

УДК 633.88+58.087

© 2013

Поспелов С. В., кандидат сельскохозяйственных наук
Полтавская государственная аграрная академия

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ЭХИНАЦЕЯ (*Echinacea Moench*) ПРЕГЕНЕРАТИВНОГО ПЕРИОДА ОНТОГЕНЕЗА

Рецензент – кандидат сельскохозяйственных наук Н. Н. Маренич

За багаторічними дослідженнями ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench,) сорту Зірка Миколи Вавилова та ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) сорту Красуня Прерій вперше розроблені й запатентовані методи визначення продуктивності рослин прегенеративного періоду онтогенезу. Методики засновані на регресійних моделях із високими коефіцієнтами детермінації, на підставі яких можна без пошкодження рослин провести оцінку продуктивності надземної частини та кореневої системи протягом вегетаційного періоду. Вихідними даними для розрахунків слугують показники довжини і ширини листової пластинки, їх кількість, а також сума температур вище 5 °C і кількість днів від сівби.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, *Echinacea purpurea* (L.) Moench, Зірка Миколи Вавилова, эхинацея бледная, *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt., Красуня прерій, продуктивність надземної частини, продуктивність кореневої системи, кореляція.

Постановка проблеми. Представители рода Эхинацея (*Echinacea Moench*) достаточно давно используются для разработки и получения лекарственных средств и БАДов, а в последнее время находят все большее применение в кормопроизводстве, пчеловодстве, озеленении и гармонизации окружающей среды [10–12]. При проведении ботанических исследований и в агрономической практике нередко стоит задача изучения продуктивности надземной массы и корневой системы. Существуют классические методы постановки мелкоделяночных и полевых опытов [1, 15], которые предусматривают учёт продуктивности путем уборки надземной массы и выкапывания корневой системы растений с единицы площади. Однако в ботанических коллекциях, селекционных программах, интродукционных исследованиях, где количество опытных растений ограничено, нередко требуется системное наблюдение за одними и теми же растениями в онтогенезе. В этих случаях предложены методы оценки продукционных процессов с

помощью математических зависимостей на основе коррелятивных связей между признаками [17]. Для эхинацеи такие методы практически не разработаны, и в задачу наших исследований входило изучить продуктивность эхинацеи, применив для этого регрессионный и корреляционный анализы.

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме. Ранее нами было установлено, что продуктивность эхинацеи зависит от агрометеорологических факторов [8]. Так, масса надземной части (МНЧ) достоверно коррелирует с количеством осадков от начала календарного года ($r = 0,459$) и от даты сева ($r = 0,589$). Масса корневой системы (МКС) еще более тесно связана с накоплением почвенной влаги ($r = 0,499$ и $r = 0,640$ соответственно). Коэффициент корреляции МНЧ с температурами выше 0 °C составил $r = 0,664$, выше 5 °C – $r = 0,675$ и выше 10 °C – $r = 0,684$, что свидетельствует о значимости данного фактора для развития эхинацеи. Взаимосвязи МКС с температурами ($r = 0,691$ – $0,698$) также довольно высокие. В то же время не выявлено достоверных связей продуктивности с гидротермическим коэффициентом [8].

Наблюдаются также высокие корреляции во время вегетационного периода между массой черешков и длиной ($r = 0,850$), черешков и шириной ($r = 0,738$) листовой пластинки, количеством листьев ($r = 0,734$). Выявлены более существенные взаимосвязи между массой черешков и массой корневой системы ($r = 0,824$), надземной части ($r = 0,952$) и площадью листьев ($r = 0,952$), что свидетельствует об их роли в продукционном процессе [8].

При изучении эхинацеи в Литве установлена зависимость диаметра корневой системы от диаметра надземной части ($r = 0,945$), глубины проникновения корней от высоты надземной части ($r = 0,916$). Развитие надземной части прямо связано с развитием корневой системы ($r = 0,993$) [2].

Цель исследований: на основе многолетних данных по изучению роста и развития эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) и эхинацеи бледной (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) первого года вегетации разработать расчётные методы оценки их продуктивности.

