

Conclusions. Evaluation of the environmental plasticity of alfalfa collection accessions on increased soil acidity identified several accessions with positive responses to improved growing conditions and fodder and seed productivities that were sustainably high for 4 years. They are 'Palava' (UJ0700622), 'Sevani-1' (UJ0700189), 'Kisvardai' (UJ0700190), and 'JJ Paso' (UJ0700364), which can be used as starting material to breed intensive varieties by the above-mentioned traits. The environmental plasticity coefficients of (b_i) for the fodder and seed productivities ranged within 0.49–1.09 and 0.94–2.02, respectively; the stability variances (S_i^2) – within 0.01–0.07 and 214.96–937.32, respectively.

Key words: alfalfa, plasticity, stability, environmental plasticity, soil acidity, productive longevity

УДК 631.527:633.16

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ І КОРЕЛЯЦІЯ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Васько Н.І., Козаченко М.Р., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Важеніна О.Є., Солонечна О.В., Зимогляд О.В.
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в 2006–2016 рр. вивчено мінливість цінних господарських ознак у восьми сортів ячменю ярого та визначено взаємозв'язки між ними. У результаті встановлено, що за роками варіація є значною за врожайністю, середньою – за вмістом білка, слабкою – за масою 1000 зерен, що свідчить про значний вплив генотипу на прояв останньої ознаки. Загальною закономірністю є негативна істотна кореляція між урожайністю та вмістом білка ($r = -0,613 - -0,720$) з показником детермінації між ознаками 6–52 % залежно від генотипу. Маса 1000 зерен корелює неістотно – позитивно з урожайністю та негативно із вмістом білка. Реалізація потенціалу врожайності в залежності від умов є різною – від 59 % до 69–70 %. Сорт Взірець найповніше реалізував свій потенціал за врожайністю і масою 1000 зерен.

Ключові слова: ячмінь ярий, урожайність, вміст білка, маса 1000 зерен, кореляція, варіація, детермінація, реалізація потенціалу

Вступ. Задачею селекції є покращити потенціал і стабільність врожайності без додаткового внесення добрив, зробити рослини більш стійкими до абіотичних стресів та біотичних чинників. Сорт як основа технології вирощування сільськогосподарських культур є результатом складної взаємодії генотип-середовище, так як може реалізувати продукційний потенціал і якісні властивості лише в конкретних умовах. Створення сорту передбачає не лише добір нових генотипів, але й пошук оптимальної екологічної ніші, де ці генотипи зможуть якнайповніше реалізувати свій потенціал.

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Селекціонер вивчає генотип не як такий, але й оцінює його норму реакції на абіотичні, біотичні та антропогенні чинники [1]. При вивченні шести сортів ячменю ярого в різних природно-кліматичних зонах Тюменської області було виявлено сильну варіабельність урожайності незалежно від зони та різну норму реакції генотипу на умови середовища. Відмічено низьку реалізацію потенціалу врожайності сортів Ача (57 %) і Жана (48 %) [2].

У Миронівському інституті пшениці в 2005–2009 рр. за середньою, мінімальною та максимальною врожайністю дев'яти сортів ячменю ярого визначено селекційну цінність, гомеостатичність, комплексний показник урожайності і стабільності сорту (ПУСС). У результаті було встановлено, що найкращі показники мали сорти селекції Миронівського інституту пшениці Сонцедар, Псьол, Юкатан, а врожайність сортів європейської селекції сильно варіювала за роками [3].

У Республіці Хакасія проведено дослідження з ярим ячменем і встановлено, що за врожайністю коефіцієнт варіації змінювався від 9,55 % до 26,57 % за сортами та від 39,99 % до 52,93 % за роками. Це вказує на більшу залежність показника від метеоумов, ніж від генотипу, тому оцінку врожайності слід проводити за багаторічними даними. Варіювання маси 1000 зерен було від 4,4 % до 11,2 %, а за допомогою двохфакторного дисперсійного аналізу встановлено, що маса 1000 зерен на 45 % визначається чинником «рік» і на 49 % – чинником «сорт» [4].

У Казахстані вивчено мінливість параметрів урожайності 42 сортів ярого ячменю. Встановлено, що коефіцієнт варіації мав значення від 16,7 % до 34,4 % за середньої врожайності 0,97–1,90 т/га [5].

При вивченні колекції з 2000 зразків ячменю було встановлено, що за врожайністю коефіцієнт варіації високий (33,6 %), а за масою 1000 зерен – низький (7,8 %) [6]. Інші дослідники встановили коефіцієнт варіації за врожайністю сортів ячменю 6,8–28,0 %, а за результатами ретроспективних досліджень 1981–2007 рр. цей показник складав 27,36 % за середньої врожайності 1,72 т/га. За результатами дисперсійного аналізу на врожайність ячменю найбільше впливає зона вирощування (частка чинника 61,9 %) та взаємодія зона х рік (24,7 %) [7, 8].

Деякими дослідниками встановлено істотну кореляцію маси 1000 зерен з урожайністю. Зокрема, це було визначено при вивченні шести сортів ячменю при вирощуванні в різних зонах в Єгипті [9]. При вивченні 64 генотипів ячменю в трьох місцевостях Іраку встановлено, що маса 1000 зерен має позитивну генетичну кореляцію з продуктивністю ($r=0,513$) та врожайним індексом ($r=0,330$), але фенотипова кореляція при цьому слабша ($r=0,478$ і $r=0,294$ відповідно) [10].

