

© Э. М. Гонтарь, В. Н. Годин

**ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСЕВА
НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ
У *ERYSIMUM CHEIRANTHOIDES* (BRASSICACEAE)**

E. M. GONTAR, V. N. GODIN. EFFECT OF SOWING DENSITY
ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF *ERYSIMUM CHEIRANTHOIDES* (BRASSICACEAE)

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
Факс (3832) 30-19-86
E-mail: gyn@csbg.nsc.ru
Поступила 22.01.2004
Окончательный вариант получен 17.05.2004

В условиях культуры изучено влияние плотности посева на морфологические показатели и распределение особей по классам жизнестойкости (виталяитета) у *Erysimum cheiranthoides* L. Испытывали 5 вариантов плотности посева: сильно загущенный, загущенный, средней плотности (2 варианта), разреженный. По характеру влияния плотности у *E. cheiranthoides* выделяется 2 группы признаков: стабильные — число семян в стручке, длина главного побега — и пластичные — длина флоральной части побега, соцветия, число и общая длина паракладиев, число стручков, число семян на особь, масса побегов, масса стручков с семенами, масса семян, масса корней, масса особи. Показано, что наиболее оптимальные условия для роста и развития особей наблюдаются в разреженных посевах. Распределение особей по массе показало, что в сильно загущенных и загущенных посевах большинство особей (80 %) составляют низший класс vitality; в посевах средней плотности соотношение особей низшего и высшего классов выравнивается; в разреженном посеве 90 % особей составляет высший класс vitality.

Ключевые слова: *Erysimum cheiranthoides*, плотность посева, классы vitality.

Erysimum cheiranthoides L. (желтушник левкойный) — перспективное лекарственное растение (Растительные..., 1996; Маслова и др., 1998), рудерально-сегетальный однолетний вид, который в природных сообществах не образует зарослей.

Влияние плотности посева на культурные растения велико. Однолетние виды по-разному могут реагировать на плотность: в густых посевах высота растений подсолнечника увеличивается, а высота растений пшеницы остается стабильной в широком диапазоне плотности (Harper, 1977). Для ряда однолетних видов обнаружено отрицательное влияние плотности посева на семенную продуктивность (число плодов, число семян) (Harper, 1961; Watkinson, Harper, 1978). Распределение веществ между органами растений под влиянием плотности может быть неодинаковым: у *Brassica alba* затраты на репродуктивные органы при увеличении плотности практически не изменяются, а у *Senecio vulgaris* — резко снижаются (Harper, Ogden, 1970). Число семян на 1 боб у *Vicia faba* остается постоянным в большом диапазоне плотности, а число бобов на 1 растение уменьшается по мере увеличения плотности посева (Харпер, 1964). У видов с недетерминированным ростом (*Vicia faba*) реакция на плотность выражается в изменении числа органов, у видов с детерминированным ростом (*Helianthus annuus*) — в изменении размеров органов (Харпер, 1964). Компоненты урожая обладают высокой пластичностью. *Fagopyrum esculentum* при низкой плотности посева (25 растений на 1 м²) давала урожай семян в расчете на 1 растение в 13 раз более высокий, чем при высокой плотности (400 экземпляров на 1 м²) (Дональд, 1964). При увеличении плотности популяций у *Erophila verna* нормальное распределение массы растений сменялось распределением с положительной асимметрией, при средней плотности наблюдался бимодальный характер распределения (Symonides, 1983).

Впервые в условиях лесостепной зоны Западной Сибири, в Центральном сибирском ботаническом саду (г. Новосибирск) проводился опыт по выращиванию *E. cheiranthoides*. Цель данной работы — изучение влияния плотности посева на морфометрические признаки особей этого вида.