Методика исследований. Изучение продуктивности проводили в условиях СК «Радяньский» Кобелякского района Полтавской области на промышленных плантациях эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) сорта Зирка Мыколы Вавилова и эхинацеи бледной (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) сорта Красуня Прэрий в 2000–2004 годы. Почвы представлены черноземами выщелоченными среднего механического состава с содержанием гумуса 2,45–2,84 %, рН водным – 6,4. Предшественником была пшеница озимая. Семена высевали свекловичной сеялкой ССТ-12Б с нормой высева 8–10 кг/га. Ширина междурядий 45 сантиметров. Во время вегетации проводили междурядную обработку почвы, подкормки и ручные прополки. На протяжении онтогенеза периодически отбирали по 25 растений, которые взвешивали на аналитических весах, оценивая массу надземной массы и корневой системы. Одновременно измеряли длину листовых пластинок, их ширину и количество листьев. Полученные данные усредняли по каждому из отборов. Рассчитывали также сумму температур выше 5 °С и количество дней от сева. Используя полученные за годы исследований данные, выявляли зависимости продуктивности растений с морфометрическими данными и условиями среды методами регрессионного и корреляционного анализа с помощью пакета статистического анализа программы EXCEL и Statistica 6.0. Оценку существенности различий проводили по t-критерию Стьюдента [3].

Результаты исследований. По данным регрессионного анализа, площадь листьев эхинацеи можно с высокой точностью рассчитать, зная длину и ширину листовой пластинки [13], что свидетельствует о связи линейных размеров с продукционными процессами у эхинацеи.

Используя многолетние данные собственных наблюдений, мы провели корреляционный и регрессионный анализ взаимосвязи продуктивности надземной массы и корневой системы у эхинацеи пурпурной и эхинацеи бледной с морфометрическими показателями растений в разные периоды онтогенеза и агрометеорологическими показателями на протяжении вегетационного периода.

Установлено, что продуктивность надземной массы эхинацеи пурпурной можно с высокой точностью (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9899$) оценить без повреждения растений, используя показатели длины листовой пластинки, её ширину, количество листьев на растении, сумму температур выше 50 °С и количество дней от сева (рис. 1).

Оценку проводят по зависимости:

$$\text{ПНМ} = (0,0029 \times \frac{\text{ДЛ} \times \text{ШЛ} \times \text{КЛ} \times \sum \text{T}_5}{\text{ДС}}) + 0,6845$$

где: ПНМ – продуктивность надземной массы, г;
ДЛ – средняя длина листовой пластинки растения, см;

ШЛ – средняя ширина листовой пластинки растений, см;

КЛ – количество листьев на растении, шт.;

$\sum \text{T}_5$ – сумма температур выше 50 °С на момент определения, град;

ДС – количество дней от сева на момент определения.

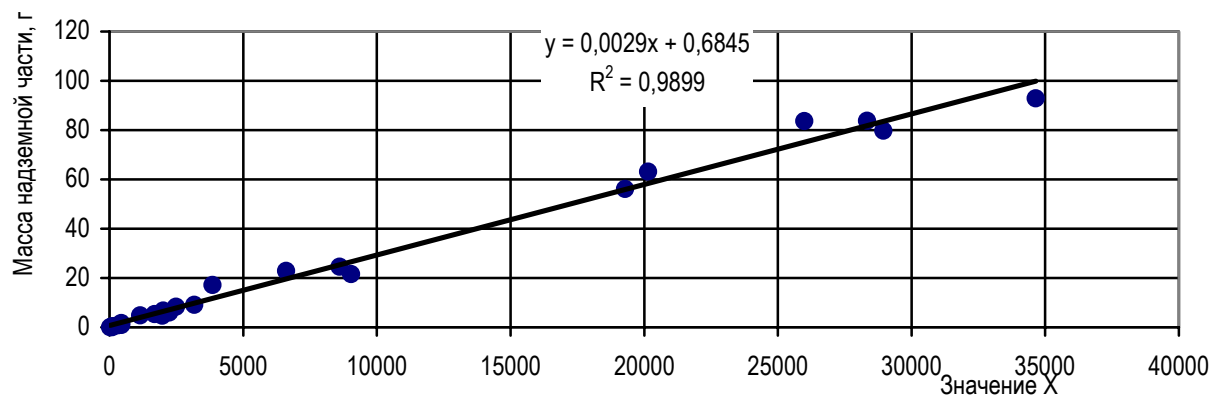


Рис. 1. Зависимость продуктивности надземной массы эхинацеи пурпурной от расчетных факторов