За даними інших дослідників, маса 1000 зерен істотно позитивно корелює з кількістю продуктивних стебел, істотно негативно – з врожайним індексом [11]. При вивченні 411 генотипів ячменю було встановлено позитивну кореляцію з урожайністю, але негативно – з вмістом білка [12].

Маса 1000 зерен є сортовою ознакою, але при цьому значною мірою визначається умовами вирощування [13]. Так, маса 1000 зерен корелює з урожайністю пливчастих сортів ($r=0,18$ – $0,41$), голозерних ($r=0,24$ – $0,38$) в залежності від умов року. Варіювання цієї ознаки також залежить від умов вирощування ($V=14,3$ – $21,4$ %). Урожайність варіювала від $V=30,1$ % до $V=53,0$ % за роками. Реалізація потенціалу врожайності найповніше проявлялася в умовах сприятливого року [14].

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН при вивченні дев'яти сортів ячменю ярого встановлено невисоку варіабельність маси 1000 зерен в залежності від умов вирощування, коефіцієнт варіації складав 2,68–3,25 % [15]. Також у результаті багаторічних досліджень (2006–2016 рр.) 16 сортів ячменю було встановлено, що врожайність та маса 1000 зерен значною мірою залежать від умов вирощування, а слабка кореляція між ними визначається сортовими особливостями [16].

При вивченні 187 генотипів ячменю ярого протягом 33 років у восьми місцевостях Німеччини було встановлено, що умови середовища та врожайність найбільше впливають на варіацію вмісту білка в зерні, тоді як вплив генотипу складає лише 3 % загальної варіації. Генетична кореляція врожайності з вмістом білка є істотною негативною ($r_g = -0,56$), але при цьому фенотипова кореляція є сильнішою ($r_p = -0,87$) [17]. Ще сильнішу фенотипову кореляцію виявив Matthies et al., де $r_p = -0,91$ [18].

Також установлено, що вміст білка залежить від сортових особливостей, місця та року вирощування. Так, вміст білка варіював залежно від року від 8,1 % до 12,4 %. Корелює

ляція між вмістом білка і врожайністю була негативною від слабкої ($r = -0,23$) до середньої ($r = -0,34$) [14].

Аналогічні результати одержано також іншими дослідниками, а саме – на вміст білка в зерні ячменю досить сильний вплив спричиняють як генетичні сортові відмінності, так і умови вирощування [19, 20]. Причому вплив останніх істотно більший. Одним із головних чинників середовища, які впливають на вміст білка, є концентрація доступного рослинам азоту в ґрунті. Генетичний контроль вмісту білка в зерні є дуже складним, дослідження цієї кількісної ознаки було дуже непростим аж до впровадження методу QTL аналізу [20, 21]. Високопродуктивні сорти ячменю мають помітну тенденцію до конституційно низького вмісту білка [22]. У той же час, якщо лімітуючі врожайність і вміст білка чинники в різних місцевостях не відрізняються істотно, то вивчити мінливість ознак неможливо, так як варіація показників буде іншою лише в інших умовах [23].

Істотну негативну кореляцію між урожайністю і вмістом білка також відмічено і багатьма іншими дослідниками [24]. При вивченні гібридів між високобілковими сортами з мутантом *Nurpolu* встановлено істотну негативну кореляцію між цими показниками ($r = -0,369 - -0,748$) [25]. Аналогічні результати одержано Grant M.N. et al. ($r = -0.483 - -0.806$) [26].

При вивченні 15 генотипів ячменю ярого турецькими вченими було встановлено негативну кореляцію між урожайністю та вмістом білка, між урожайністю та масою 1000 зерен позитивну, між масою 1000 зерен та вмістом білка – позитивну ($r = 0,573$). Вміст білка визначається впливом генотипу на 12,5–15,3 % [27].

Маренюк О.Б. установив, що вміст білка та врожайність залежать від умов вирощування, при цьому переважна кількість вивчених сортів ячменю (13 із 16) сильно реагували на погодні умови мінливістю маси 1000 зерен, коефіцієнт регресії складав 1,41–1,86 [28]. Істотну пряму кореляцію між масою 1000 зерен і вмістом білка ($r = 0,40$) встановлено у сорту Kangoo [29].

Результати досліджень з питання взаємозв'язку врожайності, маси 1000 зерен, вмісту білка та залежності реалізації цих показників від різних чинників дуже різні. Так, варіабельність урожайності залежить як від умов вирощування, так і від генотипу та їх взаємодії. Маса 1000 зерен залежить як від умов року, так і від генотипу, вміст білка – від року вирощування. Кореляція між цими показниками як позитивна, так і негативна. Загальними для всіх досліджень є висновки, що варіабельність урожайності висока, а маси 1000 зерен – низька, кореляція між масою 1000 зерен і врожайністю істотна позитивна, а між вмістом білка та врожайністю – негативна.

Таким чином, дослідження цих питань є актуальними, особливо з урахуванням того, що рівень реалізації врожайності, маси 1000 зерен та вмісту білка в різних зонах і умовах вирощування є різними.

Метою наших досліджень є встановлення мінливості цінних господарських ознак у сортів ячменю ярого та кореляції між ними.

Матеріали і методи. Дослідження проведено в 2006–2016 рр. в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Вихідним матеріалом були вісім сортів ячменю ярого селекції IP ім. В.Я. Юр'єва НААН та Селекційно-генетичного інституту–Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. Досліди закладали у розсадниках сортовипробування, площа ділянки 10 м². Статистичну обробку проводили за Б.А. Доспеховым [30], за допомогою програм STATISTICA 10, Excel. Реалізацію потенціалу врожайності визначали за Э.Д. Неттевичем [31].