Материал и методика

В экспериментальном хозяйстве Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск) создана культурная популяция *Erysimum cheiranthoides* из семян, собранных в разнотравно-полевой степи (окрестности пос. Усть-Канский р-н, Горный Алтай). Опытные посевы проводили семенами 5-й репродукции. Семена высевали весной рядовым способом, с междурядьями 70 см на ровных участках площадью 60 погонных метров для каждого варианта. Семена высевали на одинаковую глубину, точно по счету на 1 погонный метр соответственно варианту опыта: 1-й — 3000 шт. (0.66 г), 2-й — 1000 шт. (0.22 г), 3-й — 500 шт. (0.11 г), 4-й — 200 шт. (0.044 г), 5-й — 50 шт. (0.011 г). Сорняки в течение сезона уничтожались полностью.

В каждом варианте посева отбирали в фазе плодоношения (молочно-восковая спелость семян) по 50 особей. В анализ включены преимущественно признаки, характеризующие виталитет (мощность) особей (табл. 1).

Все морфометрические данные были обработаны методом вариационной статистики с помощью пакета прикладных статистических программ «Statistica 6». Для определения доли влияния плотности посева на комплекс морфологических признаков использовали однофакторный дисперсионный анализ (Урбах, 1964) по значениям главных компонент. Распределение особей по их массе проводили по методу, предложенному Ю. А. Злобиным (1980, 1989, 1996). В основе этого метода лежит разделение особей по ключевому признаку на 3 класса виталитета: высший, средний и низший. Ранжирование особей по массе проводили на основании среднего арифметического значения признака всех особей из 5 вариантов плотности, а затем делили их на 3 класса в зависимости от величины $M + t_{0.05} \cdot m_x$. Если она составляла большее значение, то это высший класс, равное $M + t_{0.05} \cdot m_x$ — средний класс, меньше этого значения — низший класс виталитета, где M — средняя арифметическая, m_x — ошибка средней арифметической, t — критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Значения морфологических признаков *E. cheiranthoides* в разных вариантах плотности посева представлены в табл. 1. По характеру влияния плотности посева выделяются 2 группы признаков. К признакам, значения которых не показывают закономерного изменения в посевах разной плотности, относятся число семян в стручке, репродуктивное усилие и длина главного побега (табл. 1). Остальные признаки относятся ко 2-й группе (плотность посева оказывает значительное влияние). Однако, если при уменьшении плотности посева наблюдается уменьшение длины префлоральной части побега, то значения остальных 9 признаков увеличиваются. При увеличении плотности посева до максимальной (сильно загущенный посев) число и общая длина паракладиев уменьшаются в 13 раз, число стручков и число семян — в 11—12 раз, масса особи — в 8 раз, по сравнению с разреженным посевом (табл. 1). Увеличение плотности вызывает ухудшение условий роста, что про-

ТАБЛИЦА 1
Характеристика морфологических признаков растений *Erysimum cheiranthoides* в посевах разной плотности

Признаки	Условные обозначения	Плотность посева				
		1	2	3	4	5
		M ± m				
Длина префлоральной части побега, см	А	29.9 ± 1.4	28.4 ± 1.3	20.4 ± 2.5	13.1 ± 2.1	1.9 ± 0.5
Длина флоральной части побега, см	Б	36.2 ± 1.4	37.5 ± 1.8	49.7 ± 2.8	54.6 ± 2.5	66.4 ± 2.8
Число паракладиев, шт.	В	5.1 ± 0.6	7.8 ± 1.2	13.2 ± 2.6	26.3 ± 3.9	68.5 ± 8.0
Общая длина паракладиев, см	Г	125.8 ± 16.3	196.4 ± 30.9	352.2 ± 71.3	595.3 ± 96.9	1601.8 ± 193.3
Число стручков, шт.	Д	143.6 ± 13.0	195.0 ± 27.2	305.3 ± 49.7	581.9 ± 82.8	1563.3 ± 164.5
Число семян в стручке, шт.	Е	29.4 ± 0.4	31.2 ± 0.5	32.5 ± 0.7	33.8 ± 0.6	35.5 ± 0.5
Общее число семян, шт.	И	4405.1 ± 416.6	6580.5 ± 933.8	9834.6 ± 1757.9	19705.4 ± 2793.3	54920.2 ± 5707.8
Масса побегов, г	К	1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.1	2.3 ± 0.3	4.0 ± 0.6	9.6 ± 1.0
Масса стручков, г	Л	1.1 ± 0.1	1.5 ± 0.2	2.3 ± 0.3	4.2 ± 0.6	11.6 ± 1.1
Масса корней, г	М	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.02	0.3 ± 0.05	0.7 ± 0.1	1.8 ± 0.2
Масса семян, г	Н	1.0 ± 0.1	1.4 ± 0.2	2.2 ± 0.4	4.3 ± 0.6	8.1 ± 1.4
Масса особи, г	О	2.8 ± 0.3	3.0 ± 0.3	5.0 ± 0.7	8.9 ± 1.2	23.0 ± 2.1
Репродуктивное усилие	П	0.45 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.47 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.51 ± 0.02
Длина главного побега, см	Р	66.1 ± 1.5	65.9 ± 1.5	70.1 ± 2.1	67.7 ± 2.3	68.3 ± 2.8