Достоверность полученных расчётов иллюстрируется данными таблицы 1. Используя фактические данные, были проведены расчеты разработанным методом и сравнение с результатами весового метода определения. Следует отметить, что достоверность статистической оценки между показателями составляет 0,021 и не превышает теоретического значения 4,03, что свидетельствует о достоверности расчетов. Во время опытов было установлено, что с помощью установленной нами закономерности можно проводить оценку продуктивности, начиная с ранних фаз развития эхинацеи пурпурной и до её перехода в генеративный период. Представленная разработка защищена патентом Украины №32863 [7].

Аналогичные расчеты были проведены нами с целью разработки продуктивности корневой системы эхинацеи пурпурной. Было установлено, что данный показатель можно с высокой точностью (коэффициент детерминации $R^2 = 0,976$) оценить без повреждения растений, определив количество листьев на растении и количество

дней от сева (рис. 2).

Оценку проводят по зависимости:

$$\text{ПКС} = 0,0058 (\text{КЛ} \times \text{ДС}) - 2,1244,$$

где: ПКС – продуктивность корневой системы, г;

КЛ – количество листьев на растении, шт.;

ДС – количество дней от сева на момент определения.

В таблице 2 приведены фактические данные оценки массы корневой системы, сделанные весовым методом и с помощью предлагаемого расчетного метода. Они свидетельствуют: в результате статистической оценки полученных данных, различия между показателями составляет 0,012, что не превышает теоретического значения 3,707 и подтверждает достоверность опыта. Преимуществом метода является возможность оценки продуктивности на протяжении всего прегенеративного периода онтогенеза. Описанный способ защищён патентом Украины № 32860 [4].

1. Оценка продуктивности надземной массы эхинацеи пурпурной

Сроки наблюдений	Длина листовой пластинки, см	Ширина листовой пластинки, см	Количество листьев на растении, шт.	Сумма температур выше 5 ⁰ С, град	Количество дней от сева	Продуктивность надземной массы, г (расчетным способом)	Продуктивность надземной массы, г (весовым способом)
Июнь 2002	4,74	2,84	3,88	536,2	63	1,97	1,67
Июль 2002	10,24	5,66	5,00	1030,7	94	9,90	9,11
Август 2002	11,21	5,52	11,07	1432,3	114	25,6	24,6
Сентябрь 2002	13,02	5,26	21,12	2066,5	155	56,6	56,04
Июнь 2003	2,47	1,53	2,5	356,7	48	1,03	0,41
Июль 2003	8,36	4,86	3,84	1007,2	78	6,53	6,75
Август 2003	14,65	7,29	19,6	1701,3	123	84,6	79,8
Сентябрь 2003	15,28	6,48	19,92	2108,9	160	76,1	83,62
$t_{\text{факт.}}$							0,021
$t_{0,01}$							3,49

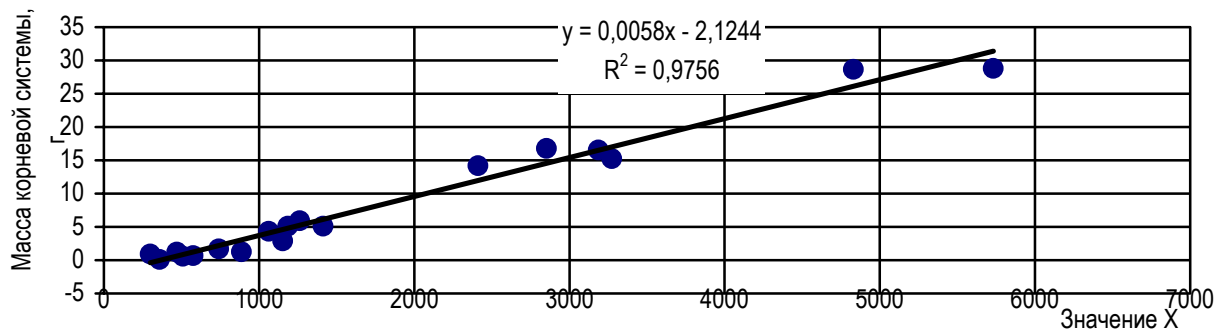


Рис. 2. Зависимость продуктивности корневой системы эхинацеи пурпурной от расчетных факторов