Обговорення результатів. Погодні умови за роки дослідження були дуже різними. Зокрема, сприятливими були 2006, 2008 і 2014 рр., несприятливими – 2009, 2012 і 2013 рр. [16], що було встановлено за рівнем урожайності (табл. 1). У результаті встановлено, що врожайність істотно вищою за середню по досліді була у сорту Парнас (4,90 т/га), нижчою – у сорту Вакула (3,78 т/га). У несприятливі роки (2009 і 2013) істотно вищою в порівнянні з іншими сортами була врожайність Інклюзива і Парнаса, тобто ці сорти є стійкими до несприятливих умов, зокрема посухи (див табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність та її варіація у сортів ячменю ярого в залежності від умов року, т/га, 2006–2016 рр.

Сорт	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє за сортами	Коефіцієнт варіації, %
Взірець	5,80	4,52*	6,77	3,24	4,37	5,22*	3,79	2,66	6,03	4,33	4,69	4,66	26,18
Вакула	4,53**	2,98**	6,42	2,69	2,98**	4,21**	3,56	2,09	4,39**	3,46*	4,38	3,78**	31,22
Етикет	5,69	4,45*	6,57	3,14	4,41	4,96	3,02	2,31	4,78**	3,71	4,56	4,30	28,60
Інклюзив	5,01	4,35*	6,37	3,76*	4,28	5,08	4,19*	3,09*	6,77*	4,63	4,41	4,72	24,22
Парнас	5,92	4,80*	7,41*	3,98*	4,35	4,86	3,58	3,03*	6,25	4,81	4,94	4,90*	22,45
Доказ	5,62	4,18	7,37*	2,86	4,08	4,51	3,91	2,35	6,56	4,23	4,81	4,55	30,55
Бадьорий	5,40	4,23	6,31	3,03	3,61	4,46	3,03	2,15	6,35	4,64	4,78	4,34	31,11
Джерело	5,63	4,39*	6,83	2,01**	3,63	4,32	3,01	2,06	6,70	4,49	5,03	4,34	35,94
Х за роками	5,45	3,73	6,76	3,09	3,96	4,70	3,51	2,47	5,99	4,29	4,70	4,42	
НІР ₀₅	0,53	0,59	0,51	0,61	0,56	0,48	0,52	0,50	0,74	0,75	0,38	0,46	

Примітка. * – істотно вище середньої, ** – істотно нижче середньої.

Таблиця 2

Маса 1000 зерен та її варіація у сортів ячменю ярого в залежності від умов року, г, 2006–2016 рр.

Сорт	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє за сортами	Коефіцієнт варіації, %
Взірець	49,0	43,0**	49,0	47,0	37,0**	49,6	49,5*	48,5	46,8**	42,5**	44,0	46,0**	8,26
Вакула	46,5**	44,0**	49,5	40,5**	38,5**	47,0**	51,0*	49,5*	49,5**	42,0**	43,0**	45,5**	9,23
Етикет	51,0*	54,0*	54,0*	49,0*	41,0	51,2*	48,0	47,5	55,5*	49,0*	48,0*	49,8*	8,07
Інклюзив	49,5	46,0	47,0**	50,5*	38,5**	50,0	46,5	47,5	53,7	46,0*	47,0*	47,5	8,00
Парнас	48,5	48,0	52,0*	41,0**	42,5*	51,5*	45,5**	48,0	55,0*	44,5	42,5**	47,2	9,43
Доказ	49,0	47,0	44,0**	48,0*	42,5*	50,0	45,5**	49,0*	55,7*	45,0	44,0	47,2	7,69
Бадьорий	47,0**	50,0*	48,0	44,0**	40,0	48,5**	47,5	44,0**	52,5	42,0**	45,5	46,3	7,86
Джерело	49,0	45,0**	50,0	47,5*	41,5*	50,0	48,0	48,0	54,0	46,5	47,5*	47,9	6,56
Х за роками	48,7	47,1	49,2	45,9	40,2	49,7	47,7	47,8	52,8	44,7	44,9	47,2	
НІР ₀₅	0,93	1,47	1,36	1,50	1,11	0,93	1,08	1,01	1,38	1,23	1,13	0,90	

Вміст білка в зерні та його варіація у сортів ячменю ярого в залежності від умов року, %, 2006-2016 рр.

Сорт	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє за сортами	Коефіцієнт варіації, %
Взірець	11,23*	16,70*	11,37	13,32	15,22	13,42	13,21**	15,69	11,61	13,20	12,97	13,45	13,23
Вакула	10,30	16,59	10,41**	13,21	13,15**	13,79*	12,76**	15,05	10,61**	12,04**	12,49	12,76**	15,28
Етикет	9,44**	16,96*	10,54	13,98*	16,22	12,90	14,74	14,63*	14,21	13,90*	12,69	13,66	16,25
Інклюзив	10,42	15,80	10,12**	13,10	16,34*	13,57	14,37	15,52	13,71*	12,71	12,78	13,49	14,90
Парнас	10,21	15,12**	11,56	13,68	14,67	13,38	14,20	14,49**	13,29*	11,86**	12,01	13,13	11,65
Доказ	9,99	15,23***	11,67	13,76	16,36*	12,60**	14,59	15,95*	13,51*	13,07	11,69**	13,49	14,68
Бадьорий	9,37**	15,11**	10,82	13,42	15,57	13,28	14,61	15,32	13,88*	12,40	12,10	13,26	14,78
Джерело	10,61	16,55	13,57*	12,75**	16,45*	13,19	14,55	15,80	14,93*	12,89	13,60*	14,08*	12,71
Середнє за роками	10,20	16,01	11,26	13,40	15,50	13,27	14,13	15,31	12,33	12,76	12,54	13,42	
НІР ₀₅	0,61	0,69	0,81	0,49	0,83	0,48	0,67	0,57	0,93	0,63	0,61	0,48	

Примітка. * – істотно вище середньої, ** – істотно нижче середньої.

