

## Белки-проламины ряда дикорастущих злаков триб овсовых и мятликовых

**В.И. Авдеев**, д.с.-х.н., профессор, **А.Ж. Саудабаева**, к.б.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; **Л.Э. Рыфф**, к.б.н., ФГБУН Никитский ботанический сад – ННЦ РАН

По проламинам – запасным белкам семян злаков – изучают в основном культивируемые растения. Более 30 лет назад во ВНИИР им. Н.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург) были начаты электрофоретические исследования проламинов дикорастущих злаков, всего изучено более 100 видов [1–3]. Позднее с помощью и по методикам ВНИИР эти исследования продолжены с 2013 г. в Оренбургском ГАУ [4, 5]. Результаты изучения видов из Крыма (юг Европы) и г. Оренбурга (Приуралье) представлены в таблицах 1 и 2, в которых курсивом обозначены электрофоретические компоненты слабой, обычным шрифтом – средней, жирным – сильной интенсивности [5]. Все названия таксонов злаков были даны по системе Н.Н. Цвелёва [6].

Из трибы овсовых впервые изучено 6 видов и подвидов овса, растущих в Крыму, а тонконог гребенчатый из г. Оренбурга исследовали ранее, в 2013 г. У вида тонконога за оба года сохранился состав полипептидных компонентов, но в 2013 г. в β-зоне все компоненты были слабой интенсивности, а компоненты α5β<sub>1</sub>γ<sub>1</sub> – средней интенсивности [7]. В прохладный 2014 г. выявлены два типа спектров, они различались только в зонах αβ, а компонент α5 у них был слабой интенсивности (табл. 1). Таким образом, если судить исключительно только по изменению интенсивности компонентов, то этому изменению подвержены в среднем 43% компонентов, если же судить по их

составу (а их за 2013–2014 гг. было 14 компонентов), то принципиальных отличий за эти годы не отмечено.

Заметим, что Н.Н. Цвелёв [6] не приводит для Крыма произрастание овса сомнительного, а овёс персидский он считает синонимом овса Людовика. Подвиды овса бесплодного (*Avena sterilis* L. s.l.), как и сам овёс персидский, не различаются по составу полипептидных компонентов (их в спектрах по 18 шт.), отличия наблюдаются лишь по их интенсивности (табл. 1).

Столь же близки между собой виды овёс сомнительный (диплоид, 2n=14) и бородатый; их отличает от вышеназванных таксонов только отсутствие компонента β2 или β2 (табл. 1). Одновременно были изучены в 2014 г. спектры сортов Каприол, Конкур, Рысак, Пируэт овса посевного – *Avena sativa* ssp. *sativa* [8], которые по αβ-зонам не отличаются от указанных видов, кроме одиночного у сортов компонента γ2 (или γ2) и четырёх компонентов 1, 3, 5 и 6 в зоне БП [8]. В итоге у этих сортов овса посевного выделены 14 компонентов спектра проламинов. У вышеперечисленных же таксонов дикорастущего овса в зоне БП имеются разной интенсивности шесть компонентов – от компонента БП3 до компонента БП12 (табл. 1).

В таблице 2 даны проламиновые спектры видов из трибы мятликовых. Из них спектры овсяницы бороздчатой изучали в 2013 г. Если сопоставить их со спектрами 2014 г., то видно, что состав компонентов у них не изменился (за оба года их было 29 шт.), однако иной стала интенсивность. В 2013 г. слабыми отмечены лишь компоненты