2. Оценка продуктивности корневой системы эхинацеи пурпурной

Сроки наблюдений	Количество листьев на растении, шт.	Количество дней от сева	Продуктивность корневой системы, г (расчетным методом)	Продуктивность корневой системы, г (весовым методом)
Июль 2001	10,4	102	4,32	4,04
Сентябрь 2001	38,2	150	28,81	31,12
Июль 2002	11,07	114	5,89	5,20
Сентябрь 2002	21,12	155	15,23	16,86
Июль 2003	5,6	91	0,58	00,83
Август 2003	9,72	122	5,11	4,75
Сентябрь 2003	18,76	152	16,8	14,41
$t_{\text{факт.}}$				0,012
$t_{0,01}$				3,707

Следует отметить, что по многим биологическим, фармацевтическим показателям и хозяйственно ценным признакам эхинацея бледная имеет преимущества в сравнении с эхинацеей пурпурной [9]. Благодаря засухоустойчивости ее можно с успехом выращивать там, где эхинацея пурпурная не может продуктивно развиваться. Вертикально удлинённое корневище удобно для выкапывания, мытья и последующей переработки. Наличие в них фенольных соединений (гликозид эхинакозид, производные гидроксикоричных кислот) и полисахаридного комплекса ставит её в один ряд с таким видом как эхинацея узколистая (*Echinacea angustifolia* DC.), рынок сырья которой в мире пополняется исключительно за счет заготовки сырья в природной флоре Канады [16]. Поэтому изучение и внедрение в производство эхинацеи бледной перспективно для лекарственного растениеводства Украины.

Нами было установлено, что продуктивность надземной массы эхинацеи бледной первого года вегетации с высокой точностью (коэффициент детерминации $R^2 = 0,989$) можно оценить без

повреждения растений, определив среднюю ширину листьев на растении и их количество (рис. 3). Дальнейшее определение проводят по зависимости:

$$\text{ПНМ} = 0,7628 (\text{ШЛ} \times \text{КЛ}) - 3,3304,$$

где: ПНМ – продуктивность надземной массы, г;

ШЛ – средняя ширина листьев на растении, см;

КЛ – количество листьев на растении, шт.

Приведенные в таблице 3 результаты свидетельствуют, что масса надземной части, определённая с помощью зависимости, находится в границах ошибки опыта с продуктивностью, оцененной весовым методом. Об этом свидетельствуют данные расчета t-критерия Стьюдента. Фактические результаты расчета составляют 0,091, что не превышает теоретическое значение 4,03. Это дает нам основание сделать вывод, что разработанный нами метод можно использовать для оценки продуктивности надземной массы эхинацеи бледной прегенеративного периода онтогенеза. Описанный метод защищен патентом Украины № 32862 [6].