Відносним показником мінливості ознаки є коефіцієнт варіації, він є інформативним при порівнянні сортів за кількісними ознаками, які підлягають впливу умов вирощування. Так, коефіцієнт варіації ознаки, визначений для групи сортів, вирощених в різних умовах, характеризує частку мінливості, обумовлену взаємодією генотип x середовище.

У наших дослідженнях варіація врожайності у сортів ячменю ярого, як складної кількісної ознаки, в залежності від умов року вирощування є значною, тобто коефіцієнт варіації ($V = 22,45\text{--}35,94\%$) перевищує 20 %. Найбільшою варіація була у сортів Джерело (35,94 %), Вакула (31,22 %), Бадьорий (31,11 %), а найменше цей показник варіював у сортів Парнас (22,45 %), Інклюзив (24,22 %), Взірець (26,18 %). Таким чином, урожайність сортів Парнас, Інклюзив і Взірець є найбільш стабільною серед вивчених (див. табл. 1).

Маса 1000 зерен у порівнянні з середнім значенням по досліді була істотно вищою у сорту Етикет (49,8 г), нижчою – Вакула (45,5 г) і Взірець (46,0 г) (табл. 2).

За роками істотно виділяється 2014 р., в умовах якого сорти мали найкрупніше зерно. Найдрібніше зерно формувалося в умовах 2010 р. Зокрема, у порівнянні із середнім показником істотно вищою маса 1000 зерен була в сприятливому 2014 р. у сортів Доказ (55,7 г), Етикет (55,5 г), Парнас (55,0 г). Істотно нижчою маса 1000 зерен була в несприятливому 2010 р. у сортів Взірець (37,0 г), Вакула (38,5 г), Інклюзив (38,5 г) (див. табл. 2).

За масою 1000 зерен варіація в роки дослідження була низькою, тобто коефіцієнт варіації був меншим за 10 % ($V = 6,56\text{--}9,43\%$). Це є доказом того, що маса 1000 зерен значно більше визначається генотипом, ніж від умовами середовища.

Вміст білка у порівнянні із середньою по досліді був істотно вищим у сорту Джерело (14,08 %), нижчим – у пивоварного багаторядного сорту Вакула (12,76 %). За роками найвищим вміст білка був у 2007 р., найнижчим – у 2006 і 2008 рр. Зокрема, у порівнянні із середнім показником істотно вищим вміст білка був у сприятливому 2007 р. у сортів Етикет (16,96 %), Взірець (16,70 %), нижчим – Бадьорий (15,11 %), Парнас (15,12 %), Доказ (15,32 %). У несприятливих роках найвищим вміст білка був у сортів Джерело (13,57 %), Взірець (11,23 %), найнижчим – Бадьорий (9,37 %), Етикет (9,44 %), Інклюзив (10,12 %), Вакула (10,41 %) (табл. 3).

Варіація вмісту білка у сортів ячменю ярого в залежності від умов року вирощування є середньою ($V = 11,65\text{--}16,25\%$). За вмістом білка найменшу варіацію встановлено у сортів Парнас (11,65 %), Джерело (12,71 %), Взірець (13,23 %) (див. табл. 3).

Для селекційних досліджень велике значення має визначення взаємозв'язку між декількома ознаками, що полегшує добір у потрібному напрямку, так як найчастіше одному значенню певної ознаки відповідає декілька значень іншої. Ступінь взаємозв'язку визначається коефіцієнтом кореляції. Особливе значення коефіцієнт кореляції має для встановлення зв'язку між ознакою, яка сильно варіює під дією абіотичних чинників та ознакою, фенотиповий прояв якої є більш стабільним у тих же умовах. У випадку тісної кореляції між такими ознаками добір ведуть за ознакою, яка менше модифікується.

У наших дослідженнях визначено коефіцієнти кореляції та детермінації між цінними господарськими ознаками у сортів ячменю ярого за їх проявом протягом 11 років. Установлено, що загальною закономірністю є негативна істотна кореляція між урожайністю і вмістом білка (за виключенням сортів Інклюзив $r = -0,520$ і Джерело, $r = -0,247$). Між масою 1000 зерен та вмістом білка кореляція теж негативна, але неістотна ($r = -0,099$ – $-0,477$). Відповідно, між масою 1000 зерен та врожайністю кореляція позитивна неістотна ($r = 0,102\text{--}0,530$). Тобто, маса 1000 зерен неістотно впливає на рівень урожайності та вміст білка, ці показники більше визначаються іншими чинниками (табл. 4).