### 1. Формулы проламинов дикорастущих видов трибы овсовых – *Aveneae* Dum.

| Название и позиция полипептидов в электрофоретическом проламиновом спектре   |  |  |   |
|--|--|--|---|
| БП   | α-полипептиды                                  | β-полипептиды  | γ-полипептиды                                 |
| Подтриба овсовых – <i>Aveninae</i> C. Presl  |  |  |   |
| Овёс волосистостолбчатый – <i>Avena sterilis</i> ssp. <i>trichophylla</i> (C. Koch) Malz., близ г. Ялты, 2013 г.   |  |  |   |
| 12118743   | <b>1246</b> <sub>1</sub> <b>7</b> <sub>1</sub> | <b>23</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>5</b> <sub>2</sub>                       | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 3               |
| Овёс Людовика – <i>Avena sterilis</i> ssp. <i>ludoviciana</i> (Durieu) Gill. et Magne, близ г. Ялты, 2013 г.   |  |  |   |
| 12118743   | 1246 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>               | <b>23</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>5</b> <sub>2</sub>                       | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 3               |
| 12118743   | <b>1246</b> <sub>1</sub> <b>7</b> <sub>1</sub> | <b>23</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>5</b> <sub>2</sub>                       | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 3               |
| Овёс персидский – <i>Avena persica</i> Steud., г. Ялта, Никитский ботанический сад, 2013 г.  |  |  |   |
| <b>12118743</b>  | <b>1246</b> <sub>1</sub> <b>7</b> <sub>1</sub> | <b>23</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>5</b> <sub>2</sub>                       | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 3               |
| Овёс бородатый – <i>Avena barbata</i> ssp. <i>barbata</i> , близ г. Ялты, 2013 г.  |  |  |   |
| <b>12118743</b>  | <b>1246</b> <sub>1</sub> <b>7</b> <sub>1</sub> | 3 <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub>                                      | 2 <sub>2</sub> <b>2</b> <sub>3</sub> <b>3</b> |
| Овёс сомнительный – <i>Avena clauda</i> Durieu, близ г. Ялты, 2013 г.  |  |  |   |
| 12118743   | <b>1246</b> <sub>1</sub> <b>7</b> <sub>1</sub> | 3 <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub>                                      | 2 <sub>2</sub> <b>2</b> <sub>3</sub> <b>3</b> |
| Подтриба тонконоговых – <i>Koeleriinae</i> Aschers. et Graebn.   |  |  |   |
| Тонконог (келерия) гребенчатый – <i>Koeleria cristata</i> ssp. <i>cristata</i> , г. Оренбург (первый спектр) и запад Оренбуржья (второй спектр), 2014 г. |  |  |   |
|  | 2456 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>               | 23 <sub>2</sub> 4 <sub>2</sub> 4 <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub>                             | 2 <sub>3</sub> 3 <sub>4</sub> 2 <sub>5</sub>  |
|  | 2456 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>               | <b>23</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>4</b> <sub>2</sub> <b>5</b> <sub>2</sub> | 2 <sub>3</sub> 3 <sub>4</sub> 2 <sub>5</sub>  |

2. Формулы проламинов дикорастущих видов трибы мятликовых – *Poeae* R. Br.

| Названия и позиции полипептидов в электрофоретическом проламиновом спектре  |                                      |   |   |  |
|---|--------------------------------------|---|---|--|
| БП  | α-полипептиды                        | β-полипептиды                                 | γ-полипептиды                                   | ω-полипептиды  |
| Подтриба овсяницевых – <i>Festucinae</i> C. Presl   |                                      |   |   |  |
| Овсяница бороздчатая – <i>Festuca valesiaca</i> ssp. <i>sulcata</i> (Hack.) Schunz et R. Keller, г. Оренбург, 2014 г. |                                      |   |   |  |
| 108762  | 123456,6 <sub>2</sub> 7 <sub>1</sub> | 23 <sub>2</sub> 4 <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub> | 2 <sub>3</sub> 34 <sub>2</sub> 5                | 24 <sub>2</sub> 6 <sub>2</sub> 6 <sub>3</sub> 8 <sub>7</sub> 9 <sub>1</sub> 9 <sub>3</sub> 10 <sub>2</sub> |
| Плевел жёсткий – <i>Lolium rigidum</i> Gaud., близ г. Ялты, 2013 г.   |                                      |   |   |  |
| 1110987643  | 123456,6 <sub>2</sub> 7 <sub>1</sub> | 23 <sub>2</sub> 4 <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub> | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 34 <sub>2</sub> 5 | 24 <sub>2</sub> 6 <sub>2</sub> 6 <sub>3</sub> 8 <sub>1</sub> 9 <sub>1</sub> 9 <sub>3</sub> 10 <sub>2</sub> |
| Вульпия мышехвостиковая – <i>Vulpia mauros</i> (L.) C.C. Gmel., близ г. Ялты, 2013 г.                                 |                                      |   |   |  |
| 121110987654321   | 123456,6 <sub>2</sub> 7 <sub>1</sub> | 23 <sub>2</sub> 4 <sub>2</sub> 5 <sub>2</sub> | 2 <sub>2</sub> 2 <sub>3</sub> 34 <sub>2</sub> 5 | 24 <sub>2</sub> 6 <sub>2</sub> 6 <sub>3</sub> 8 <sub>7</sub> 9 <sub>1</sub> 9 <sub>3</sub> 10 <sub>2</sub> |
| Подтриба мятликовых – <i>Poinae</i> Stapf   |                                      |   |   |  |
| Мятлик бесплодный – <i>Poa sterilis</i> ssp. <i>sterilis</i> , близ г. Ялты, 2013 г.                                  |                                      |   |   |  |
| 19181713  | 456 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>      |   |   |  |
| Мятлик луговой – <i>Poa pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i> , г. Оренбург, 2014 г.                                    |                                      |   |   |  |
| 74  | 2456 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>     | 23 <sub>2</sub>                               |   |  |
| Подтриба ежевых – <i>Dactylidinae</i> Stapf   |                                      |   |   |  |
| Ежа сборная – <i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>glomerata</i> , г. Ялта, Никитский ботанический сад, 2013 г.          |                                      |   |   |  |
| 19181713875421  | 456 <sub>1</sub> 7 <sub>1</sub>      |   |   |  |
| Гребневик шиповатый – <i>Cynosurus echinatus</i> L., близ г. Ялты, 2013 г.  |                                      |   |   |  |
| 875421  | 134                                  |   |   |  |