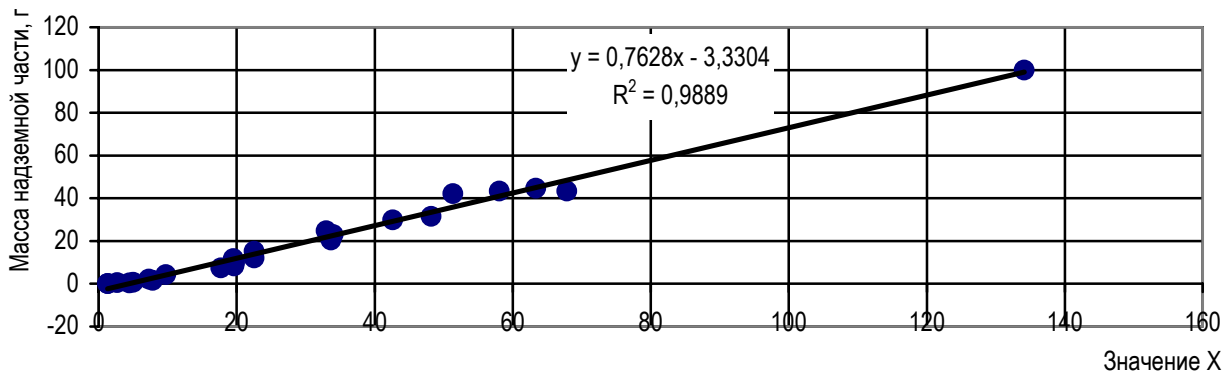


Рис. 3. Зависимость продуктивности надземной массы эхинацеи бледной от расчетных факторов

3. Оцінка продуктивності надземної маси эхинацеи бледной

Сроки наблюдений	Ширина листьев, см	Количество листьев, шт.	Продуктивность надземной массы, г (расчётным методом)	Продуктивность надземной массы, г (весовым методом)
Июль 2002	2,79	7	11,56	11,7
Август 2002	3,17	10,7	22,54	22,9
Сентябрь 2002	3,15	20,1	44,95	44,6
Июль 2003	1,61	4,5	2,20	2,2
Август 2003	3,34	6,7	13,75	15,1
Сентябрь 2003	3,73	8,8	21,71	24,8
$t_{факт.}$				
$t_{0,01}$			0,091	
$t_{факт.}$				
$t_{0,01}$			4,03	

Особенности образования и развития корневой системы эхинацеи бледной изучены нами довольно подробно [9, 14]. Нам известен только один метод, с помощью которого можно определить продуктивность корневой системы: модельные растения выкапывают, отмывают корневую систему и взвешивают на лабораторных весах. Однако, весовой метод также не дает полного представления о размерах корневой системы, поскольку трудно методически правильно отобрать пробы. В связи с этим для эхинацеи бледной мы предлагаем оценивать продуктивность корневой системы по массе одного сантиметра

корня, которая рассчитывается как отношение массы корневища к его длине. Данный показатель правильнее отображает характер развития корневой системы и не зависит от глубины выкапывания корневища, поскольку у эхинацеи бледной оно проникает в почву на глубину более одного метра.

Регрессионный анализ позволил установить, что продуктивность корневой системы эхинацеи бледной первого года вегетации, выраженный через массу одного сантиметра корня, тесно связан с количеством листьев на растении (коэффициент детерминации $R^2=0,934$) (рис. 4).