Ураховуючи значення коефіцієнтів детермінації, які визначають частку мінливості результативної ознаки, пов'язаної з мінливістю іншої ознаки, нами встановлено, що за істотної кореляції значення коефіцієнта детермінації зростає. Так, при істотній кореляції мінливість рівня урожайності на 37–52 % визначає мінливість рівня вмісту білка, а при неістотній (у сортів Інклюзив і Джерело) – на 6–27 %. Мінливість урожайності та вмісту білка визначаються мінливістю маси 1000 зерен лише на 1–28 % (див. табл. 4).

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції (r) та детермінації (d_{yx}) між урожайністю, масою 1000 зерен та вмістом білка між сортами ячменю ярого, 2006–2016 рр.

Сорт	Урожайність x вміст білка		Маса 1000 зерен x урожайність		Маса 1000 зерен x вміст білка	
	r	d _{yx} , %	r	d _{yx} , %	r	d _{yx} , %
Взірець	-0,664	44	0,155	2	-0,477	2
Вакула	-0,720	52	0,369	14	0,211	4
Етикет	-0,605	37	0,451	20	-0,310	10
Інклюзив	-0,520	27	0,389	15	-0,425	18
Парнас	-0,635	40	0,102	1	-0,148	2
Доказ	-0,613	38	0,142	2	-0,099	1
Бадьорий	-0,638	41	0,530	28	-0,135	2
Джерело	-0,247	6	0,495	25	-0,378	14

Для господарської характеристики сортів ячменю велике значення має, наскільки повно генотип може використовувати умови середовища. Це є визначальним при зональному розміщенні сортів у результаті сортовипробування.

У наших дослідженнях при порівнянні максимальної і середньої врожайності та маси 1000 зерен сортів за роки дослідження (див. табл. 1, 2) було встановлено ступінь реалізації потенціалу цих ознак (табл. 5).

Таблиця 5

Реалізація потенціалу врожайності та маси 1000 зерен сортів ячменю ярого, %, 2006–2016 рр.

Сорт	Урожайність	Маса 1000
Взірець	69	93
Вакула	59	89
Етикет	65	90
Інклюзив	70	88
Парнас	66	86
Доказ	62	85
Бадьорий	68	88
Джерело	64	89

Реалізація потенціалу маси 1000 зерен є істотно вищою, ніж урожайності, що теж підтверджує більшу залежність маси 1000 зерен від генотипу, ніж від умов вирощування. За врожайністю найповніше реалізували свій потенціал сорти Інклюзив, Візірець і Бадьорий (70 % і 68 % відповідно), найменше – Вакула, Доказ і Джерело (59 %, 62 % і 64 % відповідно). Сорт Візірець, до того ж, найповніше реалізував свій потенціал і за масою 1000 зерен (93 %).

Висновки. Таким чином, у результаті багаторічних досліджень встановлено, що в залежності від умов вирощування у сортів ячменю ярого варіація за врожайністю є значною (V = 22,45–35,94 %), за вмістом білка середньою (V = 11,65–16,25). Найменшою варіабельністю за врожайністю відзначалися сорти Парнас, Інклюзив і Візірець.

За масою 1000 зерен варіація була низькою, тобто цей показник значно більше детермінується генотипом, ніж умовами середовища, про що також свідчить і висока реалізація потенціалу сортів за цією ознакою (85–93 %).

Загальною закономірністю є негативна істотна кореляція між урожайністю та вмістом білка (r = -0,613 – -0,720) з показником детермінації 6–52 % залежно від генотипу. Маса 1000 зерен неістотно позитивно корелює з урожайністю та неістотно негативно – із вмістом білка.

Реалізація врожайності в залежності від умов є різною – від 59 % (Вакула) до 68–70 % (Взірець, Бадьорій, Інклюзив). Сорт Взірець найповніше реалізував свій потенціал і за масою 1000 зерен.