является в пределах одного растения в изменении распределения веществ между различными развивающимися органами (Харпер, 1964). При уменьшении плотности посева происходит уменьшение конкуренции растений за свет, что приводит к увеличению ветвления растений (Дональд, 1964). Все это, в свою очередь, способствует увеличению основных признаков растений (масса, число побегов и т. д.), характеризующих их мощност, и сокращению длины префлоральной части побега. Отсутствие закономерного изменения 3 признаков при варьировании плотности посева объясняется разными причинами. Число семян в стручке в изученном диапазоне плотности посева изменяется незначительно; именно оно определяет устойчивость репродуктивного органа у данного вида. У видов с недетерминированным ростом, к которым относится *E. cheiranthoides*, показатель репродуктивного усилия высокий и мало изменчив в различных условиях. Адаптивная реакция данного вида к разным условиям плотности проявляется в изменении длины префлоральной части, а не высоты главного побега.

К пластичным признакам Злобин (1989) относит признаки, которые в значительной степени изменяют свои средние значения под влиянием различных факторов. Из числа изученных признаков у *E. cheiranthoides* наиболее пластичными являются число и общая длина паракладиев. Высота растений (длина главного побега), число семян в стручке, репродуктивное усилие остаются стабильными. Признаки, которые характеризуют степень развития растений, пластичны и закономерно изменяются по мере увеличения дефицита внешних ресурсов, возникновения и обострения конкурентных отношений между растениями, в то время как репродуктивные показатели (число семян в стручке, общий вклад в репродуктивное усилие) сохраняются на одном уровне.

По всем выборкам основная часть изменчивости всех признаков (79 % общей дисперсии) включается в 2 главные компоненты (табл. 2). Максимальные нагрузки

ТАБЛИЦА 2
Факторный и дисперсионный анализ морфологических признаков
Erysimum cheiranthoides

Названия признаков	Факторы	
	F ₁	F ₂
Длина префлоральной части побега	-0.644	0.355
Длина флоральной части побега	0.671	0.486
Число боковых побегов	0.947	-0.165
Общая длина боковых побегов	0.946	-0.153
Число стручков	0.972	-0.115
Число семян в стручке	0.353	0.795
Общее число семян	0.972	-0.072
Масса побегов	0.964	0.010
стручков	0.969	-0.041
корней	0.897	0.007
семян	0.872	-0.011
особи	0.981	-0.007
Репродуктивное усилие	-0.065	0.018
Длина главного побега	0.154	0.943
Доля дисперсии	0.649	0.140
влияние плотности, %	47.0	—
P (достоверность влияния)	0.00001	0.24



ки на первую главную компоненту имеют длина флоральной части побега, число и общая длина паракладиев, число стручков, число семян на особь, масса побегов, масса стручков с семенами, масса семян, масса корней, масса особи. Первая главная компонента интерпретируется как общие размеры особи *E. cheiranthoides* (F^{65} % дисперсии). Максимальную нагрузку на вторую главную компоненту имеют число семян в стручке и длина главного побега. Репродуктивное усилие не связано с первыми двумя главными компонентами.