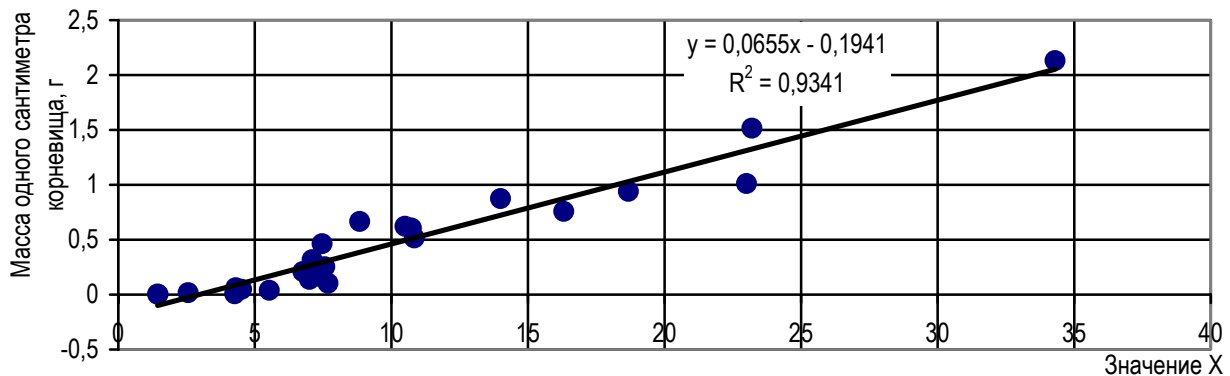


Рис. 4. Зависимость продуктивной системы эхинацеи бледной от расчетных факторов

4. Оцінка продуктивності корневої системи эхинацеи бледной

Сроки наблюдений	Количество листьев на растении, шт.	Продуктивность корневой системы, г (расчетным способом)	Продуктивность корневой системы, г (весовым методом)
Август 2000	7,56	6,03	5,35
Сентябрь 2000	10,84	10,32	10,87
Август 2001	10,73	10,17	9,03
Июль 2002	6,76	4,97	4,29
Сентябрь 2002	16,31	17,49	16,38
Август 2003	10,5	9,87	11,02
Сентябрь 2003	14,00	14,45	14,69
$t_{0,01}$		4,03	
$t_{факт}$		0,1009	

Дальнейшую оценку проводят по зависимости:
 $ПКС = (0,0655 \times КЛ - 0,1941) \times В$,
 где: ПКС – продуктивность корневой системы, г;

КЛ – количество листьев на растении, шт.;

В – расчётная глубина корневой системы, см.

Результаты определения массы корневой системы расчетным методом и весовым методом приведены в таблице 4. Они позволяют сделать вывод об отсутствии существенных различий, о чем свидетельствуют расчеты t-критерия Стьюдента ($t_{факт}=0,1009$), что гораздо ниже по сравнению с $t_{0,01} - 4,03$. Таким образом, расчетный метод определения с помощью формулы позволяет с достаточной точностью оценить массу корневой системы эхинацеи бледной, учитывая глубину проникновения корневищ с корнями. Новизна его защищена патентом Украины № 32861 [5].

Следует заметить, что приведенные выше зависимости для оценки продуктивности эхинацеи бледной и эхинацеи пурпурной можно использовать для прогнозирования урожая эхинацеи.

Для этого нужно провести расчет следующим образом:

$$УНМ = \frac{ПНМ \times А \times 22222}{1000}$$

$$\text{или } УКС = \frac{ПКС \times А \times 22222}{1000},$$

где: УНМ – урожайность надземной массы, кг/га;
 УКС – урожайность корневой системы, кг/га;

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Доспехов Б. А. Методика опытного дела / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1988. – 240 с.
2. Лапинскене Н. А. Характеристика подземной части эхинацеи пурпурной в условиях интродукции в Литве / Н. А. Лапинскене, О. А. Рагажинскене, С. Римкене // Изучение и использование эхинацеи. Материалы Международной научн. конф. (Полтава, 21–24 сентября 1998 г.). – Полтава: Верстка, 1998. – С. 24–26.
3. Литтл Т. М. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т. М. Литтл, Ф. Дж. Хиллз. – М. : Колос, 1981. – 320 с.
4. Пат. на винахід №32860, Україна, МПК А01G7/00. Спосіб оцінки продуктивності кореневої системи ехінацеї пурпурової прегенеративного періоду онтогенезу / Поспелов С. В. – Заявник і патентовласник Полтавська державна аграрна академія. – №u200710826; заявл. 01.10.2007; опубл. 10.06.2008. – Бюл. №11.
5. Пат. на винахід №32861, Україна, МПК А01G7/00. Спосіб оцінки продуктивності коре-

А – количество растений на 1 погонный метр, шт.;

22222 – коэффициент пересчёта на 1 гектар;

1000 – коэффициент пересчёта в килограммы.
 Чтобы провизорно оценить урожайность эхинацеи, достаточно определить среднее количество растений на одном погонном метре и подставить полученные данные в формулы. Подобные расчеты одинаково удобно проводить как на опытных делянках, так и в условиях промышленных плантаций.

Выводы:

1. На основании многолетних исследований была выявлена взаимосвязь продуктивности надземной массы и корневой системы эхинацеи с морфометрическими показателями растений, что позволило разработать и запатентовать новые методы оценки продуктивности растений.

2. Исходными данными для расчета продуктивности эхинацеи пурпурной служат показатели длины и ширины листовой пластинки, их количество, а также сумма температур выше 5 °С и количество дней от сева.

3. Для расчета продуктивности эхинацеи бледной необходимо на модельных растениях проводить подсчет количества листьев и определять ширину листовой пластинки.