Список використаних джерел

1. Генетические основы селекции растений. В 4-х томах. Т. 1. Общая генетика растений. Под ред. А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой. Минск: Белорусская наука, 2008. 551 с.
2. Сапега В.А. Урожайность и параметры экологической пластичности и устойчивости сортов ярового ячменя. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. С. 35–38.
3. Кочмарский В.С., Гудзенко В.Н., Кавунец В.П. Отечественный ячмень – новые сорта, способные противостоять стихии и засухам. Зерно, 2010. Режим доступа: www.zerno-ua.com.
4. Бородыня А.Н. Изменчивость признаков ярового ячменя и ее использование в селекции и семеноводстве в Степной зоне Республики Хакасия. Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство. Барнаул, 2012. 141 с.
5. Мергалимов Д.Б., Бекенова Л.В., Шаманин В.П. Оценка экологической пластичности сортов ярового ячменя в условиях Северо-Востока Казахстана. Современные проблемы науки и образования, 2015. № 1 (часть 2).
6. Новрузлу Г.А., Байрамова Д.А., Гашимова Х.Д., Гарибов З.А. Актуальные проблемы селекции ячменя в Азербайджане. Селекція і насінництво, 2015. Вип. 108. С. 60–68.
7. Косяненко Л.П. Влияние сортосмены серых хлебов на повышение урожайности в Красноярском крае. Режим доступа: www.sgi-bin/irbis64r.
8. Косяненко Л.П. Агроэкологическое обоснование повышения адаптивного потенциала пленчатых и голозерных серых хлебов в Приенисейской Сибири. Автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 03.00.16-экология. Красноярск, 2008. 32 с.
9. Ashraf A. Abd El-Mohsen. Correlation and regression analysis in barley. Scien. Res. And Review J. 2013. 1(3). P. 88–100.
10. Azeb Hailu, Sentayehu Alamarew, Mandefro Nigusie, Emias Assefa. Correlation and path coefficient analysis of yield associated traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm. Crop. Sci. Tech. 2016. 4(2). DOI: 10.4172/2329-8863.1000216.
11. Abdollah Hosinbabaiy, Saed Aharizad, Abdolhasem Mohammadi, Mehrdad Yania. Survey, correlation of yield and yield components in 40 lines barley (*Hordeum vulgare* L.) in Region Tabriz. Middle-East of Scientific Research. 2011. 10(2). 149–152.
12. Kaya Yuksel, Ayranci Ramazan. Breeding barley for quality in Turkey. Genetika. 2016. Vol. 48(1). P. 173–186. DOI: 10.2298/GENSR1601173K.
13. Грязнов А.А. Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво). Кустанай: Кустанайский печатный двор, 1996. 448 с.
14. Губанов М.В. Исходный материал для селекции ярового ячменя и перспективы его использования в Северном Зауралье. Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05-селекция и семеноводство. Тюмень, 2016. 194 с.
15. Компанець К.В., Козаченко М.Р., Васько Н.І., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Святченко С.І. Морфо-біологічні особливості та кореляції кількісних ознак сортів ячменю ярого. Мат. міжнарод. наук.-практ. конф. «Професор С.Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний вчений, агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні (до 150-річчя від дня народження)». Київ, 18 листопада 2016 р. К., 2016. С. 70–73.
16. Васько Н.І. Урожайність та маса 1000 зерен сортів ячменю ярого і кореляція між ними. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 111. С. 28–39.
17. Laidig F., Piepho H.-P., Rentel D., Drobek T., Meyer U. Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. Theor. Appl. Genet. 2017. 130(11). P. 2411–2429. DOI: 10.1007/s00122-017-2967-4.

18. Matthies I.E., Malosetti M., Roeder M.S., Van Eeuwijk F. Genome-wide association mapping for kernel and malting quality traits using historical European barley records. *PLoS One*. 2014. 9(11). e110046. DOI: 10.1371/journal.pone.0110046.
19. Shengguan Cai, Gang Yu, Xianhong Chen, Yechang Huang, Xiaogang Jiang, Guoping Zhang, Xiaoli Jin. Grain protein content variation and its association analysis in barley. *BMC Plant Biology*. 2013. 13:35. DOI: 10.1186/1471-2229-13-35.
20. Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. К.: Логос, 2016. 620 с.
21. Ulrich S.E. Genetics and breeding of barley feed quality. In: *Barley science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality*. Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savin R., Araus J.L., Romagosa I., editors. Haworth Press, Binghamton, NY, 2002. P. 115–142.
22. Neatby K.W., McCalla A.G. Correlation between yield and protein content of wheat and barley in relation to breeding. *Canadian Journal of Research*. 1938. 16c(1). P. 1–15.
23. Le Bail M., Meynard J.-M. Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basin (France). *Agronomie. EDR Sciences*. 2003. 23(1). P. 13–27.
24. Impacts of agriculture on human health and nutrition. In: Cakmak I., Welch R.M., editors. Vol. II. *Encyclopedia of life support systems*. 2009. EDLSS Publishers / UNESCO. P. 120–129.
25. Yoshida T. Barley genetics newsletter. 1976. Vol. 6. P. 87–89.
26. Grant M.N., McCalla A.G. Yield and protein content of wheat and barley. I. Interrelation of yield and protein content of random selections from single crosses. *Canadian Journal of Research*. 1949. Vol. 27c(5). P. 230–240.
27. Öztürk J., Avci R., Kahraman T., Tülek A., Kaya R., Tuna B. Investigation of yield and some agronomical traits of the barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Trakya region. www.iz-karnobat.com/wp-content/uploads/2016/10/11.
28. Маренюк О.Б. Селекційно-генетична оцінка вихідного матеріалу ячменю ярого в умовах підвищеної кислотності ґрунтів Правобережного Лісостепу. Дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05-селекція і насінництво. Вінниця, 2015. 190 с.
29. Sandrakova E., Masak M. Yield and grain quality of spring barley as affected by soil tillage method and fertilization. *Res. J. of Agricultural Science*. 2015. Vol. 47, Issue 1. P. 45–50.
30. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
31. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализации в условиях производства. Доклады Российской академии наук. 2001. № 3. С. 50–55.

References

1. Genetic basics of plant breeding. General genetics of plants. In: AV Kilchevskiy, LV Khotyleva, editors. Minsk: Belorusskaia nauka, 2008. 551 p.
2. Sapega VA. Yield capacity and parameters of environmental plasticity and stability of spring barley varieties. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. P. 35–38.
3. Kochmarskyi VS, Hudzenko VM, Kavunets VP. Domestic barley – new varieties that can resist the elements and droughts. Zerno, 2010. Available from: www.zerno-ua.com.
4. Borodynia AN. Variability of spring barley traits and its use in breeding and seed production in the steppe zone of the Republic of Khakassia. [dissertation]. Barnaul, 2012. 141 p.
5. Mergalimov DB, Bekenova LV, Shamanin VP. Evaluation of environmental plasticity of spring barley varieties in the North-East of Kazakhstan. *Sovremennyye problem nauki i obrazovaniia*. 2015: 1(2).
6. Novruzlu GA, Bayramova DA, Gashymova KhD, Garibov ZA. Current problems of barley breeding in Azerbaijan. *Sel. Nasinn*. 2015; 108: 60–68.
7. Kosianenko LP. Influence of Russian bread cereal cultivar changing on increase in the yield capacity in the Krasnoyarsk Territory. Available from: www.cgi-bin/irbis64r.