β<sub>5</sub>2<sub>3</sub>2<sub>2</sub> и α<sub>7</sub>16<sub>2</sub>5 [7]. Отсюда, приняв во внимание лишь их разную интенсивность, различия по годам составили 52%. При этом в 2014 г. было 45% слабых компонентов (включая пять компонентов БП), а в 2013 г. – только 14% (здесь все компоненты БП – только сильные). По годам было соответственно 28 и 34% сильных компонентов ([7], табл. 2). В 2013 г. также изучали спектры и мятлика лугового. Выявились заметные отличия в α- и БП-зонах у особей, имеющих сжатые, рано созревающие метёлки [7]. В 2014 г. этих отличий не обнаружено, но возникли заметные изменения в αβ-зонах. Так, если в 2013 г. в α-зоне всегда были сильные компоненты 1, 2, 6<sub>1</sub> и слабый б<sub>3</sub>, разной интенсивности компонент 1, в β-зоне – слабый компонент 3<sub>2</sub>, среди БП – сильные компоненты 7 и 4 (или разной интенсивности только 4), то в 2014 г. исчезли компоненты α1б<sub>3</sub>, но появился компонент β2. В итоге в очень бедных спектрах мятлика лугового в 2014 г. выявлено 9 компонентов, в 2013 г. – 8 или же 9 компонентов в зависимости от типа и срока созревания метёлки особей ([7] и табл. 2), но различия по годам составили почти 60%.

Остановимся на видах мятликовых, произрастающих в Крыму (табл. 2). У мятлика бесплодного спектр также очень бедный (8 компонентов), однако 50% его занимает БП-зона. Как видим, у этого вида и у мятлика лугового различия в спектрах значительные в БП-зоне. У изученных видов плевела и вульпии, как и у родственной им овсяницы бороздчатой, спектры богатые (соответственно по 33 и 37 компонентов), довольно сходные, но заметно различаются в БП-зоне. Так, если в 2013 г. у овсяницы бороздчатой эта зона занимала 17%, то у видов плевела, вульпии – соответственно 24 и 32%. Но ещё больше БП-зона выражена у изученных видов подтрибы ежевых. У гребневика шиповатого (у него всего – 9 ком-

понентов) эта зона занимает 67%, у ежи сборной (14 компонентов) – 71%, что в 2,5 раза больше, чем у той же овсяницы бороздчатой (табл. 2).