Доля влияния плотности посева на признаки, связанные с первой главной компонентой, высокая и составляет 47 % (табл. 2). Как было показано выше, не выявлено влияния плотности посева на признаки, связанные со второй главной компонентой (число семян в стручке и длина главного побега), а также на репродуктивное усилие.

При определении оптимальных условий для роста и развития растений *E. cheiranthoides* исходили из представлений Злобина (1989), который показал, что такой признак, как масса особи, может являться одним из ключевых при определении ее виталитета. Этот признак тесно коррелирует с другими признаками у *E. cheiranthoides* (табл. 2).

Распределение особей по их массе в посевах разной плотности представлено на рисунке. При изменении плотности посева наблюдается закономерное изменение распределения растений по их массе. В условиях высокой плотности посева 80 % особей относятся к низшему классу виталитета. При средних плотностях характер распределения изменяется, а соотношение групп особей высшего и низшего классов выравнивается. В условиях разреженного посева до 90 % особей составляет высший класс виталитета. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что для роста и развития растений *E. cheiranthoides* условия разреженного посева оказались оптимальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дональд С. Конкуренция за свет у растений // Механизмы биологической конкуренции. М., 1964. С. 355—394.
- Злобин Ю. А. Ценопопуляционная диагностика экотопа // Экология. 1980. № 2. С. 22—31.
- Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань, 1989. 144 с.
- Злобин Ю. А. Структура фитопопуляций // Успехи современной биологии. 1996. Т. 116. Вып. 2. С. 133—147.
- Маслова Н. Ф., Любецкая Т. А., Макаревич И. Ф. и др. Эрихрозид — новое строфантиноподобное кардиотоническое средство // Физиолого-биохимические аспекты изучения лекарственных рас-

тений. Матер, междунар. совещ., посвященного памяти В. Г. Минаевой. Новосибирск, 1998. С. 134—135.

Растительные ресурсы СССР. Л., 1986. Т. 2. 335 с.

Урбах В. Ю. Биометрические методы. М., 1964. 415 с.

Харпер Дж. Некоторые подходы к изучению конкуренции у растений // *Механизмы биологической конкуренции*. М., 1964. С. 11—54.

Harper J. L. Approaches to the study of plant competition // *Symp. Soc. Exper. Biol.* / Ed. by F. L. Milt-horpe. Cambridge, 1961. Vol. 15. P. 1—39.

Harper J. L. Population biology of plants. New York, 1977. 892 p.

Harper J. L., Ogden J. The reproductive strategy of higher plants. 1. The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* // *J. Ecol.* 1970. Vol. 58. N 4. P. 681—698.

Symonides E. Population size regulation as a result of intra-population interaction. 11. Effect of density on the growth rate, morphological diversity and fecundity of *Erophila verna* (L.) C. A. M. individuals // *Ecol. Pol.* 1983. Vol. 31. N 4. P. 883—912.

Watkinson A. R., Harper J. L. The demography of a some dune annual *Vulpia fasciculata*: 1. The natural regulation of populations // *J. Ecol.* 1978. Vol. 66. N 1. P. 15—33.

SUMMARY

The effect of sowing density on morphological characters and distribution of individuals over vitality classes has been studied in *Erysimum cheiranthoides* L. under cultivation. Five variants of sowing density were tested: 1 — close, 2 — dense, 3—4 — medium-dense, and 5 — thin. According to the effect of sowing density, two groups of characters were distinguished: stable (number of seeds in a pod, reproductive effort and length of the leading shoot) and flexible (length of inflorescence, number and general length of lateral shoots, number of pods, number of seeds per individual, masses of shoots, of pods with seeds, of seeds, of roots and of an individual). The optimum conditions for growth and development of individuals were observed in thin plantings. Distribution of individuals by mass showed that most individuals (80 %) in close and dense plantings belonged to the lowest vitality class; in medium-dense plantings the ratio of individuals of the lowest and the highest classed levelled off; and in thin planting 90 % of individuals were of the highest vitality class.