8. Kosianenko LP. Agro-environmental justification for enhancement in the adaptive potential of chaffy and hullless barley in the near-Yenisey Siberia. [dissertation]. Krasnoyarsk, 2008. 32 p.
9. Ashraf A Abd El-Mohsen. Correlation and regression analysis in barley. *Scien. Res. And Review J.* 2013; 1(3): 88–100.
10. Azeb Hailu, Sentayehu Alamarew, Mandefro Nigussie, Emias Assefa. Correlation and path coefficient analysis of yield associated traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm. *Crop. Sci. Tech.* 2016; 4(2). DOI: 10.4172/2329-8863.1000216.
11. Abdollah Hosinbabaiy, Saed Aharizad, Abdolhasem Mohammadi, Mehrdad Yania. Survey, correlation of yield and yield components in 40 lines barley (*Hordeum vulgare* L.) in Region Tabriz. *Middle-East of Scientific Research.* 2011; 10(2): 149–152.
12. Kaya Yuksel, Ayranci Ramazan. Breeding barley for quality in Turkey. *Genetika.* 2016; 48(1): 173–186. DOI: 10.2298/GENSR1601173K.
13. Griaznov AA. Karabalykskiy barley (forage, groats, beer). Kustanay: Kustanayskiy pechatnyi dvor, 1996. 448 p.
14. Gubanov MV. Starting material for spring barley breeding and prospects for its use in the Northern Trans-Urals. [dissertation]. Tiumen, 2016. 194 p.
15. Kompanets KV, Kozachenko MR, Vasko NI, Naumov OG, Solonechnyi PM, Sviatchenko SI. Morpho-biological features and correlations of quantitative traits in spring barley varieties. Abstracts of the International Scientific-Practical Conference “Professor SL Frankfurt (1866-1954) is an outstanding researcher, agrobiologist, one of the most effective organizers of the academic science in Ukraine (to the 150th anniversary of his birth)”: Kyiv, 18 Nov 2016. Kyiv, 2016. P. 70–73.
16. Vasko NI. Correlation between yield capacity and 1000-grain weight in spring barley varieties. *Sel. Nasinn.* 2017; 111: 28–39.
17. Laidig F, Piepho HP, Rentel D, Drobek T, Meyer U. Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.* 2017; 130(11): 2411–2429. DOI: 10.1007/s00122-017-2967-4.
18. Matthies IE, Malosetti M, Roeder MS, Van Eeuwijk F. Genome-wide association mapping for kernel and malting quality traits using historical European barley records. *PLoS One.* 2014; 9(11). e110046. DOI: 10.1371/journal.pone.0110046.
19. Shengguan Cai, Gang Yu, Xianhong Chen, Yechang Huang, Xiaogang Jiang, Guoping Zhang, Xiaoli Jin. Grain protein content variation and its association analysis in barley. *BMC Plant Biology.* 2013; 13: 35. DOI: 10.1186/1471-2229-13-35.
20. Rybalka OI, Morgun BV, Polishchuk SS. Barley as a product of functional nutrition. Kyiv: Logos, 2016. 620 p.
21. Ulrich SE. Genetics and breeding of barley feed quality. In: Barley science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. Slafer GA, Molina-Cano JL, Savin R, Araus JL, Romagosa I, editors. Haworth Press, Binghamton, NY, 2002. P. 115–142.
22. Neatby KW, McCalla AG. Correlation between yield and protein content of wheat and barley in relation to breeding. *Canadian Journal of Research.* 1938; 16c(1): 1–15.
23. Le Bail M, Meynard JM. Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basin (France). *Agronomie. EDR Sciences.* 2003; 23(1): 13–27.
24. Impacts of agriculture on human health and nutrition. In: Cakmak I, Welch RM, editors. Vol. II. Encyclopedia of life support systems. 2009. EDLSS Publishers / UNESCO. P. 120–129.
25. Yoshida T. Barley genetics newsletter. 1976. Vol. 6. P. 87–89.
26. Grant MN, McCalla AG. Yield and protein content of wheat and barley. I. Interrelation of yield and protein content of random selections from single crosses. *Canadian Journal of Research.* 1949; 27c(5): 230–240.
27. Öztürk J, Avci R, Kahraman T, Tüülek A, Kaya R, Tuna B. Investigation of yield and some agronomical traits of the barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Trakya region. Available from: www.iz-karnobat.com/wp-content/uploads/2016/10/11.

28. Marenjuk O.B. Breeding/genetic assessment of starting material of spring barley on increased acidity of soils of the Right-Bank Forest-Steppe. [dissertation]. Vinnytsia, 2015. 190 p.
29. Candrakova E, Macak M. Yield and grain quality of spring barley as affected by soil tillage method and fertilization. Res. J. of Agricultural Science. 2015; 47(1): 45–50.
30. Dospikhov B.A. Methods of field experimentation. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
31. Nettevich E.D. Potential yield of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the Central region of the Russian Federation and its fulfillment under industrial conditions. Doklady Rossiyskoy akademii nauk. 2001; 3: 50–55.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И КОРРЕЛЯЦИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

Васько Н.И., Козаченко М.Р., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Важенина О.Е., Солонечная О.В., Зимогляд А.В.
Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

Целью наших исследований было определение изменчивости ценных хозяйственных признаков у сортов ячменя ярового и корреляции между ними.

