish xavfi yanada kuchayadi. Shuning uchun, yarim pakanalik (*semi-dwarf*) belgisini poyaning mustahkam mexanik kuchi bilan birlashtirgan barqaror genetik resurslarni aniqlash zamonaviy bug'doy seleksiyasining ustuvor yo'nalishiga aylandi [7]. Bundan tashqari, bug'doy genotiplarining erta rivojlanish davridagi fiziologik barqarorligini baholash ularning atrof-muhit o'zgarishlariga umumiy javobini tushunishda juda muhimdir [8].

Metodika

Keng qamrovli statistik baholashlar, jumladan, yotib qolishning tuzatilgan (muvozanatlashtirilgan) indekslarini (ALI va HALI) hisoblash ishlari PBTools v.1.4 (Xalqaro sholi tadqiqot instituti, 2014) dasturining "Selection Index" (Seleksiya indeksi) va "ANOVA" modullari yordamida amalga oshirildi. O'simlik seleksionerlari uchun ishlab chiqilgan ushbu dastur fenotipik ma'lumotlarni yanada aniqroq tahlil qilish uchun takomillashtirilgan chiziqli modellardan foydalanadi. Shuningdek, mazkur dasturiy ta'minot yordamida 14 ta otalik va onalik namunalari hamda ular ishtirokida olingan F_1 duragaylarda fenotipik o'zgaruvchanlik baholandi hamda morfologik belgilar va yotib qolish foizi o'rtasidagi korrelyatsiya bog'liqligi aniqlandi (1-jadval).

G'alla ekinlarida strukturaviy barqarorlik va seleksiya indekslarini baholashda PBTools dasturining qo'llanilishi avvalgi o'xshash seleksiya tadqiqotlarida [9,10] o'z isbotini topgan bo'lib, bu ko'p belgili tanlov orqali eng yaxshi genotiplarni aniqlashda dasturning samaradorligini tasdiqlaydi.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijalariga ko'ra, yumshoq bug'doy genotiplari va ularning F_1 duragaylarida morfologik belgilarning namoyon bo'lishi turlicha ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, o'simlik bo'yi va bo'g'im oraliqlari uzunligi yotib qolishga moyillikni belgilovchi asosiy ko'rsatkichlar sifatida tahlil qilindi (1-jadval).

Tadqiqotda eng past bo'yli (PH) ko'rsatkichlar Sharaf-100 (73,2 sm), Omad (77,6 sm) va Graf (77,6 sm) navlarida kuzatildi. Aksincha, Ukr-Od (1031)30 (131,4 sm) eng baland bo'yli genotip bo'lib chiqdi. F_1 duragaylarida esa o'simlik bo'yi bo'yicha geterozis va oraliq irsiylanish holatlari kuzatildi. Masalan, F_1 Ukr-Od (1031)30 x Vexa duragayida bo'y ko'rsatkichi 120,6 sm ni tashkil etib, ota-ona shakllarining o'rtacha qiymatidan yuqori bo'lishi dominantlikning yuqori darajada ekanligidan dalolat beradi.

Yotib qolishga chidamlilikda poyaning pastki bo'g'im oraliqlari (L1 va L2) hal qiluvchi ahamiyatga ega. Eng minimal ko'rsatkich F_1 Leuc 84693/... x Sharaf-100 (2,0 sm) duragayida qayd etildi. Pastki bo'g'im oraliqlarining qisqa bo'lishi o'simlikning mexanik tayanchini mustahkamlaydi.

Yuqori bo'g'im oraliqlari: Barcha genotiplarda eng uzun bo'g'im oralig'i L5 (boshqoq osti bo'g'imi) bo'lib, u F_1 Sharaf-100 x Leuc 19 duragayida maksimal 46,1 sm ga yetdi.

Poyaning diametri yotib qolishga to'g'ridan-to'g'ri qarshilik ko'rsatuvchi omildir. Tadqiqotda Zvezda (4,15 mm) va Bezostaya-1 (4,14 mm) navlari eng yo'g'on poyaga ega ekanligi ma'lum bo'ldi. Duragaylar ichida F_1 Grom x Ukr-Od 952.92... (4,1 mm) kombinatsiyasi poya mustahkamligi bo'yicha yuqori seleksion qiymatga ega. Jadval ma'lumotlari tahlili shuni ko'rsatadiki, o'simlikning umumiy bo'yi (PH) bilan pastki bo'g'im oraliqlari (L1, L2) o'rtasida to'g'ri proporsional bog'liqlik mavjud. Past bo'yli genotiplarda ($PH < 85$ sm) L1 bo'g'im oralig'i asosan 2.3 - 4.0 sm atrofida shakllangan. Baland bo'yli genotiplarda esa ($PH > 110$ sm) bu ko'rsatkich 8-9 sm gacha yetishi kuzatildi.