В работах предшественников [1, 2] есть ряд данных по изученным нами или близким видам. Правда, там не указывается место сбора семян для работ по электрофорезу белков. Так, в спектре тонконога Люэрсена (*Koeleria luerssenii* (Domin) Domin s.l.), собранного, видимо, на Кавказе, БП-зона занимает 40–45% спектра, но она отсутствует у изученных нами видов тонконогов гребенчатого и жёстколистного из Оренбуржья ([7]; табл. 1). В спектре ежи сборной на 70–75% преобладает БП-зона [1], что полностью совпадает с нашими данными. У вида овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill.) совсем нет γ- и ω-зон [1], тогда как у овсяницы бороздчатой, как было сказано, имеются все зоны (от БП- до ω-зоны). В работах предшественников приведён спектр гребневика туркменского, однако этот вид не значится в списках Н.Н. Цвелёва [6]. У этого вида в спектре есть только компоненты α- и БП-зон [1], что чрезвычайно близко к изученному нами гребневику шиповатому (табл. 2).

Резюмируем сказанное. При тщательном изучении спектров проламинов разных видов злаков, когда учитываются по годам все компоненты (от сильной до слабой интенсивности), выясняется значительная близость видов в пределах родов. Так, довольно-таки близки между собой виды овса (табл. 1), даже виды из родов триб пшеницевых и костровых (костры растопыренный и полевой, неравноцветник кровельный); более того, обе эти трибы, исключая лишь ω-зону, имеют много общего с изученными видами подтрибы мятликовых [5; табл. 2]. Если сопоставить между собой популяции эгилопса цилиндрического [5], растущие в Крыму (юг Европы) и в Таджикистане (юг

Средней Азии); в Оренбуржье (Приуралье) и в Крыму – неравноцветника кровельного и костра растопыренного [5, 9], тогда выявляется их крайняя близость по белковым маркёрам. Тот факт, что виды тонконога (гребенчатый, жёстколистный), растущие в глубине евразийского континента (Приуралье), имеют спектры, лишённые эволюционно молодой БП-зоны, а овсяница бороздчатая содержит наряду с БП-зоной и богатую древнюю  $\omega$ -зону (табл. 2), говорит о близости Приуралья к древнему центру происхождения этих названных трёх видов злаков. Изученные же виды мятлика, имеющие как в Приуралье, так и в Крыму в бедных спектрах только БП $\alpha$ - или БП $\alpha\beta$ -компоненты (табл. 2), относятся к молодым таксонам степи [4]. С другой стороны, по годам в зависимости от метеофакторов отчётливо наблюдается изменение типов спектров проламинов в пределах одного вида. Оно настолько весомое, что перекрывает географические различия одноимённых популяций [5]. Этот факт ранее игнорировался, однако имеет важное значение при маркировании с помощью запасных белков семян погодичных экологических факторов [10].

## Литература

1. Конарев А.О., Семихов В.Ф., Примак С.П. и др. О составе спирторастворимой фракции семян злаков // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 7. С. 13–16.
2. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции / под ред. академика РАСХН В.Г. Конарева // Теоретические основы селекции. М.: Колос, 1993. Т. 1. 448 с.
3. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян / под ред. академика РАСХН В.Г. Конарева. СПб.: ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 2000. 186 с.
4. Авдеев В.И. Основы современного анализа степного флорогенеза. М.: Омега-Л; Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. 184 с.
5. Авдеев В.И., Саудабаева А.Ж., Рыфф Л.Э. и др. Белки-проламины ряда древних дикорастущих злаков // Вестник ОГПУ. Электронный научный журнал. 2015. № 2. С. 6–10. URL: <http://www.vestospu.ru>.
6. Цвелёв Н.Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. 788 с.
7. Авдеев В.И., Саудабаева А.Ж. Белковые маркёры ряда дикорастущих злаков Оренбуржья и проблемы биосистематики // Вестник ОГПУ. Электронный научный журнал. 2014. № 1. С.7–11. URL: <http://www.vestospu.ru>.
8. Авдеев В.И., Саудабаева А.Ж. Белковые маркёры перспективных сортов злаковых культур // Экологические особенности биологического разнообразия: материалы Шестой международной конференции. Душанбе: АН Республики Таджикистан, 2015. С. 72–73.
9. Авдеев В.И., Саудабаева А.Ж. Новые данные по белковым маркёрам ряда дикорастущих видов злаков Крыма и Приуралья // Вестник ОГПУ. Электронный научный журнал. 2014. № 3. С. 9–14. URL: <http://www.vestospu.ru>.
10. Авдеев В.И. Нестабильность белковых маркёров у злаков // Вестник ОГПУ. Электронный научный журнал. 2015. № 1. С. 72–77. URL: <http://www.vestospu.ru>.