Материалы и методы. Исследования проведены в 2006–2016 гг. в Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН. Исходным материалом были восемь сортов ячменя ярового селекции ИР им. В. Я. Юрьева НААН и Селекционно-генетического института. Опыты были заложены в питомниках сортоиспытания, площадь делянки 10 м². Статистическую обработку проводили по Б. А. Доспехову [30], с помощью программ STATISTICA 10, Excel. Реализацию потенциала урожайности определяли по Э. Д. Неттевичу [31].

Обсуждение результатов. В результате многолетних исследований установлено, что в зависимости от условий выращивания вариация урожайности является значительной ($V = 22,45–35,94 \%$), содержания белка – средней ($V = 11,65–16,25$). Наименьшая вариабельность урожайности определена у сортов Парнас (22,45 %), Инклюзив (24,22 %), Взірець (26,18 %).

Вариация массы 1000 зерен была низкой ($V = 6,56–9,43 \%$), то есть влияние генотипа на этот признак более значительно, чем на два предыдущих. Об этом свидетельствует также и высокая реализация потенциала сортов по массе 1000 зерен (85–93 %).

Установлена общая закономерность корреляции между изученными признаками. Так, во всех вариантах определена отрицательная существенная корреляция между урожайностью и содержанием белка ($r = -0,613 – -0,720$), что согласуется с результатами исследований других ученых. При существенной корреляции изменчивость уровня урожайности на 37–52 % определяет изменчивость уровня содержания белка, а при несущественной – только на 6–27 %. Масса 1000 зерен коррелирует несущественно – положительно с урожайностью и отрицательно с содержанием белка.

При сравнении максимальной и средней урожайности сортов за 11 лет установлено, что реализация урожайности сорта в зависимости от условий выращивания изменяется от 59 % (Вакула) до 68–70 % (Взірець, Бадьорій, Інклюзив).

Выводы. Установлены общие закономерности изменчивости хозяйственных признаков у сортов ячменя ярового в зависимости от условий выращивания. Определены сорта с наименьшей вариабельностью урожайности (Парнас, Інклюзив, Взірець). Сорт Взірець наиболее полно реализует свой потенциал по урожайности и массе 1000 зерен. Сорта, выделенные как лучшие в результате исследования, можно использовать в селекционном процессе как исходный материал или как эталоны по данным признакам. Кроме того, результаты исследования следует учитывать при производственном размещении сортов.

Ключевые слова: ячмень яровой, урожайность, содержание белка, масса 1000 зерен, корреляция, вариация, детерминация, реализация потенциала

VARIABILITY AND CORRELATION OF ECONOMIC FEATURES IN VARIETIES IN SPRING BARLEY CULTIVARS

Vasko N.I., Kozachenko M.R., Naumov O.G., Solonechnyi P.M., Vazhenina O.Ye., Solonechna O.V., Zymogliad O.V.
Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine

The aim and tasks of the study. The objective of our study was to determine the variability of valuable economic features in spring barley cultivars and to evaluate correlations between them.

Material and methods. The study was carried out in the Plant Production Institute named after VYaYuriev of NAAS in 2006–2016. Eight barley spring cultivars bred in the Plant Production Institute nd. a VYa Yuriev NAAS and at the Plant Breeding and Genetics Institute were taken as starting material. The experiments were laid out in variety trial nurseries; the plot area was 10 m². Statistical processing was carried out as BA Dospikhov described [30], using the programs STATISTICA 10 and Excel. The fulfillment of the yield potential was determined by ED Nettevich [31].

Results and discussion. The multi-year study found that the yield ($V = 22.45\text{--}35.94\%$) variations were the greatest, protein content ($V = 11.65\text{--}16.25\%$) – was medium depending on growing conditions. The lowest variability in the yield was recorded for cultivars Parnas ($V = 22.45\%$), Inkliuziv ($V = 24.22\%$) and Vzirets ($V = 25.51\%$).

The variation in the 1000-grain weight was low ($V = 6.56\text{--}9.43\%$), that is, the genotype effect on this feature is stronger than on the two previous ones. This is also evidenced by high fulfillment of the cultivar potentials for the 1000-grain weight (85–93%).

A general pattern in the correlation between the studied features was established. Thus, for all the cultivars negative significant correlations were found between the yield capacity and the protein content ($r = -0.613\text{--}-0.720$), which is consistent with other researchers' results. 37–52 % of the protein content is determined by the yield level. The 1000-grain weight positively (though insignificantly) correlates with the yield and negatively with the protein content.

Comparison of the maximum and average yield of cultivars over the 11-year period showed that fulfillment of the yield potential varied from 59 % (Vakula) to 68–70 % (Vzirets, Badioryi, Inkliuziv), depending on growing conditions.

Conclusions. General patterns of variability in economic features in spring barley cultivars, depending on growing conditions, were established. Cultivars with the lowest variability in yield were detected (Parnas, Inkliuziv and Vzirets). Cultivar Vzirets to the fullest extent possible fulfills its potential for yield and 1000-grain weight. The cultivars selected as the best ones in this study can be used in breeding as starting material or as references for these traits. In addition, the study results should be taken into account in industrial disposition of cultivars.

Key words: spring barley, yield capacity, protein content, 1000-grain weight, correlation, variation, determination, fulfillment of the potential