1-jadval. Yumshoq bug‘doy genotiplari va F1 duragaylarining morfobiologik belgilari hamda yotib qolishga chidamlilik indekslari

Genotiplar	PH	L1	L2	L3	L4	L5	SD1	SD2	LP	HALI	SD1ALI	SD2ALI	L1ALI	L2ALI
Sharaf	80,8	4,05	7,7	11,1	17,4	30,1	3,31	4,18	1	-0,09509	$\frac{-2,3580}{7}$	$\frac{-1,7598}{8}$	$\frac{-1,6475}{5}$	$\frac{-0,8162}{2}$
F1 Graf x Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 53	83,1	3,45	8,55	13,1	17,5	32,6	3,98	4,5	1	-0,33705	$\frac{-1,4443}{5}$	$\frac{-1,9445}{9}$	$\frac{-1,3874}{9}$	$\frac{-1,3408}{8}$
Zvezda	80,4	5,4	8,1	11,3	16,85	31,8	4,15	4,44	1	-0,053	$\frac{-1,2125}{2}$	$\frac{-1,9098}{9}$	$\frac{-2,2326}{9}$	$\frac{-1,0631}{2}$
F1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(310) 41 x Sharaf-100	87,8	2,4	8,2	13,1	19,3	37,3	3,12	4,28	1	-0,83151	$\frac{-2,6171}{8}$	$\frac{-1,8175}{8}$	$\frac{-0,9323}{8}$	$\frac{-1,1248}{4}$
F1 Omad x Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 58	85,7	5,5	8,1	11,6	20,10	33,9	3,96	5,11	1	-0,61058	$\frac{-1,4716}{3}$	$\frac{-2,2964}{4}$	$\frac{-2,2760}{4}$	$\frac{-1,0631}{2}$
F1 Sharaf x Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 55	87,2	5,8	11	20,3	41		3,65	3,69	1	-0,76839	$\frac{-1,8943}{9}$	$\frac{-1,4771}{8}$	$\frac{-2,4060}{7}$	$\frac{-2,8531}{1}$
F1 Leuc 84693/Ae.Squarrosa(409) 19 x Sharaf-100	98,8	2	8,95	12,75	21,95	42	4	4,5	1	-1,98875	$\frac{-1,4170}{8}$	$\frac{-1,9445}{9}$	$\frac{-0,759}{9}$	$\frac{-1,5877}{7}$
Grom	90,6	3,4	8,2	14,2	20,2	37,6	3,6	4,18	1	-1,12608	$\frac{-1,9625}{8}$	$\frac{-1,7598}{8}$	$\frac{-1,3658}{2}$	$\frac{-1,1248}{4}$
F1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 53 x Graf	90,4	3,75	9,2	12,95	19,5	35,5	3,34	3,88	1	-1,10504	$\frac{-2,3171}{5}$	$\frac{-1,5868}{8}$	$\frac{-1,5175}{2}$	$\frac{-1,7420}{8}$
F1 Zvezda x Bezostayaya-1	92,7	4,25	8,8	13,65	21,8	35,4	3,85	4,69	1	-1,34701	$\frac{-1,6216}{4}$	$\frac{-2,0541}{2}$	$\frac{-1,7342}{4}$	$\frac{-1,4951}{9}$
F1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629)55 x Sharaf-100	80,2	2,4	6,55	10,7	16,3	34,7	2,79	3,4	1	-0,03196	$\frac{-3,0672}{2}$	$\frac{-1,3098}{7}$	$\frac{-0,9323}{8}$	$\frac{-0,1064}{8}$
Bezostaya-1	97,7	6,4	10	14	24,9	37,1	4,14	4,46	1	-1,87302	-	-	-	-