4. Преимуществом предлагаемых новых методов является отсутствие повреждения растений и возможность оценивать как продуктивность ограниченного числа растений, так и урожайность в условиях промышленных плантаций.

невої системи ехінацеї блідої прегенеративного періоду онтогенезу / Поспелов С. В. – Заявник і патентовласник Полтавська державна аграрна академія. – №u200710831; заявл. 01.10.2007; опубл. 10.06.2008. – Бюл. №11.

6. Пат. на винахід №32862, Україна, МПК (2006) А01G7/00. Спосіб оцінки продуктивності надземної маси ехінацеї блідої прегенеративного періоду онтогенезу / Поспелов С. В. – Заявник і патентовласник Полтавська державна аграрна академія. – №u200710834; заявл. 01.10.2007; опубл. 10.06.2008. – Бюл. №11.

7. Пат. на винахід №32863, Україна, МПК (2006) А01G7/00. Спосіб оцінки продуктивності надземної маси ехінацеї пурпурової прегенеративного періоду онтогенезу / Поспелов С. В. – Заявник і патентовласник Полтавська державна аграрна академія. – №u200710876; заявл. 01.10.2007; опубл. 10.06.2008. – Бюл. №11.

8. Поспелов С. В. Еколого-біологічні особливості ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.)

- Moench) першого року вегетації в умовах Лісо-степу України / С. В. Поспелов // Садівництво. – К., 2005. – Вип. 57. – С. 155–162.
9. *Поспелов С. В.* Итоги изучения эхинацеи бледной (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) в Полтавской государственной аграрной академии / С. В. Поспелов, В. Н. Самородов // Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень: матеріали Міжнародної наук. конф., присв. 90-річчю Дослідн. ст. лікар. рослин УААН, Березоточа, 12–14 лип. 2006 р. – К., 2006. – С. 329–334.
10. *Поспелов С. В.* Використання ехінацеї в тваринництві: напрямки досліджень і здобутки науковців України / С. В. Поспелов, В. М. Самородов // Підсумки н.-д. роботи за 2008 р.: матеріали наук.-практ. конф. проф.-виклад. складу Полтав. держ. аграр. акад., 22–23 квітня 2009 р. – Полтава, 2009. – С. 44–48.
11. *Поспелов С. В.* Медоносні властивості ехінацеї та їх використання для створення функціональних фітоценозів / С. В. Поспелов, В. М. Самородов // Підсумки н.-д. роботи за 2008 р.: матеріали наук.-практ. конф. проф.-виклад. складу Полтав. держ. аграр. акад., 22–23 квітня 2009 р. – Полтава, 2009. – С. 37–39.
12. *Поспелов С. В.* Поліфункціональне використання представників роду *Echinacea* Moench / С. В. Поспелов, В. М. Самородов // Учебная и воспитательная роль ботанических садов и дендропарков: Материалы Международной науч. конф., 21–24 сентября 2009 г. – Симферополь : Таврич. нац. ун-т, 2009. – С. 78–80.
13. *Поспелов С. В.* Математический метод расчета площади листьев эхинацеи пурпурной / С. В. Поспелов, В. Н. Самородов, С. А. Кравченко // Вивчення онтогенезу рослин природних і культурних флор у ботанічних закладах і дендропарках Євразії: матеріали XII Міжнародної наук. конф. – Полтава, 2000. – С. 250–252.
14. *Самородов В. Н.* Эхинацея в Украине: полувековой опыт интродукции и возделывания / В. Н. Самородов, С. В. Поспелов. – Полтава: Вёрстка. – 1999. – 52 с.
15. *Станков Н. З.* Корневая система полевых культур / Н. З. Станков. – М. : Колос, 1989. – 280 с.
16. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench) и его фармакологические свойства (обзор) / В. Н. Самородов, С. В. Поспелов, Г. Ф. Моисеева [и др.] // Хим.-фармац. журнал. – 1996. – Т. 30, №4. – С. 32–37.
17. *Франс Дж.* Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Торнли. – М. : Агропромиздат, 1987. – 400 с.