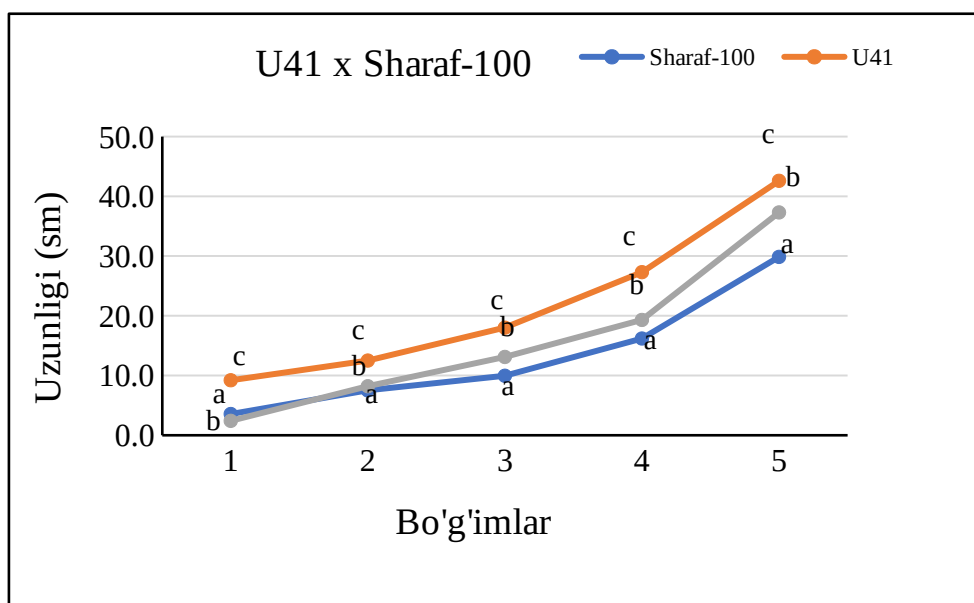
											1,2261 5	1,9214 3	2,6661 3	2,2358 7
F1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 55 x Sharaf)	100,7	2,3	6,6	11,3	25,2	45,1	3,77	4,7	1	-2,18863	- 1,7307 4	- 2,0598 9	- 0,8890 3	- 0,1372 6
F1 Sharaf-100 x Leuc 19	113,2	3,7	11,5	15,6	26,6	46,1	3,7	4,7	1	-3,50367	- -1,8262	- 2,0598 9	- 1,4958 5	- 3,1617 3
F1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 58 x Omad	114	3	11,35	15,8	23,7	38,5	3,43	4,08	1	-3,58784	- 2,1944 2	- 1,7021 9	- 1,1924 4	- 3,0691 4
F1 Ukr-Od (1031)30 x Vexa)	120,6	7,9	13,7	17,9	27	42,6	4	4,7	1	-4,28218	- 1,4170 8	- 2,0598 9	- 3,3162 9	- 4,5196 5
Omad	77,6	2,4	7,3	8,3	10,25	17	3,56	4,05	1	0,24156 5	- 2,0171 3	- 1,6848 8	- 0,9323 8	- 0,5693 3
Sharaf-100	73,2	3,2	7,4	8,95	15,6	31,1	3,31	3,59	1	0,70445 9	- 2,3580 7	- 1,4194 8	- 1,2791 3	- 0,6310 5
Graf	77,6	4	8,15	11,2	16,05	29,95	3,96	4,96	1	0,24156 5	- 1,4716 3	- -2,2099	- 1,6258 8	- 1,0939 8
Vexa	77,8	6,1	9	10,8	14,6	27,7	4,04	4,39	1	0,22052 4	- 1,3625 3	- 1,8810 4	- -2,5361	- 1,6186 3
F1 Grom x Ukr-Od 952.92/Ae.Squarrosa(1031) 33	124,7	9,7	12,2	18,2	26	42,4	4,1	5,14	3	-2,71351	0,7192 96	- 0,3137 5	- 2,0964 8	- 1,5937 9
Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 58	113,7	8,1	12,3	16,45	24,9	43,15	3,51	4,34	7	2,44372 5	3,9146 83	4,1478 07	2,5970 22	2,3444 82
Ukr-Od (1031)30	131,4	2	8,8	11,7	20,1	31,5	3,32	4,45	7	0,58162 6	3,6555 71	4,0843 43	5,2409 98	4,5048 14
Leuc 84693/Ae.Squarrosa(409) 19	108,3	3,4	10,55	15,7	24,3	47,4	3,37	4,04	7	3,01182 3	3,7237 58	4,3208 9	4,6341 84	3,4246 48
Ukr-Od 952.92/Ae.Squarrosa(1031) 33	103,1	5,3	9,7	14,3	20,4	39,3	4,05	4,8	7	3,55888	4,6511 08	3,8824 13	3,8106 5	3,9493

Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 53	87,35	4,3	9,375	14,45	18,8	31,3	3,37 5	3,93 5	7	4,91583 2	3,4305 77	4,0814 69	3,9440 89	3,8499 02
Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 55	101,5	2,5	7	11,85	25	46,3	3,39	4,07	7	3,72720 5	3,7510 33	4,3035 82	5,0242 79	5,6158 42
Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(310) 41	120,1	9,2	12,5	18	27,3	42,6	3,8	4,79	9	3,77042 3	6,3101 71	5,8881 82	4,1202 4	4,2210 34

Izoh: **PH:** O‘simlik bo‘yi; **L1-L6:** 1-6 chi bo‘g‘im uzunligi; **SD1-SD2:** 1-2 chi poya diametri; **LP:** Yotib qolish foizi ; **HALI:** Bo‘yga nisbatan muvozanatlashtirilgan yotib qolish indeksi; **ALI:** Muvozanatlashtirilgan yotib qolish indeksi.

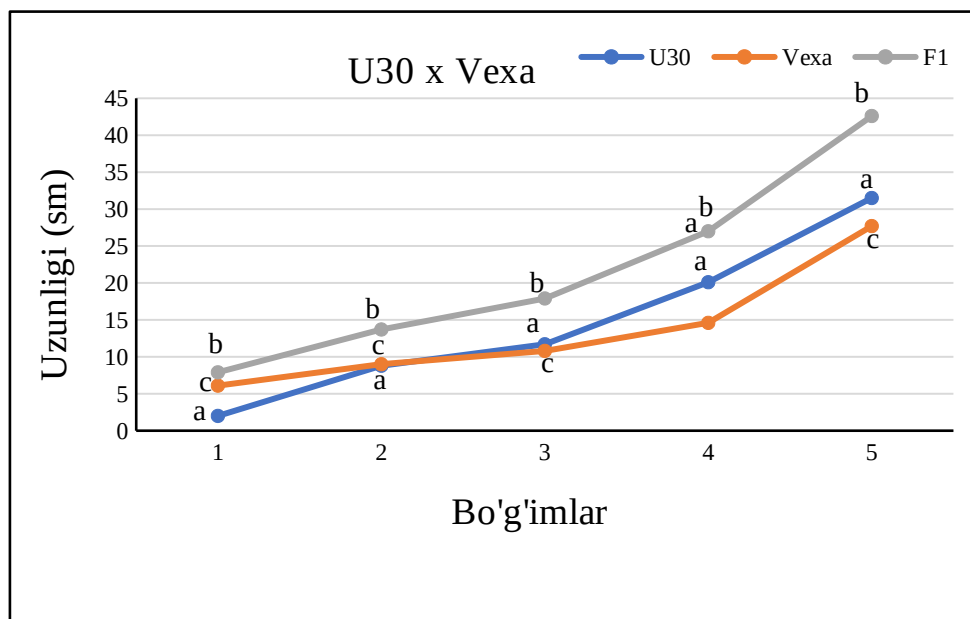
Bu holat shuni anglatadiki, bug'doyning yotib qolishga chidamliligini oshirish uchun nafaqat umumiy bo'yni qisqartirish, balki aynan birinchi va ikkinchi bo'g'im oraliqlari qisqa bo'lgan kombinatsiyalarni (masalan, F₁ Ukr-Od 1530.94... x Sharaf-100) tanlash maqsadga muvofiqdir.

Tadqiqot doirasida olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, F₁ duragaylarida bo'g'im oraliqlari uzunligining irsiylanishi chatishtirish kombinatsiyalariga qarab turlicha xarakterga ega (1 va 2-rasmlar).



1-rasm. Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(310) 41 x Sharaf-100 kombinatsiyasida bo'g'im oraliqlari uzunligining irsiylanish dinamikasi.

Ushbu grafikda bo'g'im oraliqlari uzunligi bo'yicha oraliq irsiylanish va manfiy dominantlik holatlari kuzatiladi. Duragay (F₁) ko'rsatkichlari ota-ona shakllarining o'rtasida yoki ularga yaqin holatda shakllangan. Bu esa poya mustahkamligini ta'minlovchi genlarning duragayda muvaffaqiyatli kombinatsiyalanganini ko'rsatadi. Duragayning boshqoq osti bo'g'imi otalik shakliga (U41) nisbatan sezilarli darajada qisqaroq bo'lib, bu o'simlikning umumiy balandligini nazorat qilishda ijobiy seleksion belgi hisoblanadi.



2-rasm. Ukr-Od (1031)30 x Vexa kombinatsiyasida bo'g'im oraliqlari uzunligi bo'yicha geterozis effektining namoyon bo'lishi.

Bu grafikda yuqoridagidan farqli o'laroq, barcha bo'g'im oraliqlari bo'yicha musbat geterozis (o'ta dominantlik) effekti yaqqol namoyon bo'lgan. Duragayning (F_1) barcha bo'g'im oraliqlari ota-ona shakllaridan sezilarli darajada uzun ekanligi aniqlandi. Bunday kombinatsiyalar yotib qolishga chidamlilik nuqtai nazaridan salbiy natija hisoblansa-da, biomassa to'plash va o'simlik bo'yini oshirish bo'yicha genetik imkoniyatlarni o'rganishda muhim ilmiy ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi yumshoq bug'doyning mahalliy va xorijiy genotiplari asosida olingan F_1 duragaylarida poya mustahkamligi va yotib qolishga chidamlilik belgilarining irsiylanish qonuniyatlarini aniqlash hamda kelajakdagi seleksiya uchun barqaror boshlang'ich manbalarni tanlab olishdan iborat.

Xulosa

Olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, Sharaf-100, Omad va Vexa navlari qisqa bo'g'im oraliqlari va poya mustahkamligi genlarini o'zida jamlagan bo'lib, ularni chatishtirish orqali olingan duragaylarda yotib qolishga chidamlilik ko'rsatkichi yuqori bo'lishi kutiladi. Ayniqsa, F_1 Ukr-Od 1530.94/Ae.Squarrosa(629) 55 x Sharaf-100 duragayi o'zining past bo'yi (80,2 sm) va qisqa pastki bo'g'im oralig'i (2,4 sm) bilan intensiv turdagi navlarni yaratishda boshlang'ich manba sifatida xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6), 1537-1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
2. Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., & Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food security*, 5(3), 291-317.
3. Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS one*, 8(6), e66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
4. Berry, P. M., Sterling, M., Spink, J. H., Baker, C. J., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S. J., ... & Ennos, A. R. (2004). Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in agronomy*, 84(04), 215-269. DOI:10.1016/S0065-2113(04)84005-7
5. Kelbert, A. J., Spaner, D., Briggs, K. G., & King, J. R. (2004). The association of culm anatomy with lodging susceptibility in modern spring wheat genotypes. *Euphytica*, 136(2), 211-221. <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000030670.36730.a4>
6. Shah, L., Yahya, M., Shah, S. M. A., Nadeem, M., Ali, A., Ali, A., ... & Ma, C. (2019). Improving lodging resistance: using wheat and rice as classical examples. *International journal of molecular sciences*, 20(17), 4211. <https://doi.org/10.3390/ijms20174211>
7. Liu, K., & Muse, S. V. (2005). PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis. *Bioinformatics*, 21(9), 2128-2129. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bti282>
8. Mamatkulova, G. F., Erjigitov, D. S. H., Mukhammadiev, O. A., Sokiboyeva, D., Kholova, M., Oripova, B., ... & Kushanov, F. (2025). Assessment of heat tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) at the seedling stage. *SABRAO J. Breed. Genet*, 57(3), 1041-1049. <http://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.3.16>.
9. Ullah, M. I., Mahpara, S., Bibi, R., Shah, R. U., Ullah, R., Abbas, S., ... & Khan, M. I. (2021). Grain yield and correlated traits of bread wheat lines: Implications for yield improvement. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5714-5719.
10. Marza, F., Bai, G. H., Carver, B. F., & Zhou, W. C. (2006). Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning7840× Clark. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(4), 688-698. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0172-3>